

# O efeito do Padrão de Combustíveis Renováveis Norte-Americano sobre o uso da terra no Brasil: uma análise à luz de um modelo computável de equilíbrio geral

André Chang França<sup>+</sup>  
Angelo Costa Gurgel<sup>++</sup>

## Resumo

Esse trabalho analisa o efeito da implementação do Padrão de Combustíveis Renováveis Norte-Americano (*Renewable Fuel Standard* - RFS), política de estímulo à produção de biocombustíveis naquele país, sobre o uso da terra no Brasil e sobre os preços de alimentos. O RFS requer que uma quantidade crescente de combustíveis renováveis seja misturada no combustível para transporte vendido nos Estados Unidos. Quatro cenários distintos foram simulados, através de modelagem em equilíbrio geral computável. Os resultados indicam que o mandato acarreta em uma expansão das áreas de culturas no Brasil em detrimento de áreas de pastagens e de florestas. O efeito sobre os preços de alimentos é significativo e relativamente distribuído entre os países.

Palavras-chave: equilíbrio geral, biocombustíveis, etanol, biodiesel, uso da terra, preços de alimentos

## Abstract

This study analyses the impact of the Renewable Fuel Standard on land-use change in Brazil and food prices. The Renewable Fuel Standard requires that increasing amounts of renewable fuel are blended into transportation fuel in the USA. Four scenarios are simulated through computable general equilibrium. The results indicate that the mandate causes a reallocation of forestry and livestock areas into crops in Brazil. The effect on food prices is significant and widespread between countries.

Keywords: general equilibrium, biofuels, ethanol, biodiesel, land use, food prices

Área ANPEC: Área 11: Economia agrícola e do meio-ambiente

Classificação JEL: Q15, Q16, Q24, C68

## 1. Introdução

Há atualmente uma preocupação crescente com os impactos indesejáveis das atividades econômicas sobre o meio ambiente. Mudanças climáticas decorrentes da ação antrópica são tidas hoje como certas e a comunidade científica mundial anuncia a intensificação dessas mudanças nos próximos anos. A título de exemplo, em estudo divulgado recentemente, a publicação americana *Science* descreveu em abril de 2012 a delicada situação que vive o planeta Terra ao apontar que a temperatura global média encontra-se em um dos patamares mais elevados dos últimos onze mil anos. Sobretudo nos últimos duzentos anos testemunhou-se um aumento de veras

---

<sup>+</sup> Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas (EESP/FGV), chang.franca@gmail.com

<sup>++</sup> Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getulio Vargas (EESP/FGV), angelo.gurgel@fgv.br

pronunciado, principalmente em razão da expansão da emissão de gases de efeito estufa a patamares nunca antes imaginados.

As expectativas dos especialistas para as próximas décadas não são menos alarmantes. A crescente preocupação para com a preservação do meio ambiente trouxe à tona a utilização de biocombustíveis como alternativa aos combustíveis cuja origem é fóssil (estes últimos responsáveis por uma parcela considerável das emissões de gases de efeito estufa). Os biocombustíveis consistem em uma fonte de energia renovável capaz de substituir outras fontes energéticas cujo uso implica em consequências mais nefastas ao planeta. Destarte, os biocombustíveis ganharam bastante notoriedade nos últimos anos, em especial no Brasil, um pioneiro na produção dos mesmos desde o advento do Programa Nacional do Álcool na década de setenta, após as dificuldades sérias enfrentadas pela nação decorrentes da crise do petróleo de 1973.

O Padrão de Combustíveis Renováveis Norte-Americano (*Renewable Fuel Standard*), escopo desse trabalho, consiste num programa do governo norte-americano o qual requer que a cada ano a quantidade de combustíveis renováveis que é misturada no combustível fóssil cuja finalidade é o transporte vendido nos Estados Unidos aumente (alcançando o patamar de 36 bilhões de galões em meados do ano de 2022). O dito programa foi concebido em 2005 e expandido em 2007 pelo Ato pela Independência e Segurança Energética (*Energy Independence and Security Act*) do mesmo ano com o intuito de reduzir as emissões de gases estufa, simultaneamente diminuindo as importações de petróleo e fomentando a indústria de biocombustíveis nos EUA.

A disseminação do uso dos biocombustíveis traz consigo alguns questionamentos inescapáveis. Quais são as consequências de incrementos na produção de etanol sobre o uso da terra? É possível dizer que a produção de etanol ocorre em detrimento do cultivo de alimentos, com a possível consequência de aumento dos seus preços? O que dizer a respeito de possíveis pressões sobre a fronteira agrícola, as quais pode ocasionar uma aceleração do desmatamento?

Com a crescente demanda por alternativas aos combustíveis fósseis, simultânea ao pioneirismo brasileiro na produção do etanol em larga escala, eclode a noção de que o país deveria beneficiar-se dessa conjuntura, tornando-se um especializado fornecedor de biocombustíveis a nível global. Afirma-se que o governo não deve medir esforços para apoiar e beneficiar tal setor.

A discussão acerca dos biocombustíveis torna-se ainda mais acalorada quando vem à tona a questão da segurança alimentar. É unânime que a evolução recente dos preços dos alimentos gera preocupação: na última década foi observada uma ascensão dramática nos preços dos alimentos ao redor do globo. Um estudo patrocinado pelo Banco Mundial publicado em maio de 2014 explora o vínculo entre a alta nos preços dos alimentos e a convulsões sociais e instabilidade política em várias nações, tais como Camarões, África do Sul, Tunísia, Argentina, Paquistão e Somália.

Esse estudo tem por intenção analisar tal cenário tendo em vista o bem-estar dos agentes econômicos envolvidos, com uma ênfase para as consequências sobre o uso da terra no Brasil. Dessa forma, a elaboração de políticas frutíferas tornar-se-á mais factível, e o risco de que equívocos sejam cometidos nesse sentido, reduzido.

## 2. Revisão de Literatura

No âmbito dos trabalhos cuja proposta assemelha-se à desse trabalho e optam por lançar mão de modelos de equilíbrio parcial, vale ressaltar Elobeid e Tokgoz (2008). Os autores modelam os vínculos entre o mercado internacional de etanol, o mercado de açúcar, e as culturas americanas. O modelo de culturas dos EUA traz consigo equações para as exportações norte-americanas de culturas que denotam como as mesmas comportam-se mediante mudanças nos preços das safras. O trabalho de Elobeid e Tokgoz (2008) visa averiguar o impacto da liberalização do comércio internacional de etanol e a extinção do benefício fiscal aos produtores nos Estados Unidos sobre os mercados americano e brasileiro. Os resultados indicam que a remoção de tais distorções comerciais implica em um aumento no preço do etanol mundial; contudo, o efeito sobre o preço das demais commodities é diminuto. O preço do etanol nos EUA diminui, acarretando em uma produção menor

e em um aumento do consumo. As importações de etanol dos Estados Unidos aumentam, e o Brasil responde ao preço mundial de etanol mais elevado aumentando sua produção e suas exportações.

Fabiosa et al. (2009) utilizam o modelo FAPRI para tentar quantificar o impacto da difusão da utilização de biocombustíveis sobre o uso da terra no globo através de choques da demanda. Tais choques repercutem sobre os preços e, por conseguinte, sobre a utilização da terra entre diferentes culturas. Um empecilho que torna o modelo menos crível é a exogeneidade do crescimento da produtividade – a mesma não reage aos preços. Searchinger et al. (2008) efetuam um empreendimento similar, porém com o foco voltado para a questão das emissões: o estudo conclui que as emissões oriundas da conversão da terra podem trazer consigo emissões de tal forma que a utilização do etanol pode acarretar em um nível de emissões superior àquele praticado com a utilização de combustíveis fósseis.

O trabalho de Chen et al. (2010) transpõe a barreira com a qual o estudo de Fabiosa et al. (2009) deparou-se à medida que é bem sucedido em tornar endógenos simultaneamente a produtividade e os preços. Chen et al. (2010) também voltam-se para os efeitos do cumprimento do Padrão de Combustíveis Renováveis Norte-Americano sobre o uso da terra, sobre os preços das commodities agrícolas, dos combustíveis e sobre o bem-estar social dos EUA; para tal, utilizam um modelo não-linear, multimercado e intertemporal denominado BEPAM. Os autores lidam com dois cenários distintos: no primeiro, há o cumprimento do mandato apenas, no segundo, o cumprimento do mandato aliado a benefícios fiscais (subsídios) aos produtores. Em ambos os cenários, os resultados apontam para aumentos no preço do milho e diminuição do preço da gasolina; os benefícios fiscais mitigam tais efeitos às custas da imposição de um ônus sobre o bem-estar social.

Rosegrant (2008) constata que nos últimos anos ocorreu uma alta expressiva nos preços dos alimentos, com consequências severas para nações menos desenvolvidas e em especial para os seus habitantes de menor renda. O autor informa que os preços dos alimentos aumentaram cerca de 40% em 2007 apenas, fenômeno que deflagrou revoltas em diversas nações, tais como Camarões, Costa do Marfim, Haiti e Indonésia. As políticas em prol dos biocombustíveis constituem em uma das causas de tal fenômeno à medida que acarretam na conversão de áreas de culturas antes destinadas a alimentos em culturas de produção de etanol e biodiesel.

O aumento da demanda por milho e cana-de-açúcar visando a produção de biocombustíveis repercute sobre o mercado de bens agrícolas de forma a alterar os preços relativos e realocar o uso da terra. Para explorar tal impacto mais minuciosamente, três análises distintas são efetuadas: (i) a evolução dos preços de alimentos com e sem o aumento da demanda por biocombustíveis; (ii) o impacto de um congelamento da produção de biocombustíveis nos níveis de 2007; (iii) o impacto da interrupção na produção de biocombustíveis após 2007. Para tal, Rosegrant lança mão do modelo IMPACT. O modelo IMPACT é um modelo de equilíbrio parcial que contém as relações entre a oferta de bens agrícolas, a demanda por eles e o comércio dos mesmos entre 115 países.

O estudo obtém alguns resultados chamativos: ao incremento na demanda por biocombustíveis pode ser atribuído 30% do aumento nos preços dos alimentos que se testemunhou entre 2000 e 2007 (o exercício foi elaborado utilizando a média histórica de aumento da demanda por biocombustíveis da década anterior). Conforme esperado, o maior impacto foi sobre o milho (39%), mas os resultados também foram expressivos para o arroz (39%) e para o trigo (22%). O congelamento da produção de biocombustíveis no patamar de 2007 traria consigo uma redução de 6% no preço do milho até 2010 e de 14% até 2015. Reduções mais modestas também são observadas para os demais bens agrícolas. A interrupção na produção de biocombustíveis, por sua vez, acarretaria na diminuição do preço do milho em 20%.

Dessa forma, objetivando a segurança alimentar, nos países em desenvolvimento em especial, o autor sugere a remoção dos mandatos e das políticas de fomento aos biocombustíveis.

Na sequência, são apresentados alguns esforços da literatura no sentido de incorporar o arcabouço de modelos computáveis de equilíbrio geral (também denominados CGE - *Computable General Equilibrium*) com comércio internacional aos estudos sobre meio-ambiente. Embora exista uma vasta literatura sobre economia do meio ambiente e sobre o uso de biocombustíveis, a maioria delas avalia o problema lançando mão de análises contábeis ou utilizando os conceitos fornecidos

pela microeconomia do equilíbrio parcial. Indo de encontro às limitações de ambas as abordagens, o esforço de conciliar questões ambientais, de comércio internacional e *policy* nos modelos de equilíbrio geral computável encontrou uma expansão relevante nos últimos anos e os resultados desse esforço são diversos e ricos em consequências.

Por exemplo, Taheripour et al. (2007) e Birur, Heltel e Tyner (2008) introduziram de modo pioneiro setores de produção de biocombustíveis em simulações desse tipo, com a finalidade de avaliar o impacto de sua interação e da consideração de zonas agroecológicas diferenciadas em variáveis de interesse, como produção e preço de produtos agrícolas, utilização de fatores, trocas e mudanças no uso da terra. Utilizaram para tanto uma variante do modelo GTAP (*Global Trade Analysis Project*) que permite incorporar efeitos de substituição e de complementaridade entre capital e combustíveis, utilizando funções “CES aninhadas” (elasticidade de substituição constante entre setores). Para os fins deste trabalho, o passo mais interessante do artigo é o de calibragem, motivada historicamente por algumas alterações nos quadros institucional e de mercado de combustíveis nos EUA. Além disso, é notável que os autores tentem validar as previsões alcançadas pelo modelo, confrontando-as com a evidência histórica do período imediatamente anterior à produção do artigo. Como é comum na literatura CGE, as simulações lançam mão de choques sobre equações representando elementos relevantes para alcançar conclusões sobre os efeitos em variáveis endógenas. Um aumento substancial no preço do petróleo bruto, conjuntamente com uma política de incentivos, pode resultar segundo o artigo em impactos de relevância mundial no que diz respeito aos variados setores agrícolas que compõem as economias nacionais.

Recentemente, Gurgel (2011) procurou estimar os impactos da política americana de estímulo aos biocombustíveis sobre a produção agropecuária e o uso da terra para o caso brasileiro, motivado pelos temas delineados nos parágrafos acima. Constatando que nos últimos anos a expansão na produção de biocombustíveis foi notória e pronunciada, o autor atribui o aumento a decisões políticas diversas, tais como a obrigatoriedade de um percentual a ser misturado a combustíveis fósseis (vide o próprio *Renewable Fuel Standard*) e subsídios e isenções de impostos à produção. Evidentemente, a alta nos preços dos combustíveis fósseis também desempenhou um papel importante. O autor também toma como motivação para seu estudo a expectativa de que diversos fatores levam a crer que a tendência de aumento da produção de biocombustíveis deve manter-se ou até mesmo intensificar-se.

O modelo de equilíbrio geral formulado no artigo representa dezesseis países e dezoito setores (além do setor produtor de etanol), com a finalidade de avaliar os impactos do crescimento na produção de biocombustíveis sobre a economia do país. O modelo, como é usual, engloba identidades contábeis de produção (de bens intermediários e finais) e consumo de bens e serviços (nacionais e importados), e parte de choques simulados para avaliar os efeitos causais e a dinâmica de replicação de efeitos sobre as variáveis relevantes. O autor lançou mão de informações a nível micro e macroeconômico para representar de maneira realista o setor alcooleiro e incluir dados sobre uso e conversão da terra. Nessa etapa, aproveitou-se da maleabilidade de estrutura presente no modelo GTAPinGAMS para representar uma economia em que existe de fato um setor de produção de álcool e a possibilidade de ampliação da fronteira agrícola sobre áreas de vegetação natural.

Com a finalidade de prever efeitos de mudanças como as descritas acima, o autor simula três cenários, os quais traduzem diferentes níveis de aumento na demanda de etanol (tendo em vista os patamares do ano base de 2001): (i) aumento na demanda de etanol de forma a atingir níveis esperados para 2010 e 2012; (ii) aumento na demanda de etanol de forma a atingir níveis esperados para 2020 e 2022; (iii) aumento na demanda de etanol de forma a atingir níveis esperados para 2020 e 2022, e eliminação dos subsídios à produção de etanol e das tarifas de importação nos EUA – um cenário improvável, porém ilustrativo em seus efeitos. Os choques de demanda de etanol foram aplicados de forma a representar a política norte-americana de estímulo à produção de etanol de milho, que visa atingir uma produção de 7,5 bilhões de galões de biocombustíveis em 2012, e cerca de 21 bilhões em 2022.

Os resultados obtidos indicam que o país especializar-se-á na produção de bioenergia conforme o uso de biocombustíveis entre em voga. À medida que ocorre nas simulações, o

crescimento da produção de cana de açúcar ocorre às custas da produção das demais culturas, sendo o trigo e o arroz as mais afetadas. A área cultivada com cana de açúcar passaria de 5 milhões para 15 a 20 milhões de hectares em 2020, substituindo também áreas de pastagens e de outras culturas. Ademais, o impacto sobre a vegetação nativa do cerrado brasileiro será severo, com 2,5 milhões de hectares convertidos para a agricultura (embora apenas o terceiro cenário redunde em ameaça à floresta tropical) – e esse resultado responde somente às flutuações impostas na demanda, sem levar em conta o aumento nos padrões históricos de desmatamento e expansão da fronteira agrícola. Via de regra, e como esperado, os efeitos ocorrem com intensidade mais e mais pronunciada à medida que passamos de um cenário para outro em ordem crescente, embora não tenham espaço relevante na produção da maioria dos países americanos, inclusive os parceiros do MERCOSUL que figuram entre os principais parceiros comerciais brasileiros. Nesse sentido, não se verifica nenhum tipo de substituição do papel do Brasil enquanto produtor mundial de commodities agrícolas.

Um estudo patrocinado pelo Banco Mundial elaborado por Timilsina et al. (2012) possui uma proposta semelhante à deste, porém, vale ressaltar, com abrangência muito maior. Ao passo que o presente estudo visa exclusivamente o Padrão de Combustíveis Renováveis Norte-Americano, os autores propõem-se a averiguar o efeito de mandatos para biocombustíveis em diversos países (tanto nações desenvolvidas quanto nações em desenvolvimento) sobre uso da terra e oferta de alimentos a nível global.

Uma hipótese é crucial em tal estudo: à medida que quando o estudo foi elaborado ainda estavam em vigor a tarifa ad valorem de 2,5% e a tarifa específica de 54 centavos de dólar por galão importado, além de subsídios aos produtores norte-americanos, o estudo considera que, salvo disparidades de preços suficientemente expressivas para transpor as barreiras comerciais existentes entre o mercado de etanol nos EUA e o produto brasileiro, não ocorrerá comércio entre os países. Contudo, tais tarifas deixaram de ser aplicadas em 2012. Ademais, em meio a pressões no Congresso em prol da maior austeridade fiscal, os subsídios aos produtores não foram renovados.

O estudo em questão enfatiza os efeitos advindos da produção do etanol convencional e do biodiesel, optando pela não inclusão do etanol celulósico na análise. No modelo, o cenário base consiste no contexto *ceteris paribus*, com alguns parâmetros, tais como o crescimento populacional, a taxa de poupança e a evolução da produtividade definidos exogenamente. Vale frisar que no cenário base há a implementação das políticas para biocombustíveis que já se encontram em vigor. Dois cenários são definidos pelos autores: o primeiro considera a aplicação dos mandatos para biocombustíveis que já foram anunciados pelos países; o segundo implementa metas dobradas em relação ao cenário alternativo anterior para os respectivos países.

O estudo conclui que o impacto da expansão global da produção de biocombustíveis sobre a oferta e sobre os preços dos bens agrícolas (salvo para as culturas produtoras de açúcar evidentemente) é moderado – inferior a 5%. Os preços de combustíveis (gasolina e diesel) sofrem ligeiras quedas, de tal forma que os autores sugerem que o efeito de alta sobre o preço dos alimentos processados pode ser mitigado. Conforme o esperado, a produção de biocombustíveis intensifica-se em praticamente todos os países envolvidos no modelo à medida que os mandatos são cumpridos, e o comércio entre os mesmos torna-se mais pujante.

No que diz respeito ao uso da terra, os efeitos são mais pronunciados, com conversão de áreas florestais e de pastagens em culturas. A proliferação de culturas em detrimento de florestas é especialmente intensa no Brasil e no Canadá. Os efeitos em termos da oferta de alimentos têm magnitude reduzida: -0,2% no cenário alternativo com metas dobradas. Contudo, vale ressaltar que o impacto é mais pronunciado sobre os países menos desenvolvidos. Tal efeito é preocupante, reiterando que não se pode atuar de forma incauta nessa questão.

Taheripour e Tyner (2012) procuram avaliar o efeito do Padrão de Combustíveis Renováveis Norte-Americano sob uma ótica mais ampla, a do bem estar agregado nos EUA. Os autores enfatizam que as análises que se valem de modelagem de equilíbrio parcial falham ao perder de vista as interações entre os mercados além do meio agrícola-energético, além de muitas vezes não levarem em consideração a escassez de determinados recursos e as interações entre o RFS e impostos (ou subsídios) e outras políticas quaisquer.

O estudo foca no mandato estipulado para o etanol do milho, elaborando três cenários para análise. O que diferencia os mesmos é a forma de financiamento da política de fomento ao etanol. Os resultados apontam para o aumento nos preços dos grãos, em especial nos cenários que contemplam a retirada dos subsídios aos demais produtores de bem agrícolas. Contrariando outros estudos, os autores afirmam que o impacto sobre o preço da gasolina não é significativo. O estudo aponta para a redução do consumo de gasolina nos EUA, com benesses inclusive em termos de saldo da balança comercial do país em um dos cenários; contudo, quanto ao bem-estar agregado nos EUA, o cerne da questão, há perdas consideráveis em todos os cenários elaborados.

O artigo de autoria de Al-Riffai, Dimaranan e Laborde (2010) tem uma proposta análoga e um objeto de estudo distinto: as políticas para biocombustíveis na União Europeia. No ano de 2009, a União Europeia adotou a Diretriz para Energia Renovável, que estabeleceu a meta de utilizar 10% da energia para transporte proveniente de fontes renováveis até 2020. Um ato adicional, a Diretriz para Qualidade de Combustível, estipulou a meta de redução de 6% das emissões até o mesmo ano. O estudo visa avaliar o impacto de tais políticas, com ênfase para a questão do uso da terra.

Através de modelagem em equilíbrio geral, Al-Riffai et al. (2010) conclui que os efeitos de mudança no uso da terra se fazem presentes, porém com efeitos limitados sobre os preços dos alimentos (+0,5% para a cesta alimentícia no Brasil e +0,14% na Europa).

A fim de tentar averiguar quais são os impactos do advento do *Renewable Fuel Standard* no que tange o uso da terra no Brasil, será utilizado um modelo computável de equilíbrio geral em conjunto com uma versão específica da base de dados *Global Trade Analysis Project*. Essa base de dados abrange diversos países, trazendo dados em matrizes de insumo-produto. Nela também constam dados acerca do comércio entre países, além de possíveis medidas de proteção comercial em vigor. A construção do modelo será tratada com mais afinco posteriormente, tal qual a descrição e a análise mais cuidadosa dos dados a serem utilizados nas simulações.

### 3. Metodologia

Modelos computáveis de equilíbrio geral consistem em ferramentas cujo poder, escopo e aceitação têm crescido de maneira notória nos últimos anos. A explicação para tal fenômeno reside no fato de que modelos dessa natureza mimetizam de uma forma crível a estrutura de toda a economia, de forma a abranger todo o conjunto de relações entre os diferentes agentes (setores produtivos, famílias, governos, dentre outros). Ademais, a utilização de tal recurso para fins de modelagem possibilita avaliar os efeitos de um choque de maneira mais ampla e verossímil, à medida que torna possível averiguar efeitos diretos e indiretos do mesmo. Nesse contexto, não cabe mencionar o *ceteris paribus*, pois as interações entre os diferentes mercados são abordadas. A entrada em vigor do *Renewable Fuel Standard* acarretará em choques no preço internacional de determinados bens. Destarte, lançar mão da metodologia de modelagem computável de equilíbrio geral mostra-se deveras conveniente no dito contexto.

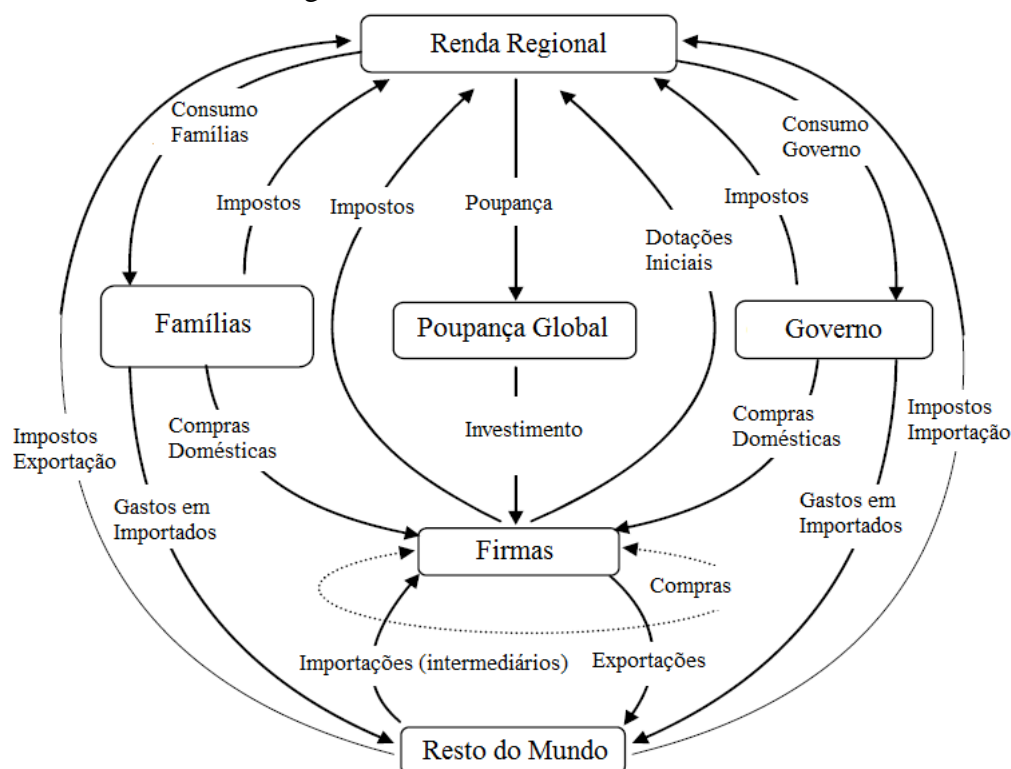
A estrutura lógica de um modelo computável de equilíbrio geral pode ser ilustrada de maneira didática através de um diagrama do fluxo circular da renda de caráter Arrow-Debreu. A Figura 1 representa o funcionamento do GTAP.

No GTAP cada país/região em questão é representado através da especificação de um agente representativo, o qual atua de forma a coletar toda a renda que trespassa através da economia e aloca a mesma entre três componentes distintos: consumo das famílias, consumo do governo e poupança. Os consumidores comportam-se de tal maneira que suas utilidades são maximizadas sujeitas às suas restrições orçamentárias. Os produtores lidam com um problema análogo à medida que minimizam seus custos tendo em vista as restrições de recursos que enfrentam.

Assim, o modelo determina a oferta e a demanda de todos os bens. É condição intrínseca ao fechamento do modelo em questão o equilíbrio nos mercados (oferta igual à demanda para todos os bens e fatores de produção). Ademais, pressupõe-se uma condição contábil: o balanço da renda (renda líquida igual à despesa líquida). O GTAP considera a hipótese de competição perfeita nos mercados, de tal forma que tanto consumidores quanto produtores são *price takers*. Isso implica que nos modelos

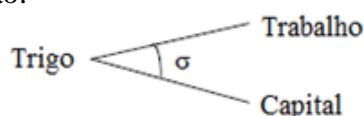
dessa natureza os lucros econômicos igualam-se a zero. Ademais, há restrições em termos de mobilidade inter-regional dos fatores de produção, o que é condizente com a realidade.

Figura 1 – Fluxo de Renda no GTAP



Fonte: Tyner et al. (2010). Tradução própria.

Normalmente, tanto as funções utilidade dos consumidores quanto as funções produção das firmas (tecnologia) assumem a forma funcional *constant elasticity of substitution* (CES). A demanda privada do consumidor representativo pode ser adaptada para o tipo *constant difference of elasticities* (CDE). Isso é conveniente nesse contexto, pois é necessário abrigar preferências não homotéticas em determinados casos. O conceito da tecnologia cuja elasticidade de substituição é constante pode ser ilustrado através de um exemplo gráfico intuitivo. Suponha um produtor de trigo que pode utilizar-se do fator trabalho e do fator capital para produzir trigo. A figura (às vezes denominada “árvore tecnológica”) denota a estrutura de produção em questão:



No diagrama acima,  $\sigma$  expressa a elasticidade de substituição entre os ditos insumos. Se a produção só é factível mediante a utilização de uma proporção fixa de cada insumo,  $\sigma$  é nulo. Se há flexibilidade nesse sentido,  $\sigma$  assume um valor superior a zero. Usual e naturalmente, assume-se que os fatores de produção são substitutos imperfeitos. Tal raciocínio é similar nos âmbitos do consumo de bens e do uso da terra.

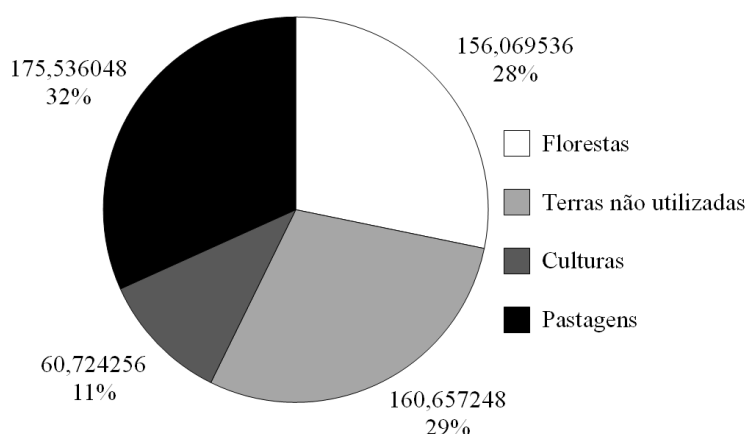
A base de dados da qual o GTAP utiliza-se é fruto de um esforço colaborativo o qual foi iniciado em meados do ano de 1992, na Universidade de Purdue, EUA (Narayanan et al., 2012). A base de dados tem abrangência global, contendo matrizes-insumo produto para praticamente todos os países do globo. As mesmas oferecem informações detalhadas acerca da produção e do consumo de bens e serviços (tanto finais quanto intermediários). Ademais, é possível extrair das mesmas dados de investimento e de comércio bilateral entre os países. Lee et al. (2009) são os responsáveis pela introdução de dados no que tange uso da terra em diversos países no modelo em questão.

A versão do modelo utilizada nesse trabalho foi elaborada por Baldos e Hertel (2012). O mesmo foi desenvolvido sobre a versão 8 do GTAP e incorpora uma metodologia que permite examinar problemas relacionados uso da terra através do conceito de zona agroecológica. Há dezoito categorias distintas, as quais englobam regiões que compartilham idiossincrasias climáticas semelhantes. Ademais, há uma base de dados que documenta a finalidade para as quais as porções de terra estão sendo empregadas. Os dados que serão utilizados como base no modelo foram angariados no ano de 2004. O modelo também traz consigo especificações acerca das elasticidades de conversão entre as categorias de uso da terra e entre as diferentes culturas.

Conforme mencionado anteriormente tal programa do governo norte-americano requer que a cada ano a quantidade de combustíveis renováveis que é misturada no combustível cuja finalidade é o transporte vendido nos Estados Unidos aumente (alcançando o patamar de 36 bilhões de galões em meados do ano de 2022). Ênfase será dada às variações oriundas dos choques decorrentes do dito ato, tanto em termos absolutos quanto relativos, sobre o uso da terra no Brasil para diferentes fins. Tal esforço será realizado no próximo capítulo. A figura 2 ilustra o uso da terra no Brasil (em hectares) no ano base do modelo; há quatro categorias distintas: florestas, pastagens, culturas, e terras não utilizadas.

A tabela 1 discrimina a produção de commodities agrícolas por parte do Brasil, em termos de hectares destinados ao cultivo, para o ano base do modelo. Posteriormente, após a implementação dos choques visando representar o advento do *Renewable Fuel Standard*, será analisada a variação no uso da terra.

Figura 2 – Uso da terra no Brasil (em milhões de hectares) entre florestas, terras não utilizadas, culturas e pastagens para o ano base do modelo



Fonte: dados do modelo

Tabela 1 – Distribuição das áreas de culturas no Brasil (em hectares)

Cultivo	Área
Arroz	3733148
Trigo	2807224
Milho e outros grãos	13879410
Soja	21538990
Demais Oleaginosas	728800,25
Cana-de-açúcar	5631741
Outros produtos agrícolas	14510255

Fonte: dados do modelo

#### 4. Resultados



A fim de averiguar com maior propriedade os efeitos do *Renewable Fuel Standard* sobre o uso da terra no Brasil, optou-se pela simulação de quatro cenários distintos. O primeiro diz respeito ao cumprimento do mandato estabelecido para biocombustível convencional, qual seja, o etanol produzido a partir do milho, e para o biodiesel oriundo de biomassa. À medida que o Brasil não produz tais produtos para exportação (os mesmos são produzidos predominantemente nos próprios Estados Unidos), todas as mudanças verificadas consistem em efeitos indiretos – transmitidos via mercados mundiais. Optou-se por utilizar as metas para o ano de 2020 para ambos os produtos, quais sejam: 15 bilhões de galões de etanol convencional e 1 bilhão de galões de biodiesel.

O segundo cenário simulado incrementa o anterior, atendendo ao requerimento estabelecido pelo ato no que tange biocombustíveis avançados não celulósicos, categoria na qual o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar se enquadra. O Brasil configura produtor mais notório do dito biocombustível: destarte, simulou-se o cenário no qual o país assume o papel de exportador de etanol, atendendo à demanda imposta pelo programa. Para o ano de 2020, o programa prevê o patamar de 3,5 bilhões de galões para esse tipo de biocombustível.

. Em novembro de 2013 o *lobby* endossado pelas indústrias petroleiras americanas elaborou uma proposta de revisão para baixo dos mandatos para 2014, fundamentada na disparidade observada entre o volume de combustível consumido projetado na época da elaboração do mandato e o consumo observado recentemente, o qual se situa em um patamar consideravelmente mais baixo. Um parecer definitivo ainda não foi emitido pela Agência de Proteção Ambiental norte-americana, contudo; a entidade afirmou em comunicados que traria uma resolução final até o final de junho de 2014. Entretanto, tal decisão pode ser postergada: a agência inclusive flexibilizou os prazos para a prestação de contas para o ano de 2013 devido à tal indefinição. Isso se deve ao fato de que vigora um sistema de “créditos” para o cumprimento dos mandatos estabelecidos: àqueles sujeitos ao mandato (principalmente refinarias) é obrigatório submeter anualmente a quantia de créditos exigida. Cada “crédito”, denominado *Renewable Identification Number* (RIN) corresponde a um galão de biocombustível. Os RINs podem ser comercializados, quando uma das partes os têm em excesso, e também podem ser armazenados para cumprimento de exigências futuras.

Dessa forma, dois cenários adicionais, de natureza de “curto prazo” foram simulados, supondo a aprovação dos novos volumes propostos para 2014: um, análogo ao primeiro, com 11,5 bilhões de galões de etanol e 1,3 bilhão de galões de biodiesel; outro, análogo ao segundo, com os volumes do anterior e 2,2 bilhões de galões de etanol de cana-de-açúcar. Visando maior clareza, os cenários propostos senão enumerados de forma condizente com a magnitude do volume de biocombustíveis contida nos mesmos. Consequentemente:

- Cenário 1: 11,5 bilhões de galões de etanol e 1,3 bilhão de galões de biodiesel
- Cenário 2: cenário 1 acrescido de 2,2 bilhões de galões de etanol de cana-de-açúcar
- Cenário 3: 15 bilhões de galões de etanol e 1 bilhão de galões de biodiesel
- Cenário 4: cenário 3 acrescido de 3.5 bilhões de galões de etanol de cana-de-açúcar

A tabela 2 expõe os volumes de biocombustíveis estabelecidos pelo *Renewable Fuel Standard*, discriminados por categoria e por ano. À medida que a disponibilização em escala comercial do etanol celulósico (também denominado etanol de segunda geração) ainda não foi viabilizada – inclusive, a Agência de Proteção Ambiental norte-americana revisou a quantidade estabelecida para o mesmo para o ano de 2013, reduzindo-a – tal categoria de biocombustíveis foi retirada do escopo da análise em todos os cenários explorados.

Vale ressaltar que há uma hierarquia para o cumprimento do mandato, cujo racional é consoante com o quão eficiente cada tipo de biocombustível mostra-se em termos de redução de emissões. A figura 3 ilustra tal lógica: o biocombustível celulósico – cujo poder em termos de redução de emissões de gases

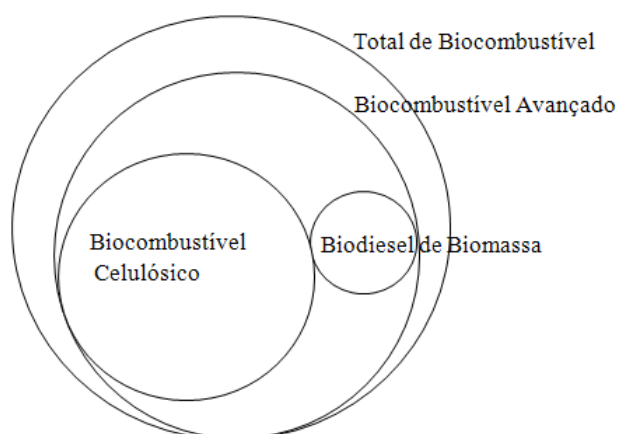
estufa é o maior – pode ser utilizado para o cumprimento do mandato estabelecido para o biocombustível avançado ou até para o biocombustível convencional, mas a recíproca não é válida.

Tabela 2 – Mandatos estabelecidos pelo RFS por ano, em bilhões de galões

Ano	Biocombustível Convencional	Biocombustível Celulósico	Outros Biocombustíveis Avançados	Biodiesel de Biomassa	Total de Biocombustível
2006	4				4
2007	4,7				4,7
2008	9				9
2009	10,5		0,1	0,5	11,1
2010	12	0,1	0,2	0,65	12,95
2011	12,6	0,25	0,3	0,8	13,95
2012	13,2	0,5	0,5	1	15,2
2013	13,8	1	0,75	1	16,55
2014	14,4	1,75	1	1	18,15
2015	15	3	1,5	1	20,5
2016	15	4,25	2	1	22,25
2017	15	5,5	2,5	1	24
2018	15	7	3	1	26
2019	15	8,5	3,5	1	28
2020	15	10,5	3,5	1	30
2021	15	13,5	3,5	1	33
2022	15	16	4	1	36

Fonte: Energy Independence and Security Act of 2007

Figura 3 – Estrutura lógica do mandato



Fonte: Elaboração própria

#### 4.1 Cenário 1

Quanto às alterações em termos de uso da terra no Brasil e no mundo devido ao cumprimento dos mandatos para 2014 (11,5 bilhões de galões de etanol e 1,3 bilhão de galões de biodiesel), os resultados estão expostos nas tabelas abaixo. Conforme o esperado há um incremento na área destinada a culturas em detrimento de florestas e pastagens no Brasil; esse resultado indireto é oriundo do efeito que o aumento da produção de milho e oleaginosas nos EUA destinada à produção de biocombustíveis tem

sobre o efeito do preço mundial de tais produtos. Contudo, em termos percentuais o efeito não é de magnitude muito elevada.

Tabela 3 – Uso da terra no Brasil (em hectares) no ano base e no cenário 1

	Situação Inicial	Cenário 1	Variação	Variação (%)
Florestas	156069536	156063232	-6304	-0,00%
Culturas	60724256	60818728	94472	0,16%
Pastagens	175536048	175447888	-88160	-0,05%
Outras áreas	160657248	160657248	0	-

Fonte: resultados do estudo

Os resultados para o Brasil são consoantes com a tendência mundial, vide a tabela 4, a seguir. Nota-se que o efeito da política de fomento aos biocombustíveis nos EUA tem um impacto maior sobre o Brasil do que sobre o restante do globo.

Tabela 4 - Uso da terra no mundo (em hectares) no ano base e no cenário 1

	Situação Inicial	Cenário 1	Variação	Variação (%)
Florestas	1678147968	1677967616	-180352	-0,01%
Culturas	1544484736	1546158208	1673472	0,11%
Pastagens	2745750528	2744257536	-1492992	-0,05%
Outras áreas	2355334144	2355334144	0	-

Fonte: resultados do estudo

Uma análise das mudanças nas áreas destinadas à produção agrícola mundial também é pertinente: nos Estados Unidos, a produção de milho sobrepõe-se a todas as outras culturas; à medida que os EUA são grandes produtores de determinados produtos agrícolas, outros países passam a suprir a demanda pelos mesmos (tais como membros da União Europeia, do leste europeu e Brasil, os quais têm suas áreas destinadas à cultura de arroz, trigo e soja expandidas). Determinados produtos agrícolas têm a área total destinada à sua produção bastante reduzida, o que pode vir a ocasionar impactos em termos de preços dos mesmos – uma análise mais minuciosa a respeito das repercussões da política em termos de preços dos alimentos será efetuada posteriormente. As variações oriundas do choque estão na tabela 5.

Tabela 5 – Variações no uso da terra para cultivo no mundo (em hectares) no cenário 1 em relação ao ano base

Região	Arroz	Trigo	Milho e outros grãos	Soja	Demais oleaginosas	Cana-de-açúcar	Outros produtos agrícolas
Estados Unidos	-60996	-910452	3814332	450154	-143229	-18354	-1228432
União Europeia	3429	111904	15448	3762	-118667	591	73524
Brasil	1147	-5182	73714	348802	-8691	-29655	3392
Canadá	0	76840	-59144	57281	-89710	-34	108068
Japão	-1784	2253	2526	-343	-119	-105	131
China e Hong Kong	-35680	20064	79196	-9026	1208	-1251	-19800
Índia	10032	24022	35098	-7172	-116296	160	52440
Caribe e América Central	4534	4585	2035	3291	-12116	-3339	19938
América do Sul	-4078	-32874	8108	211770	-33200	-3908	-74972

Leste Asiático	-1918	611	5395	-2070	-267	0	-1218
Malásia e Indonésia	-7501	0	-3603	3940	-7137	-289	11790
Outros países do Sudeste Asiático	6006	2177	30117	3217	-83424	1529	41239
Outros países do Sul da Ásia	-3424	13688	9048	683	-12823	-753	4532
Rússia	46	57904	-8648	-790	-48885	-594	-352
Outros países do Leste Europeu	1924	42848	47822	10838	-50934	-1112	22508
Outros países europeus	0	89	1771	-35	-443	-32	-251
Oriente Médio e Norte da África	-3000	69774	48327	459	-39541	-1367	-13197
África Sub-Saariana	18798	36209	46296	34513	-131416	286	204600
Oceania	59	20697	94281	774	-26769	-736	-17908
Total	-72406	-464843	4242120	1110048	-922458	-58963	-813969

Fonte: resultados do estudo

#### 4.2 Cenário 2

No âmbito do segundo cenário, o qual abrange o cumprimento das metas de 2014 para etanol convencional, etanol avançado e biodiesel (11,5 bilhões de galões de etanol, 1,3 bilhão de galões de biodiesel e 2,2 bilhões de galões de etanol de cana-de-açúcar), os resultados obtidos encontram-se na tabela 6.

Tabela 6 - Uso da terra no Brasil (em hectares) no ano base e no cenário 2

	Situação Inicial	Cenário 2	Variação	Variação (%)
Florestas	156069536	156101776	32240	0,02%
Culturas	60724256	60943824	219568	0,36%
Pastagens	175536048	175284256	-251792	-0,14%
Outras áreas	160657248	160657248	0	-

Fonte: resultados do estudo

O aumento da área destinado às culturas é mais intenso do que no primeiro cenário; tal resultado é consistente, pois para que o Brasil configure o fornecedor de etanol avançado não celulósico dos EUA, caso os EUA cumpram o mandato do *Renewable Fuel Standard*, deverá exportar uma quantidade grande do produto (2,2 bilhões de galões em 2014). Tal avanço ocorre em detrimento das áreas destinadas às pastagens. No que tange florestas, o resultado parece contraintuitivo a princípio, e será analisado com mais afinco em seguida. Indo de encontro aos resultados observados para o cenário anterior, as mudanças no território brasileiro contrapõem-se às do globo, conforme verificado na tabela 7:

Tabela 7 - Uso da terra no mundo (em hectares) no ano base e no cenário 2

	Situação Inicial	Cenário 2	Variação	Variação (%)
Florestas	1678147968	1677958528	-189440	-0,01%
Culturas	1544484736	1546478592	1993856	0,13%
Pastagens	2745750528	2743945984	-1804544	-0,07%
Outras áreas	2355334144	2355334144	0	-

Fonte: resultados do estudo

No âmbito global, verifica-se um aumento na área de culturas, em detrimento de áreas de florestas e pastagens. Uma possível explicação para o aumento da área de florestas no Brasil em contraposição ao restante do mundo reside no fato de que o país expande sua área destinada à produção de cana-de-açúcar sobre áreas que antes produziam outros produtos agrícolas. Conforme a tabela 8, outros países podem substituir parte do papel que inicialmente cabia ao Brasil, o de produtor de grãos e outros produtos agrícolas. Para tais países, testemunha-se uma redução na área de florestas dos mesmos e, conseqüentemente, uma redução na oferta de produtos florestais e de silvicultura. Destarte, o Brasil passa a atuar mais nesse mercado. Vale frisar que a magnitude de tal aumento em termos relativos é diminuta, quiçá desprezível (0,02%).

Nota-se que ocorre a diminuição nas áreas dedicadas a todas as culturas exceto a soja (cujo mercado foi afetado pelo RFS) e, evidentemente, da cana-de-açúcar (cujo aumento em termos percentuais é expressivo, da ordem de 22%). Conforme a tabela 6, referente ao uso da terra no Brasil nesse cenário, a expansão da cultura de cana-de-açúcar ocorre principalmente em detrimento de áreas de pastagens. A redução da área de produção de diversos produtos é mais pronunciada do que no primeiro cenário, o que traz à tona questões vinculadas à segurança alimentar da população mundial.

Tabela 8 - Variações no uso da terra para cultivo no mundo (em hectares) no cenário 2 em relação ao ano base

Região	Arroz	Trigo	Milho e outros grãos	Soja	Demais oleaginosas	Cana-de-açúcar	Outros produtos agrícolas
Estados Unidos	-61097	-907270	3807864	514810	-140140	-18686	-1231076
União Europeia	3564	113366	16496	6081	-100444	330	79724
Brasil	-22524	-88828	-80198	40046	-22713	1255299	-136153
Canadá	0	77221	-55514	60889	-77313	-36	113882
Japão	-1915	2371	2555	-223	-112	-109	343
China e Hong Kong	-41562	23748	77606	-3174	14635	-1558	-28220
Índia	6412	23440	33178	-2445	-113632	765	51460
Caribe e América Central	4538	4964	-744	3579	-11434	-3511	23301
América do Sul	-2089	-49179	1630	270872	-35306	-4761	-99106
Leste Asiático	-2313	660	5684	-1797	-206	0	-1439
Malásia e Indonésia	-9748	0	-3824	4779	-6474	-339	12884
Outros países do Sudeste Asiático	-604	2332	30607	4296	-81127	1625	43762
Outros países do Sul da Ásia	-4367	15668	9017	738	-11467	-533	5352
Rússia	45	62198	-11834	388	-43975	-157	-4560
Outros países do Leste Europeu	1984	49482	49292	12196	-46339	-903	26110
Outros países europeus	0	68	1829	-40	-317	-35	-174
Oriente Médio e Norte da África	-3620	76216	47835	770	-31584	-1399	-14322
África Sub-Saariana	17496	38932	37408	37270	-112766	432	237024
Oceania	69	18134	95461	831	-25426	-711	-11574
Total	-115731	-536475	4064349	949867	-846139	1225714	-932782

Fonte: resultados do estudo

### 4.3 Cenário 3

No que tange as mudanças no uso da terra no Brasil devido ao cumprimento das metas para etanol de milho e biodiesel para o ano de 2020 (15 bilhões de galões de etanol e 1 bilhão de galões de biodiesel), cabe analisar a tabela 9. O resultado obtido no cenário anterior (o incremento na área destinada a culturas em detrimento de florestas e pastagens no Brasil oriundo do aumento da produção de milho e oleaginosas nos EUA destinada à produção de biocombustíveis e seu efeito sobre o preço mundial de tais produtos) repete-se, porém em magnitude ligeiramente maior.

Tabela 9 – Uso da terra no Brasil (em hectares) no ano base e no cenário 3

	Situação Inicial	Cenário 3	Variação	Variação (%)
Florestas	156069536	156062624	-6960	-0,00%
Culturas	60724256	60839636	115548	0,19%
Pastagens	175536048	175427600	-108560	-0,06%
Outras áreas	160657248	160657248	0	-

Fonte: resultados do estudo

Quanto aos resultados na esfera global, o mesmo fenômeno é observado, vide a tabela abaixo:

Tabela 10 - Uso da terra no mundo (em hectares) no ano base e no cenário 3

	Situação Inicial	Cenário 3	Variação	Variação (%)
Florestas	1678147968	1677863552	-284288	-0,02%
Culturas	1544484736	1546786176	2302720	0,15%
Pastagens	2745750528	2743733504	-2018048	-0,07%
Outras áreas	2355334144	2355334144	0	-

Fonte: resultados do estudo

A substituição de culturas diversas priorizando a produção do milho nos EUA ocorre de forma ainda mais pronunciada nesse contexto. Novamente, outros países passam a suprir a demanda pelos bens agrícolas que os EUA deixam de fornecer devido à realocação da terra em prol dos biocombustíveis. As variações oriundas do choque estão na tabela 11.

Tabela 11 – Variações no uso da terra para cultivo no mundo (em hectares) no cenário 3 em relação ao ano base

Região	Arroz	Trigo	Milho e outros grãos	Soja	Demais oleaginosas	Cana-de-açúcar	Outros produtos agrícolas
Estados Unidos	-72460	-1140980	5707564	-338398	-146603	-21551	-1530852
União Europeia	4299	137844	-14036	4176	-67602	-494	67628
Brasil	2410	1712	113813	369836	-3674	-35627	16091
Canadá	0	96595	-78893	51218	-42511	-30	132183
Japão	-2743	3135	3585	102	-73	-158	-180
China e Hong Kong	-49420	35850	104488	-4365	13345	-2087	-44016
Índia	-3492	23280	31320	-1764	-81020	-1536	34892
Caribe e América	5643	6346	-1875	2928	-9065	-4676	25401

Central							
América do Sul	-4711	-24371	19172	197344	-26343	-4496	-69894
Leste Asiático	-3163	867	7184	-1500	-109	0	-2473
Malásia e Indonésia	-10586	0	-4245	3106	-7003	-383	15445
Outros países do Sudeste Asiático	-17722	2944	33112	3165	-62033	670	41888
Outros países do Sul da Ásia	-6465	22159	9377	520	-7399	-1179	3760
Rússia	3	67928	-18432	680	-26781	-1172	-18236
Outros países do Leste Europeu	2439	54144	58548	9496	-33408	-1893	18874
Outros países europeus	0	50	2389	-26	-152	-45	-541
Oriente Médio e Norte da África	-4386	83162	61449	490	-23760	-1997	-25608
África Sub-Saariana	20825	48025	25752	30726	-68442	-186	236680
Oceania	49	23259	131940	731	-24365	-1058	-34998
<b>Total</b>	<b>-139481</b>	<b>-558051</b>	<b>6192211</b>	<b>328465</b>	<b>-616995</b>	<b>-77895</b>	<b>-1133956</b>

Fonte: resultados do estudo

#### 4.4 Cenário 4

No âmbito do quarto cenário, o qual abrange o cumprimento das metas de 2020 para etanol convencional, etanol avançado e biodiesel (15 bilhões de galões de etanol, 1 bilhão de galões de biodiesel e 3,5 bilhões de galões de etanol de cana-de-açúcar), temos os resultados da tabela 12.

Tabela 12 - Uso da terra no Brasil (em hectares) no ano base e no cenário 4

	Situação Inicial	Cenário 4	Variação	Variação (%)
Florestas	156069536	156113520	43968	0,03%
Culturas	60724256	61059988	335884	0,55%
Pastagens	175536048	175156320	-379872	-0,22%
Outras áreas	160657248	160657248	0	-

Fonte: resultados do estudo

O aumento da área destinado às culturas é muito mais pronunciado do que nos demais cenários; o resultado é consoante com a exportação de 3,5 bilhões de galões de etanol para os EUA. Novamente, vem à tona o aumento marginal das áreas de florestas. No âmbito global, verifica-se um aumento considerável na área de culturas, em detrimento de áreas de florestas e pastagens. As mudanças a nível global encontram-se na tabela 13:

Tabela 13 - Uso da terra no mundo (em hectares) no ano base e no cenário 4

	Situação Inicial	Cenário 4	Variação	Variação (%)
Florestas	1678147968	1677830400	-317696	-0,02%
Culturas	1544484736	1547335936	2852480	0,18%
Pastagens	2745750528	2743216640	-2534912	-0,09%
Outras áreas	2355334144	2355334144	0	-

Fonte: resultados do estudo

Ademais, em contraposição aos demais cenários simulados, nesse caso testemunha-se a queda na área destinada à produção de todos os produtos agrícolas no Brasil, com exceção, evidentemente, da cana-de-açúcar (cujo aumento em termos percentuais é expressivo, da ordem de 36%).

Tabela 14 - Variações no uso da terra para cultivo no mundo (em hectares) no cenário 4 em relação ao ano base

Região	Arroz	Trigo	Milho e outros grãos	Soja	Demais oleaginosas	Cana-de-açúcar	Outros produtos agrícolas
Estados Unidos	-72656	-1135304	5693164	-229196	-141290	-22121	-1535052
União Europeia	4487	139984	-12892	8033	-35384	-967	77824
Brasil	-32361	-134755	-120887	-115176	-25713	2018969	-191355
Canadá	0	97174	-72546	57134	-21130	-32	141622
Japão	-2978	3346	3639	308	-60	-168	171
China e Hong Kong	-59544	41796	102008	5534	36329	-2614	-58216
Índia	-9824	22462	27978	6106	-76028	-610	33452
Caribe e América Central	5651	7004	-6608	3399	-7874	-4988	31222
América do Sul	-1136	-51451	8383	294942	-29612	-5927	-109636
Leste Asiático	-3844	946	7687	-1035	2	0	-2856
Malásia e Indonésia	-14393	0	-4602	4502	-5884	-467	17418
Outros países do Sudeste Asiático	-29038	3224	33926	4933	-57771	781	46132
Outros países do Sul da Ásia	-8001	25735	9307	608	-4975	-820	5372
Rússia	-4	74948	-23490	2580	-18549	-452	-25092
Outros países do Leste Europeu	2541	64992	60982	11710	-25291	-1547	25254
Outros países europeus	0	13	2496	-35	68	-50	-414
Oriente Médio e Norte da África	-5443	93148	61091	975	-10132	-2035	-27281
África Sub-Saariana	18297	52322	11632	35199	-36004	60	289944
Oceania	64	19096	134298	825	-21999	-1026	-24620
Total	-208182	-675321	5915567	91346	-481295	1975985	-1306112

Fonte: resultados do estudo

#### 4.5 Preços de Alimentos

Dando enfoque à questão dos preços dos alimentos, os resultados obtidos indicam que o Padrão de Combustíveis norte-americano repercute sobre os preços de alimentos em escala global.

Evidentemente, o milho, a soja e a cana-de-açúcar (tabelas 15 e 16) são os bens que sofrem influência mais direta à medida que estão umbilicalmente vinculados à indústria dos biocombustíveis. Todavia, os impactos se fazem presentes sobre todos os demais bens agrícolas via mudanças no uso da terra. Destaque para a queda nos preços do petróleo, a qual mitiga o efeito de alta sobre o preço dos alimentos processados (tabela 17).

Cabe enfatizar que tal efeito sobre os alimentos processados é bem menos intenso no Brasil, possivelmente devido à maior relevância do etanol na matriz energética nacional.



Tabela 15 - Variação (em pontos percentuais) do preço do trigo e do milho

Região	Trigo				Milho			
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Estados Unidos	1,32	1,38	1,81	1,93	5,22	5,31	7,55	7,71
União Europeia	0,16	0,22	0,24	0,35	0,18	0,26	0,28	0,42
Brasil	0,41	1,02	0,54	1,57	0,58	1,56	0,74	2,44
Canadá	0,49	0,56	0,73	0,85	0,23	0,28	0,37	0,45
Japão	0,38	0,41	0,54	0,60	0,62	0,65	0,89	0,95
China e Hong Kong	0,17	0,20	0,27	0,33	0,29	0,33	0,44	0,51
Índia	0,15	0,19	0,24	0,31	0,23	0,29	0,34	0,44
Caribe e América Central	0,50	0,55	0,69	0,78	0,82	0,90	1,10	1,24
América do Sul	0,59	0,70	0,78	0,98	0,71	0,86	0,92	1,17
Leste Asiático	0,41	0,44	0,59	0,65	0,58	0,62	0,81	0,89
Malásia e Indonésia	0,37	0,44	0,50	0,62	0,20	0,27	0,30	0,41
Outros países do Sudeste Asiático	0,15	0,16	0,20	0,23	0,52	0,59	0,73	0,85
Outros países do Sul da Ásia	0,15	0,19	0,25	0,32	0,22	0,26	0,32	0,39
Rússia	0,08	0,12	0,16	0,23	-0,01	0,01	0,03	0,08
Outros países do Leste Europeu	0,11	0,14	0,18	0,25	0,15	0,19	0,24	0,32
Outros países europeus	0,26	0,32	0,40	0,51	0,33	0,39	0,50	0,61
Oriente Médio e Norte da África	0,10	0,13	0,18	0,25	0,04	0,04	0,10	0,13
África Sub-Saariana	0,20	0,23	0,30	0,37	0,10	0,14	0,17	0,24
Oceania	0,54	0,60	0,77	0,89	0,76	0,83	1,10	1,23

Fonte: resultados do estudo

Tabela 16 - Variação (em pontos percentuais) do preço da soja e da cana-de-açúcar

Região	Soja				Cana-de-açúcar			
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Estados Unidos	3,85	4,02	4,17	4,46	3,02	3,13	4,06	4,25
União Europeia	0,40	0,59	0,49	0,83	0,12	0,18	0,19	0,29
Brasil	0,65	1,55	0,76	2,30	0,35	5,06	0,43	8,52
Canadá	1,22	1,33	1,34	1,54	0,53	0,62	0,80	0,97
Japão	0,25	0,31	0,44	0,54	0,23	0,26	0,32	0,38
China e Hong Kong	0,25	0,32	0,41	0,54	0,17	0,21	0,27	0,34
Índia	0,14	0,23	0,30	0,46	0,20	0,28	0,31	0,43
Caribe e	1,39	1,52	1,50	1,73	0,65	0,73	0,88	1,02

América Central								
América do Sul	0,92	1,17	1,03	1,47	0,59	0,74	0,75	1,01
Leste Asiático	0,31	0,44	0,65	0,88	0,17	0,19	0,25	0,28
Malásia e Indonésia	0,72	0,87	0,74	1,00	0,20	0,26	0,29	0,39
Outros países do Sudeste Asiático	0,70	0,91	0,89	1,24	0,22	0,27	0,33	0,42
Outros países do Sul da Ásia	1,12	1,28	1,00	1,28	0,15	0,20	0,24	0,33
Rússia	0,03	0,13	0,17	0,35	-0,03	0,01	0,00	0,09
Outros países do Leste Europeu	0,89	1,02	0,96	1,20	0,04	0,08	0,09	0,16
Outros países europeus	0,50	0,99	0,59	1,43	0,16	0,22	0,28	0,38
Oriente Médio e Norte da África	0,53	0,74	0,62	0,98	-0,04	-0,03	-0,01	0,02
África Sub-Saariana	0,65	0,74	0,69	0,86	0,02	0,05	0,06	0,11
Oceania	1,20	1,31	1,40	1,60	0,38	0,44	0,56	0,67

Fonte: resultados do estudo

Tabela 17 - Variação (em pontos percentuais) do preço do petróleo e dos alimentos processados

Região	Petróleo				Alimentos processados			
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Estados Unidos	-1,96	-2,40	-2,49	-3,13	0,33	0,32	0,41	0,39
União Europeia	-1,12	-1,35	-1,42	-1,76	-0,06	-0,05	-0,07	-0,06
Brasil	-1,05	-1,21	-1,34	-1,55	0,11	0,89	0,13	1,42
Canadá	-1,55	-1,89	-1,98	-2,46	0,09	0,09	0,10	-0,09
Japão	-1,03	-1,24	-1,31	-1,62	0,05	0,04	0,07	-0,07
China e Hong Kong	-0,96	-1,16	-1,22	-1,52	0,10	0,12	0,12	0,16
Índia	-0,96	-1,16	-1,22	-1,51	0,04	0,05	0,05	0,08
Caribe e América Central	-1,52	-1,85	-1,94	-2,41	0,20	0,21	0,28	0,30
América do Sul	-1,59	-1,93	-2,02	-2,52	0,02	0,07	0,03	0,11
Leste Asiático	-1,02	-1,24	-1,30	-1,61	0,18	0,20	0,25	0,28
Malásia e Indonésia	-1,03	-1,25	-1,32	-1,63	0,03	0,04	0,04	0,06
Outros países do Sudeste Asiático	-1,11	-1,34	-1,41	-1,75	0,04	0,05	0,07	0,09
Outros países do Sul da Ásia	-1,06	-1,28	-1,35	-1,67	0,06	0,09	0,10	0,14
Rússia	-1,08	-1,30	-1,37	-1,70	-0,11	-0,11	-0,12	-0,13
Outros países do Leste Europeu	-1,08	-1,31	-1,37	-1,70	-0,03	-0,02	-0,03	-0,01

Outros países europeus	-1,18	-1,43	-1,50	-1,86	-0,11	-0,11	-0,14	-0,15
Oriente Médio e Norte da África	-1,21	-1,46	-1,54	-1,91	-0,10	-0,11	-0,11	-0,11
África Sub-Saariana	-1,36	-1,65	-1,73	-2,15	-0,12	-0,13	-0,14	-0,16
Oceania	-1,02	-1,23	-1,30	-1,61	-0,03	-0,03	-0,04	-0,04

Fonte: resultados do estudo

## 5. Conclusões

O presente trabalho buscou averiguar o efeito que a implementação do Padrão de Combustíveis Renováveis Norte-Americano (*Renewable Fuel Standard*), terá sobre o uso da terra no Brasil. Tal programa do governo norte-americano requer que a cada ano a quantidade de combustíveis renováveis que é misturada no combustível fóssil cuja finalidade é o transporte vendido nos Estados Unidos aumente (alcançando o patamar de 36 bilhões de galões em meados do ano de 2022).

Para tal, lançou mão de um modelo computável de equilíbrio geral. Modelos dessa natureza têm conquistado bastante espaço nos últimos anos na literatura que lida com questões cujo escopo aproxima-se desse trabalho à medida que tais modelos mimetizam de uma forma crível a estrutura de toda a economia, de forma a abranger todo o conjunto de relações entre os diferentes agentes (setores produtivos, famílias, governos, dentre outros). Ademais, a utilização de tal recurso para fins de modelagem possibilita avaliar os efeitos de um choque de maneira mais ampla e verossímil, à medida que torna possível averiguar efeitos diretos e indiretos do mesmo.

Optou-se pela simulação de quatro cenários distintos. O primeiro diz respeito ao cumprimento do mandato estabelecido para o etanol produzido a partir do milho, e para o biodiesel oriundo de biomassa. O segundo cenário simulado incrementa o primeiro, atendendo ao requerimento estabelecido pelo ato no que tange biocombustíveis avançados não celulósicos, categoria na qual o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar se enquadra. Cada um dos exercícios foi efetuado duas vezes utilizando os volumes estipulados para 2014 e para 2020.

Os resultados indicam que, no âmbito mundial, há uma redução das áreas de pastagens e de florestas, as quais são substituídas por áreas de culturas. O cumprimento do mandato estabelecido para o etanol produzido a partir do milho e para o biodiesel oriundo de biomassa atua de forma a intensificar o papel brasileiro de fornecedor global de produtos agrícolas. Já a concretização do cenário que também abrange o cumprimento do mandato estabelecido para biocombustíveis avançados não celulósicos implica na relativa transformação do país em um fornecedor especializado de biocombustíveis em detrimento de outros produtos agrícolas.

Quanto aos preços dos alimentos, os resultados obtidos apontam para incrementos significativos a nível global à medida que o mandato americano é cumprido. Há efeitos notórios inclusive sobre nações cuja segurança alimentar não é consolidada.

Não seria prudente, tendo em vista inclusive a pluralidade dos resultados obtidos pela literatura acerca do tema, emitir um parecer favorável ou desfavorável aos mandatos para biocombustíveis de um modo geral. O fomento à discussão e à pesquisa futura deve ser priorizado a fim de melhor direcionar as políticas para biocombustíveis.

## Referências bibliográficas:

AL-RIFFAI, P., B. DIMARANAN, and D. LABORDE, 2010. "Global Trade and Environmental Impact Study of the EU Biofuels Mandate", Report for the European Commission, DG TRADE, ATLASS Consortium.

BALDOS, U., HERTEL, T. 2012. "Development of a GTAP 8 Land Use and Land Cover Data Base for Years 2004 and 2007," GTAP Research Memoranda 3967, Center for Global Trade Analysis, Department of Agricultural Economics, Purdue University.

BIRUR, D. K., HERTEL, T. W., TYNER, W. E. Impact of Biofuel Production on World Agricultural Markets: A Computable General Equilibrium Analysis. GTAP Working Paper No. 53, Center for Global Trade Analysis. Purdue University, West Lafayette, IN, 2008.

GURGEL, A.. Impactos da política americana de estímulo aos biocombustíveis sobre a produção agropecuária e o uso da terra. *Revista de Economia e Sociologia Rural (Impresso)*, v. 49, p. 181-214, 2011.

LEE, H. L., HERTEL, T. W., ROSE, S., AVETISYAN, M. An Integrated Land Use Data Base for CGE Analysis of Climate Policy Options. In: Hertel, T. W., Rose, S., Tol, R. (Eds.). *Economic Analysis of Land Use in Global Climate Change Policy*. UK: Routledge Press. Chapter 4, 2009.

NARAYANAN, B., AGUIAR, A., MCDUGALL, R. Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 8 Data Base, Center for Global Trade Analysis, Purdue University. 2012

TAHERIPOUR, F.; BIRUR, D. K.; HERTEL, T. W.; TYNER, W. E. Introducing liquid biofuels into the GTAP data base. GTAP Research Memorandum n. 11. Center for Global Trade Analysis, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2007.

TYNER, W. E., TAHERIPOUR, F., ZHUANG, Q., BIRUR, D., BALDOS, U. Land use changes and consequent CO2 emissions due to US corn ethanol production: a comprehensive analysis. Department of Agricultural Economics, Purdue University, Final Report (Revised), July 2010.

TAHERIPOUR F., TYNER, W., WANG, M. Global Land Use Changes due to the U.S. Cellulosic Biofuel Program Simulated with the GTAP Model, Department of Agricultural Economics, Purdue University, Research Report Prepared for Argonne National Laboratory, 2011.

TIMILSINA, G. R., BEGHIN, J. C., VAN DER MENSBRUGGHE, D. and MEVEL, S., The impacts of biofuels targets on land-use change and food supply: A global CGE assessment. *Agricultural Economics*, 43: 315–332, 2012.

SEARCHINGER, T., R. HEIMLICH, R. HOUGHTON , F. DONG, A. ELOBEID, J. FABIOSA, S. TOKGOZ , D.HAYES, and T. YU. 2008. "Use of U.S. Croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change". *Science*, 319(5867), 1238-1240.

ELOBEID, A., and S. TOKGOZ. 2008. Removal of U.S. Ethanol Domestic and Trade Distortions: Impact on U.S. and Brazilian Ethanol Markets." *American Journal of Agricultural Economics* 2008 90(4): 918-932.

CHEN, X., H. HUANG, M. KHANNA, and H. ONAL. 2010. "Meeting the Mandate for Biofuels: Implications for Land Use, Greenhouse Gas Emissions and Social Welfare," Presented at the NBER Agricultural Economics Conference, March 4-5, Cambridge.

ROSEGRANT, M.W. 2008. "Biofuels and Grain Prices: Impacts and Policy Responses." Testimony for the U.S. Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs May 7,2008.

FABIOSA, J., J. BEGHIN J. F. DONG, A. ELOBEID, S. TOKGOZ, and T-H. YU. (In press). "Land Allocation Effects of the Global Ethanol Surge. Predictions from the International FAPRI Model." ISU working paper No 12877, March 2008, revised March 2009, *Land Economics* , in press.