


**unesp**  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**Faculdade de Ciências e Letras**  
**Campus de Araraquara - SP**

GIOVANI ÂNGELO SOARES PINTO

**A EXPANSÃO NÃO CONFLITUOSA ENTRE A  
PRODUÇÃO DE ETANOL E A PRODUÇÃO DE  
ALIMENTOS NO BRASIL**



Araraquara – S.P.  
2015

GIOVANI ÂNGELO SOARES PINTO

**A EXPANSÃO NÃO CONFLITUOSA ENTRE A  
PRODUÇÃO DE ETANOL E A PRODUÇÃO DE  
ALIMENTOS NO BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências e Letras – UNESP/Araraquara, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

**Linha de pesquisa: Desenvolvimento socioeconômico e políticas econômicas.**

**Orientador: Prof. Dr. Sebastião Neto Ribeiro Guedes.**

**Bolsa: CAPES.**

Araraquara – S.P.  
2015

Pinto, Giovani Ângelo Soares

A expansão não conflituosa entre a produção de etanol e a produção de alimentos no Brasil. / Giovani Ângelo Soares Pinto – Araraquara, 2015.

92 f.; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Letras (Campus de Araraquara).

Orientador: Sebastião Neto Ribeiro Guedes.

1. Agroindústria 2. Produção de Etanol 3. Produção de Alimentos  
4. Eficiência Técnica 5. Produtividade 6. Elasticidade I. Título.

*À minha família...*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Ao meu orientador Prof. Dr. Sebastião Neto Ribeiro Guedes, pelo incentivo e presteza no auxílio às atividades referentes à elaboração desta dissertação de mestrado.

Aos demais professores, que foram corresponsáveis pelo meu crescimento intelectual.

Aos colegas de classe, pelo companheirismo e respeito dedicados à minha pessoa.

À minha namorada Bárbara Camila, pela fiel amizade, pelos valorosos conselhos e por toda ajuda que me concedeu nesses últimos anos.

Aos meus pais, pelo apoio, incentivo e amor incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

*“Só se é curioso na proporção de quanto se é instruído.”*

Jean-Jacques Rousseau.

*“Derrota após derrota até a vitória final.”*

Che Guevara.

## RESUMO

O possível impacto negativo causado pela produção de biocombustíveis sobre a segurança alimentar sempre foi objeto de estudo nos meios acadêmicos desde a década de 1970, quando o preço internacional do petróleo se elevou consideravelmente. Em se tratando do Brasil, há evidências que esse tipo de problema não ocorre de modo significativo nos tempos atuais. Diante desse fato, surge o objetivo principal deste estudo: verificar se a ausência de competição no Brasil entre a produção de etanol e a produção de alimentos ocorre devido ao aumento de eficiência produtiva no setor agropecuário ou se dá pela expansão da produção de cana-de-açúcar e de alimentos em áreas onde ocorre desmatamento da vegetação nativa. Para alcançar tal objetivo, o presente trabalho contará com uma metodologia baseada no conceito de elasticidade, na qual os valores médios de variáveis referentes ao cultivo de determinadas *commodities* alimentares serão comparados com os respectivos resultados referentes ao cultivo de cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** Agroindústria; Produção de Etanol; Produção de Alimentos; Eficiência Técnica; Produtividade; Elasticidade.

## **ABSTRACT**

The possible negative impact of biofuel production on food security has always been an object of study in academic circles since the 1970s, when the international price of oil has risen considerably. In the case of Brazil, there is evidence that this type of problem does not occur significantly in recent times. Given this fact, the aim of this study arises: verify that the lack of competition in Brazil between ethanol production and food production occurs due to increased production efficiency in the agricultural sector or is by expanding production of sugarcane and food in areas where there is deforestation of native vegetation. To achieve this goal, this paper will include a methodology based on the concept of elasticity, in which the average values of variables related to the production of certain food commodities will be compared with the corresponding results related to the production of sugarcane.

**Keywords:** Agrobusiness; Ethanol production; Food Production; Technical efficiency; Productivity; Elasticity.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 1 – A RELAÇÃO ENTRE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E SEGURANÇA ALIMENTAR: ESTUDOS REALIZADOS NO MUNDO E NO BRASIL.....</b>	<b>19</b>
<b>1.1 – A relação entre produção de biocombustíveis e segurança alimentar no mundo.....</b>	<b>19</b>
1.1.1 – Estudos que evidenciam a existência do trade-off em questão.....	19
1.1.2 – Estudos que evidenciam a inexistência do <i>trade-off</i> em questão.....	23
<b>1.2 – A relação entre produção de biocombustíveis e segurança alimentar no Brasil.....</b>	<b>27</b>
1.2.1 – Estudos que evidenciam a existência do <i>trade-off</i> em questão.....	27
1.2.2 – Estudos que evidenciam a inexistência do trade-off em questão.....	29
<b>1.3 – Quadro-síntese do capítulo.....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO 2 – EVIDÊNCIAS DA INEXISTÊNCIA DO TRADE-OFF ENTRE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS E PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL.....</b>	<b>33</b>
<b>2.1 – O aumento da produtividade e o desenvolvimento agrícola brasileiro nos últimos anos.....</b>	<b>33</b>
2.1.1 – Crédito rural.....	34
2.1.2 – Investimento em P&D.....	35
2.1.3 – Produtividade da mão-de-obra.....	37
<b>2.2 – A eficiência agrícola sob a ótica da produtividade total de fatores...39</b>	
<b>2.3 – O desenvolvimento do setor sucroalcooleiro nos últimos anos.....43</b>	
<b>2.4 – Análise do comportamento das variáveis que compõem os mercados de alimentos e de etanol.....</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA ADOTADA.....</b>	<b>51</b>
<b>3.1 – Fatores que determinam a escolha do método adotado.....</b>	<b>51</b>
3.1.1 – Tipo de dados.....	51
3.1.2 – Tipo de informação a ser produzida.....	55
<b>3.2 – Aplicação da metodologia adotada.....</b>	<b>56</b>
<b>3.3 – Requisito para a adoção da metodologia em questão.....</b>	<b>60</b>

<b>CAPÍTULO 4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....</b>	<b>70</b>
<b>4.1 – Modo de interpretação dos resultados.....</b>	<b>70</b>
<b>4.2 – Apresentação dos resultados.....</b>	<b>71</b>
<b>4.3 – Explicando os resultados de acordo com as principais evidências elucidadas no capítulo 2.....</b>	<b>75</b>
4.3.1 – Como tais resultados contribuem para o aceite da hipótese principal...77	
4.3.2 – Como tais resultados contribuem para a contestação da hipótese alternativa.....	78
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>85</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Quadro-síntese dos estudos apresentados neste capítulo.....	32
TABELA 2 – Área e produção de cana-de-açúcar e de commodities alimentares do Brasil no período de 2000 a 2012.....	52
TABELA 3 – Testes de Dickey-Fuller Aumentado para as séries da tabela 2...53	
TABELA 4 – Área e produtividade de cana-de-açúcar e de commodities alimentares do Brasil no período de 2000 a 2012.....	57
TABELA 5 – Variação anual da área e da produtividade da cana-de-açúcar e das commodities alimentares do Brasil no período de 2000 a 2012.....	59
TABELA 6 – Valores médios referentes ao Brasil que serão inseridos nas fórmulas de elasticidade $Emq_i$ e $Emp_i$ desta pesquisa.....	60
TABELA 7 – Área, produção e produtividade da cana-de-açúcar e das commodities alimentares do estado de São Paulo no período de 2000 a 2012.....	62
TABELA 8 – Variação anual da área e da produtividade da cana-de-açúcar e das commodities alimentares do estado de São Paulo no período de 2000 a 2012.....	63
TABELA 9 – Valores médios referentes ao estado de São Paulo que serão inseridos nas fórmulas de elasticidade $Emq_i$ e $Emp_i$ desta pesquisa.....	64
TABELA 10 – Variação percentual mensal do IPCA (alimentação e bebidas) referente ao período de 2000 a 2012.....	66
TABELA 11 – Variação percentual mensal do IPC-RMSP (alimentação) referente ao período de 2000 a 2012.....	67
TABELA 12 – Teste de co-integração pelo método de Engle-Granger entre as séries das tabelas 10 e 11.....	69
TABELA 13 – Resultados das elasticidades $Emq_i$ e $Emp_i$ referentes ao Brasil e ao estado de São Paulo.....	71
TABELA 14 – Dados necessários para a mensuração da $Emq_i$ e $Emp_i$ da carne bovina e seus resultados, referente ao Brasil.....	73
TABELA 15 – Dados necessários para a mensuração da $Emq_i$ e $Emp_i$ da carne bovina e seus resultados, referente ao estado de São Paulo.....	74
TABELA 16 – Quadro com as principais evidências elucidadas no capítulo 2.....	76

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Preços internacionais de grãos no período de 2000 a 2007 (US\$/tonelada métrica).....	22
GRÁFICO 2 – Desenvolvimento dos preços internacionais do petróleo bruto e das commodities no período de 1996 a 2009.....	25
GRÁFICO 3 – Gastos totais da Embrapa em P&D (de 1975 a 2006).....	35
GRÁFICO 4 – Índice de Produtos, Índice Insumos e PTF.....	40
GRÁFICO 5 – Trajetórias do IPCA (alimentação e bebidas) e do IPC-RMSP (alimentação) referentes ao período de 2000 a 2012.....	68
GRÁFICO 6 - Área utilizada pela agricultura percentualmente em relação à área total do Brasil, Estados Unidos e União Europeia.....	79
GRÁFICO 7 - Área utilizada pela agricultura e pecuária percentualmente em relação à área total do Brasil, Estados Unidos e União Europeia.....	80
GRÁFICO 8 – Trajetórias das áreas de pastagens e de lavouras no Brasil.....	81

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Áreas produtoras de cana-de-açúcar e etanol do estado do Paraná (em 1995 e 2005).....	27
FIGURA 2 – Variações nos preços da terra em regiões produtoras de cana-de-açúcar no estado do Paraná (no período de 1995 a 2005).....	28
FIGURA 3 – Uso da terra no Brasil.....	44

## INTRODUÇÃO

O debate sobre um possível *trade-off* entre a utilização da terra para a produção de alimentos e seu uso para a produção de biocombustíveis ocorre desde a década de 1970, devido ao choque de oferta do petróleo que aconteceu durante esse período. Em resposta a esse evento, o governo brasileiro promoveu o Próalcool, um programa cujo objetivo era estabelecer a produção de etanol tendo a cana-de-açúcar como insumo. Por meio deste programa, o Brasil se tornou um dos principais produtores de etanol do mundo.

Com a massificação da produção de etanol, a terra e a cana-de-açúcar passaram a ser caracterizados como insumos dos processos de produção desse combustível, e visto como possíveis insumos concorrentes para a produção de alimentos. Vários produtores rurais olharam para esse evento como uma oportunidade de obterem maior lucratividade e migraram seus recursos e esforços para a produção de cana-de-açúcar.

Esse movimento atraiu a atenção de estudiosos com o intuito de analisar as consequências associadas à utilização da terra e cana-de-açúcar para tal finalidade. Entretanto, em meados da década de 1980, a retomada dos preços internacionais do petróleo a patamares pré-choque desestimulou a produção de etanol, conseqüentemente, diminuíram as pesquisas em relação a esse possível *trade-off* entre produção de alimentos e produção de biocombustíveis. No Brasil, o governo continuou a pesquisar novas fontes alternativas de energia por meio da criação do Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Proóleo) e da criação da Empresa Cearense Produtora de Sistemas Energéticos (Proerg) (MATTEI, 2008).

Mas esse cenário se modificou novamente durante a década de 1990 com o aparecimento de novas perspectivas sobre a necessidade de se promover o crescimento econômico de modo sustentável, assim, questões como a necessidade de conter a emissão de poluentes originados pela queima de combustíveis fósseis receberam maior destaque. A substituição dos combustíveis fósseis por biocombustíveis surgiu como uma alternativa de solução para esse problema, pelo fato dos biocombustíveis serem menos poluidores.

Na década de 2000, o governo brasileiro ainda se mostrava disposto a ampliar a oferta de biocombustíveis<sup>1</sup>. Em 2004 foi criado o Plano Nacional de Agroenergia (MATTEI, 2008) com o intuito de estabelecer diretrizes para a promoção de pesquisas no desenvolvimento de novas tecnologias em bioenergia. Em 2005 nasce o Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel – PNPB (MATTEI, 2008), este voltado especificamente para a produção do biodiesel.

Como a crescente utilização de biocombustíveis estava em destaque no mundo e principalmente no Brasil, alguns questionamentos sobre essa tendência foram levantados. Em 2007, uma brusca redução na oferta de alimentos assolou todo o mundo, provocando uma forte elevação nos preços das *commodities*. Autores como Rosegrant (2008) entenderam que a produção de biocombustíveis foi a principal razão para o surgimento desse evento.

Entretanto, a economia brasileira superou essa situação sem muitos problemas. A explicação mais lógica desse fato é que no Brasil a expansão do setor sucroalcooleiro ocorre sem prejudicar a expansão da oferta interna de alimentos. Então, eis a pergunta: Quais são as características peculiares presentes no Brasil que proporcionaram essa conciliação?

Moreira e Nassar (2013) apresentam algumas evidências da não ocorrência de competição entre o setor sucroalcooleiro e a produção de outras culturas. A primeira evidência para esse fato é que a atividade agrícola brasileira está vivenciando um período de intensificação e ganhos de eficiência em seus processos produtivos, o que diminui a necessidade de conversão de novas áreas para a produção de culturas que estão em expansão.

A segunda evidência é que a expansão da cana-de-açúcar ocorre predominantemente em pastos que antes eram utilizados na pecuária. A taxa de produtividade nesse setor está crescendo mais rapidamente que a taxa do setor agrícola, fazendo com que a menor área utilizada na pecuária não prejudique a produção de carne e leite.

---

<sup>1</sup> A popularização dos automóveis *flex* (movidos a gasolina e etanol) estimulou tais iniciativas nesse período.

A terceira e última evidência está relacionada à fraca correlação entre a quantidade de etanol produzido e o preço dos alimentos. De acordo com esses autores, as séries históricas demonstram que choques negativos de oferta na produção de cana-de-açúcar causam impacto sobre o preço do etanol, mas não causam interferências no mercado de açúcar.

O estudo de Moreira e Nassar (2013) demonstrou que o setor sucroalcooleiro brasileiro não compete com a produção de alimentos devido a uma reestruturação que vem ocorrendo no setor agropecuário do país e conseqüentemente está tornando-o cada vez mais eficiente. Mas pode-se suspeitar que essa expansão conjunta não conflituosa entre a produção de etanol e a produção de alimentos está acontecendo devido à expansão do cultivo dessas *commodities* em áreas onde ocorre desmatamento da vegetação nativa. Se realmente esse fato estiver ocorrendo, tal expansão não conflituosa das culturas poderá não se sustentar com o passar do tempo devido a uma possível escassez de terras que poderia ocorrer futuramente.

Este estudo tem como objetivo testar a hipótese principal de que no Brasil a expansão conjunta não conflituosa entre a produção de cana-de-açúcar utilizada na fabricação de etanol e a produção de alimentos está sendo mais influenciada pelo aumento da eficiência no setor agropecuário, contra a hipótese alternativa de que a expansão da produção de cana-de-açúcar e de alimentos ocorre em áreas onde ocorre desmatamento da vegetação nativa. Essas hipóteses serão testadas utilizando séries históricas anuais referentes à área de cultivo e à quantidade produzida de cana-de-açúcar e de *commodities* alimentares no período de 2000 a 2012, sendo que a realização desses testes consistirá em analisar e computar as elasticidades dos valores médios de variáveis baseadas em tais séries.

Esse período foi escolhido porque a presente pesquisa pretende analisar a situação atual em relação ao tema e também devido à ausência de alguns dados (referentes aos anos anteriores a esse período) necessários para a elaboração deste estudo. O principal pressuposto da hipótese principal é a aceitação do argumento de que realmente a expansão da produção de etanol e a produção de alimentos ocorreram de forma não conflituosa, sem prejudicar a segurança alimentar do país.

É importante esclarecer ao leitor que a abordagem do tema “segurança alimentar” realizada nesta dissertação se restringirá a aspectos relacionados à produção de biocombustíveis. Por exemplo: aspectos ligados à recente tendência de redução da pobreza no Brasil, que contribui para fortalecer a segurança alimentar do país, não serão analisados neste estudo.

Tal dissertação será constituída por quatro capítulos, além desta introdução e da conclusão. No primeiro capítulo, serão apresentadas algumas teorias e estudos referentes ao *trade-off* produção de alimentos vs. produção de biocombustíveis no mundo e no Brasil. Assim, a abordagem desse *trade-off* possibilitará uma melhor compreensão do tema. As críticas e defesas da hipótese de que a produção de biocombustíveis prejudica a segurança alimentar serão contrapostas.

Em relação ao segundo capítulo, serão apresentadas evidências encontradas em estudos anteriores que dão suporte à hipótese de que no Brasil a produção de etanol não compete pela utilização de terras e outros recursos com a produção de alimentos. Tais evidências serão analisadas qualitativamente com o intuito de contrastá-las com os resultados obtidos posteriormente nesta dissertação.

O terceiro capítulo compreende a apresentação e justificativa teórica da metodologia adotada nesta dissertação, que definirá as fórmulas de elasticidade cujos resultados servirão de parâmetros para os testes da hipótese principal e da hipótese alternativa desta pesquisa. Neste capítulo, também serão testadas as condições básicas para que haja possibilidade de utilização de tal metodologia. O atendimento dessas condições é vital para a robustez dos resultados encontrados no quarto capítulo.

O quarto e último capítulo engloba a parte mais importante deste estudo. Neste capítulo, as duas hipóteses desta dissertação serão empiricamente testadas por meio da análise das elasticidades dos valores médios de determinadas variáveis referentes à produção de *commodities* como o arroz, o feijão, o milho, a soja e a carne bovina (tais produtos compõem direta ou indiretamente a alimentação básica dos brasileiros); em relação a determinadas variáveis referentes à produção de cana-de-açúcar. Os resultados produzidos serão também analisados qualitativamente de acordo

com as evidências apresentadas no segundo capítulo, a fim de formular uma conclusão sobre o assunto.

## CAPÍTULO 1

### A RELAÇÃO ENTRE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E SEGURANÇA ALIMENTAR: ESTUDOS REALIZADOS NO MUNDO E NO BRASIL

Antes de prosseguir com a exposição dos estudos e teorias sobre esse tema, é necessário esclarecer qual a dimensão do conceito de segurança alimentar<sup>2</sup> definida pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) que será tratada nesta pesquisa. De acordo com Presser e Almeida (2004), este conceito compreende diversas dimensões: a) garantia da produção e oferta agrícola; b) garantia legal ao consumo de alimentos; c) garantia de qualidade sanitária e nutricional dos alimentos; e d) garantia à conservação e controle da base genética do setor agropecuário. A dimensão do conceito de segurança alimentar compreendida neste estudo é a definição expressa na alínea “a” da frase anterior.

Sendo assim, o objetivo deste capítulo é apresentar os diferentes posicionamentos que compõem o debate atual do tema em questão por meio do relato e comentário de diversas pesquisas acadêmicas; considerando que a natureza de tais posicionamentos depende de aspectos pertinentes a cada produção bibliográfica, como por exemplo: o local da pesquisa, os tipos de *commodities* estudadas, as peculiaridades do mercado etc.

#### **1.1 – A relação entre produção de biocombustíveis e segurança alimentar no mundo**

##### **1.1.1 – Estudos que evidenciam a existência do *trade-off* em questão**

De acordo com essa linha de pensamento, Searchinger *et al.* (2008) demonstraram que os produtores rurais norte-americanos estavam deslocando

---

<sup>2</sup> A FAO define a segurança alimentar como “a situação na qual toda a população tem pleno acesso físico e econômico a alimentos seguros e nutritivos que satisfaçam suas necessidades e preferências nutricionais para a condução de uma vida ativa e saudável” (PRESSER E ALMEIDA, 2004, p. 223 *apud* FAO).

a utilização da terra (que antes era destinada para o cultivo de trigo) para a produção de milho, além disso, transformando florestas e pastagens em campos agrícolas. Essa ação de curto prazo modificou as expectativas dos produtores rurais em relação à dinâmica dos preços das culturas e, assim; influenciou as decisões dos produtores em relação aos preços dos alimentos e dos produtos energéticos.

Searchinger *et al.* (2008) também afirmam que os agricultores tendem a preferir cultivarem *commodities* voltadas para a produção de biocombustíveis ao invés de grãos para a alimentação humana e animal. Primeiro porque a demanda por biocombustíveis é mais elástica que a demanda por alimentos, e segundo porque há uma tendência em aumentar cada vez mais o uso da terra para o plantio de grãos de substituição<sup>3</sup> devido à oportunidade de aproveitar os momentos em que a demanda por biocombustíveis esteja aquecida, e também devido a grande disponibilidade de terras conversíveis<sup>4</sup> no mundo (cerca de 2,8 bilhões de hectares).

Além disso, esses autores enfatizam com veemência que a produção de biocombustíveis tem bastante capacidade em elevar a demanda por terra. Para eles, a produção de biocombustíveis seria tolerável se esta fosse obtida de forma residual<sup>5</sup>, e de modo a não provocar mudanças drásticas no uso da terra.

Outro estudo demonstra graves problemas causados pelo *trade-off* em questão. De acordo com Hill *et al.* (2006), se toda a produção de milho e soja dos EUA fosse destinada à produção de etanol e biodiesel, o ganho líquido em energia seria de apenas 2,4% no consumo de gasolina e 2,9% no consumo de diesel. Isso porque a produção de etanol e biodiesel demandam considerável quantidade de energia fóssil (para o funcionamento de máquinas e equipamentos, para transportar o milho e a soja às usinas etc.). Além do mais, tal cenário seria improvável porque o milho e a soja são os principais itens para o abastecimento de alimentos humanos por meio de consumo indireto (ração animal) e consumo direto (xarope de frutose de milho e óleo de soja).

---

<sup>3</sup> Grãos que podem ser usados tanto para alimentos como na produção de biocombustíveis.

<sup>4</sup> Terras aptas para a produção de grãos de substituição.

<sup>5</sup> Por meio de resíduos urbanos ou de culturas.

Hill *et al.* (2006) também apresentaram um estudo que indica mudanças dinâmicas no uso das terras devido às metas impostas em 2007 pelo governo norte-americano para a substituição de combustíveis fósseis, o que reduziu em 11% a área que antes servia ao cultivo de soja e elevou o custo de oportunidade dessas áreas agrícolas, provocando um aumento médio de 5% no preço do milho e de seus derivados devido à queda da oferta do milho e da soja.

Esse estudo também apresenta detalhes em relação ao plantio de milho e soja que intensificam a existência do *trade-off* em questão. Conforme Hill *et al.* (2006), a produção dessas culturas exige grande quantidade de insumos agrícolas (fertilizantes, pesticidas, energia etc.) e elevada fertilidade do solo.

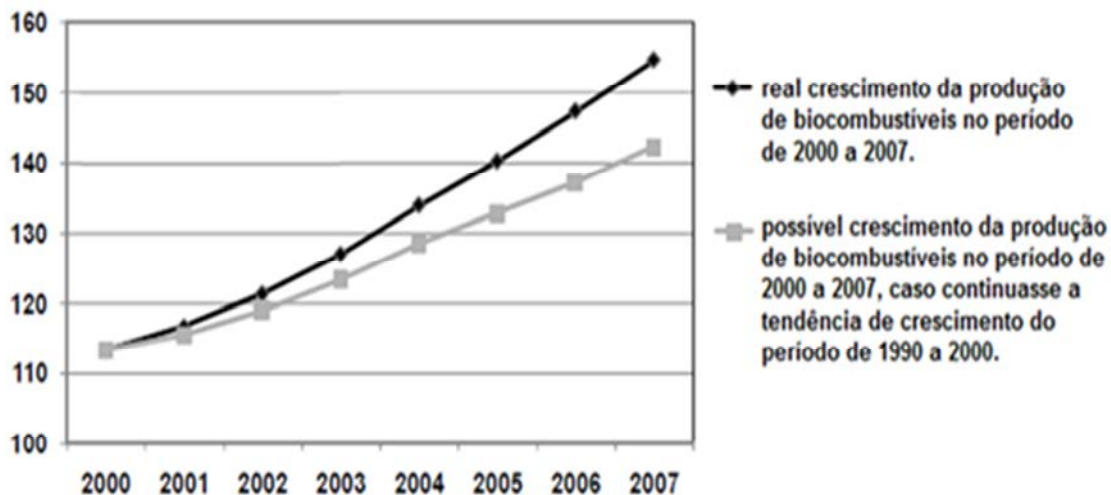
Dong (2007) justifica a opinião de que os países em desenvolvimento devem ficar atentos à questão da segurança alimentar em detrimento da expansão dos biocombustíveis. De acordo com seus estudos, quanto mais grãos de alimentos forem utilizados na produção de biocombustíveis, mais terra será destinada para tal fim, e mais elevado será o preço dos alimentos. Além disso, esses aumentos de preços também alavancam o custo alimentar do setor pecuário.

Dessa forma, os preços dos alimentos que superficialmente não parecem ter relação com os biocombustíveis, são influenciados por estes. Dong (2007) também faz uma pesquisa referente à China, motivado pelo conflito entre a produção de alimento e combustível naquele país que acontece devido à falta de terra cultivada *per capita* disponível.

Rosegrant (2008) afirma que a alta nos preços dos alimentos no período de 2000 a 2007 em muitos países em desenvolvimento está relacionada com a produção de bioetanol e biodiesel. Para ele, quando são comparados os dados de períodos anteriores, a elevação percentual na demanda por biocombustíveis nesse período provocou uma elevação na ordem de 30% na média ponderada dos preços de grãos no mundo (sendo que a elevação nos preços do milho, arroz e trigo foi na ordem de 39%, 21% e 22%, respectivamente). De acordo com o autor, a elevação nos preços de grãos que são utilizados somente como alimento (o arroz e o trigo, por exemplo) ocorre porque tais produtos são bens substitutos de grãos como o milho, (que podem ser utilizados tanto na

alimentação humana como na produção de biocombustíveis) que sofreu forte aumento da demanda nesse período. Outro motivo para a elevação conjunta nos preços dessas *commodities* foi a competição pela mesma terra.

**GRÁFICO 1 – Preços internacionais de grãos no período de 2000 a 2007 (US\$/tonelada métrica).**



Nota: preço de grãos é a média ponderada de produção de arroz, trigo, milho e outros grãos grossos.  
Fonte: Rosegrant (2008), traduzido pelo autor.

Para esse autor, os preços elevados dos alimentos reduzem seu acesso aos mais pobres. No longo prazo, tal efeito pode trazer consequências nefastas para a saúde, produtividade e bem-estar das populações mais carentes, pois a continuação da expansão na produção de biocombustíveis resultaria na diminuição da disponibilidade de calorias para essas populações. Segundo Rosegrant (2008), muitos motins em países pobres como Burkina Faso, Camarões, Costa do Marfim, Egito, Haiti, Indonésia, Senegal e Somália ocorreram em parte devido a esse problema.

Pesquisas sobre a produção de biocombustíveis que foram desenvolvidas pela Comissão Econômica da Organização das Nações Unidas para a América Latina e Caribe (CEPAL) e pela FAO, demonstram que esses produtos energéticos impactam diretamente sobre a disponibilidade de alimentos. Pelas estatísticas da FAO (2008), as importações de alimentos em 2007 cresceram 29% em comparação com 2006. Grande parcela desse

aumento se deveu à elevação dos preços de produtos como cereais e óleos vegetais, que geralmente são utilizados como insumos na produção de biocombustíveis.

Em outras pesquisas desenvolvidas pela CEPAL e pela FAO, a produção de biocombustíveis pode afetar de modo indireto a questão da segurança alimentar, ao diminuir a disponibilidade de água para o uso doméstico e para a agricultura como um todo. A produção de biocombustíveis exige grande quantidade de água tanto para o cultivo na terra quanto para o processamento e refino dos biocombustíveis nas usinas. Estima-se que a produção primária da cana-de-açúcar e do óleo de palmeira, que estão entre as melhores culturas para a produção de etanol e biodiesel, consome elevadas quantidades de água (de 1500 a 2500 mm./ano para cada muda).

Vale citar a posição do Banco Mundial (2008) sobre o assunto. De acordo com essa instituição, o desenvolvimento da produção de biocombustíveis em países industrializados ocorreu devido à implantação de elevadas tarifas protecionistas juntamente com os subsídios pagos aos produtores, provocando custos sociais e ambientais: pressão inflacionária sobre os preços dos alimentos, disputa intensa por terra e água e, provavelmente, destruição das matas nativas. Essas medidas criam altos custos para os países em desenvolvimento que são produtores eficientes em novos nichos exportadores. As populações mais carentes também sofrem com os alimentos básicos mais caros devido à elevação dos preços dos grãos nos mercados internacionais, fortemente influenciados por tais medidas.

#### 1.1.2 – Estudos que evidenciam a inexistência do *trade-off* em questão

Rathmann *et al.* (2009) elencam alguns argumentos que defendem a inexistência de conflitos pelo uso da terra entre alimentos e biocombustíveis na maior parte do mundo. Tais argumentos são os seguintes: o desenvolvimento e uso eficiente do etanol celulósico (incluindo os resíduos de culturas); o aumento da produtividade agrícola, a utilização de terras ociosas (com exceção da Europa), existência de terras disponíveis para serem incorporadas

(resultado das políticas agrícolas nos países europeus, forçando os agricultores a manter as terras em pousio).

Um ponto que se destaca nestes argumentos é que em nenhum momento ocorre a negação da existência de diversos propósitos para o uso da terra arável. Ou seja, presume-se que os agricultores alocam recursos e fatores de produção para a atividade que oferecer a eles o maior retorno financeiro. Sob essa lógica, a maior atratividade da produção de biocombustíveis resultará em uma produção de alimentos mais baixa, promovendo a variação de preços no curto prazo para produtos relacionados com *commodities* agrícolas. No entanto, com base nos argumentos indicados, seria possível a redução desses impactos com o decorrer do tempo, o que significa a ausência de competição entre a produção de alimentos e a produção de biocombustíveis no longo prazo.

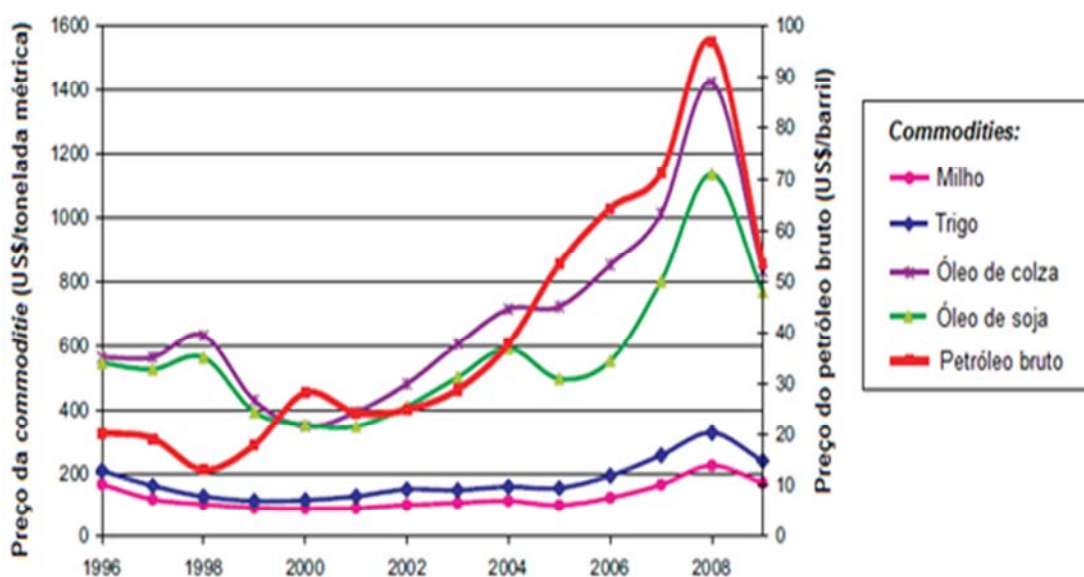
Defendendo a mesma posição, a Federação Internacional dos Produtores Agrícolas (IFAP) sustenta que a indústria de biocombustíveis representa uma nova oportunidade para o desenvolvimento agrário, principalmente para a produção agrícola familiar; e que o problema da insegurança alimentar não ocorre apenas devido à expansão da produção de biocombustíveis. Essa federação também argumenta que o aumento do consumo de biocombustíveis em relação ao consumo de combustíveis fósseis é importante no combate à emissão de gases poluentes.

Ajanovic (2010) demonstra que os preços internacionais do trigo e do milho (que são matérias-primas muito importantes para a produção do bioetanol) permaneceram relativamente estáveis durante o período de 1996 a 2006, mesmo com o aumento do uso de trigo e de milho na fabricação do bioetanol. Vale citar que os preços internacionais dessas *commodities* aumentaram em mais de 50% entre 2006 e 2008; entretanto, em 2009 tais preços retornaram para os mesmos patamares de 2006.

Ajanovic (2010) também mostra que a volatilidade das *commodities* agrícolas está fortemente atrelada à volatilidade do preço internacional do petróleo, e não ao nível de oferta e demanda dos biocombustíveis. De acordo com o gráfico 2, há uma forte correlação entre essas variáveis. Isso porque a atividade agrícola é muito dependente do petróleo, que participa da

composição dos custos com fertilizantes e dos custos de energia e de distribuição dessas *commodities*. A especulação que ocorre nos mercados dessas *commodities* agrícolas também explica em grande parte a variação nos preços dos alimentos.

## GRÁFICO 2 – Desenvolvimento dos preços internacionais do petróleo bruto e das commodities no período de 1996 a 2009.



Fonte: Ajanovic (2010), traduzido pelo autor.

Em Flexor (2008), há a percepção de que a produção de agrocombustíveis<sup>6</sup> influencia a produção de alimentos e, evidentemente, seus preços. Entretanto, não se sabe de fato a magnitude dessa influência. Além do mais, a evolução na produção de agrocombustíveis não interfere de modo igual nos preços das principais *commodities* agrícolas. Mesmo alegando que boa parte da elevação nos preços do milho está relacionada com o fato da grande parcela da produção de milho dos Estados Unidos ter sido encaminhada para a produção de etanol, Flexor (2008) defende que a elevação nos preços da soja provavelmente está relacionada com o aumento da sua demanda mundial, principalmente por parte da China e da Índia.

<sup>6</sup> O autor prefere o termo “agrocombustíveis” a “biocombustíveis”.

Em relação ao trigo, Flexor (2008) salienta que seu uso para a produção de agrocombustíveis é bastante reduzido, sendo a elevação nos seus preços provocada por medidas de restrição nas exportações de grãos e por questões conjunturais. Ainda conforme Flexor (2008), não há correlação linear entre a produção de agrocombustíveis e a elevação nos preços do arroz, já que a indústria de etanol praticamente não utiliza arroz.

Escobar *et al.* (2009) afirmam que a pobreza (em termos de renda), a falta de acesso à educação e a falta de recursos agrícolas como equipamentos e linhas de crédito para a produção de alimentos são as principais razões para a insegurança alimentar. Na maioria dos países que sofrem com tal problema, o desenvolvimento rural (incluindo a produção de biocombustíveis) é um ponto importante para a redução da pobreza e da insegurança alimentar. No entanto, considerando que a quantidade de terras agrícolas é limitada, os autores enfatizam que é necessário definir a fração de terras agrícolas que poderiam ser utilizadas para a produção sustentável de biocombustíveis.

Segundo Sachs (2005), o uso intensivo de biomassa para a produção de biocombustíveis fornece uma oportunidade de criação de emprego e renda nos países tropicais que na maioria dos casos apresentam maiores vantagens comparativas de produtividade. Porém, o autor afirma que pode haver disputa entre as áreas de expansão para a produção de biocombustíveis e as áreas destinadas à produção de culturas alimentares.

De acordo com Mathews (2007), muitos países apresentam uma significativa quantidade de terras aráveis que não são cultivadas devido à baixa lucratividade que a atividade agrícola rende aos agricultores. Na verdade, esse grande potencial não utilizado de terras aráveis existentes em todo o mundo pode ser usado para a produção de alimentos, rações ou biocombustíveis sem causar competição pelo uso da terra. Por exemplo, em alguns países africanos, tal disponibilidade é estimada em mais de 300 milhões de hectares de terras aráveis tanto para produção de biocombustíveis como para a produção de alimentos. Da mesma forma, esse fato ocorre em alguns países europeus devido à baixa rentabilidade nos setores agrícolas. Portanto, o autor afirma que a competição pelo uso da terra é um fenômeno observado principalmente nos grandes países produtores, como EUA e Brasil, por exemplo.

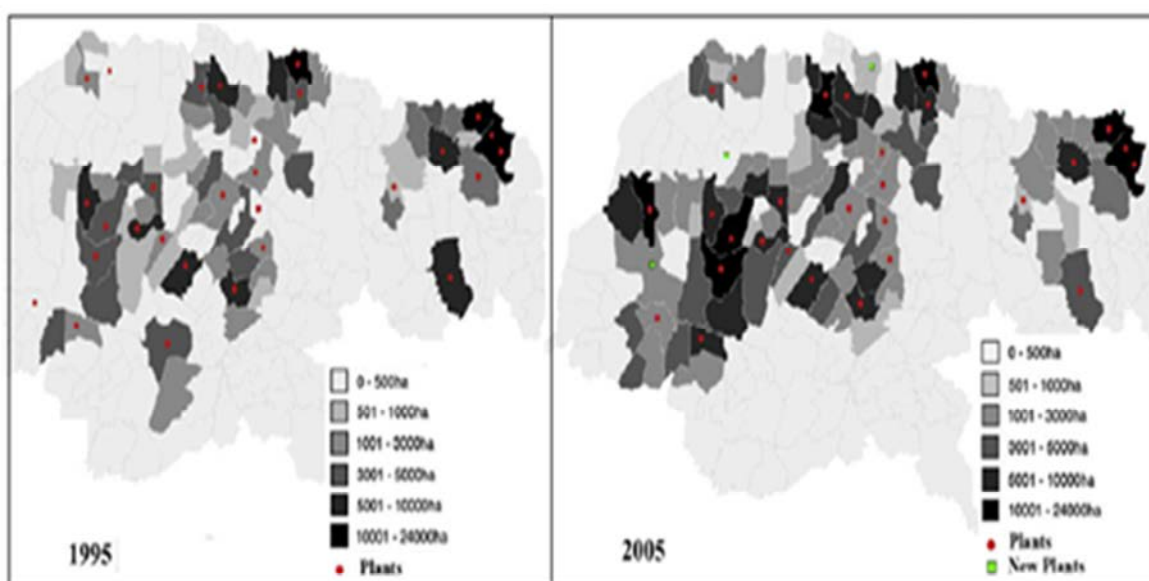
## 1.2 – A relação entre produção de biocombustíveis e segurança alimentar no Brasil

### 1.2.1 – Estudos que evidenciam a existência do *trade-off* em questão

Service (2007) demonstrou que a competição no estado do Paraná pelo uso da terra entre a produção de culturas afetou a dinâmica do mercado de derivados de cana de açúcar, principalmente o etanol. O aumento da demanda de álcool tem pressionado a elevação dos preços dos produtos agrícolas primários, e como consequência, valorizou a terra arável no Paraná, deslocando as áreas plantadas com culturas menos rentáveis para outros estados.

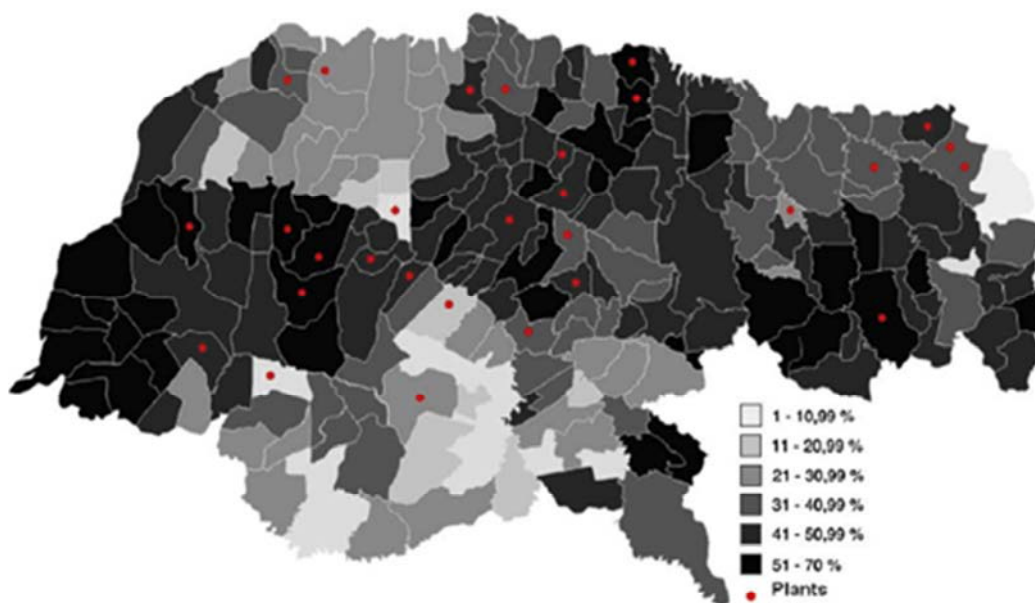
Esses resultados podem ser observados nas ilustrações que seguem logo abaixo. A figura 1 mostra o aumento das áreas plantadas com cana-de-açúcar no período de 1995 a 2005. E a figura 2 demonstra a magnitude da elevação no preço da terra em regiões do estado do Paraná nesse mesmo período.

**FIGURA 1 – Áreas produtoras de cana-de-açúcar e etanol do estado do Paraná (em 1995 e 2005).**



Fonte: Rathmann et al. (2009), traduzido pelo autor.

**FIGURA 2 – Variações nos preços da terra em regiões produtoras de cana-de-açúcar no estado do Paraná (no período de 1995 a 2005).**



Fonte: Rathmann *et al.* (2009), traduzido pelo autor.

Em outro estudo no Brasil, Benedetti *et al.* (2007) demonstraram que a demanda por soja do Paraná concorre com a demanda por alimentos (principalmente por óleo de cozinha). Esse estudo também mostra que esse processo de alternância das culturas produzidas provocou mudanças no mercado de laranjas do estado de São Paulo e, conseqüentemente, elevou entre 160% e 170% o valor das terras agrícolas em São Paulo.

Esses autores também afirmam que os efeitos desses resultados ultrapassam as fronteiras desses dois estados. A demanda de soja para a produção de biodiesel concorreu com a demanda externa por alimentos derivados da soja, em uma magnitude que representou quase 50% da produção brasileira de soja em 2008.

Santos (1987) argumenta que o etanol influenciou o deslocamento expansivo da produção de alimentos para o cultivo de cana-de-açúcar durante a década de 1970. O milho e o arroz foram as culturas mais prejudicadas no estado de São Paulo, com queda de 35% das áreas plantadas.

Autores como Tokgoz e Elobeid (2006) enfatizam que a expansão brasileira na produção de etanol devido ao aumento da demanda por biocombustíveis provocou a elevação no preço do açúcar (produto de mesma matéria-prima do etanol). Para confirmar esse fato, os autores citam que apesar das usinas brasileiras terem a capacidade de produzirem açúcar e álcool conjuntamente, em 2006, 12 das 19 novas usinas inauguradas no país produziram apenas etanol. Carvalho (2008) demonstra que o crescimento da produção do etanol foi o principal responsável por um aumento de 23% no preço do açúcar entre dezembro de 2007 e março de 2008; sendo o açúcar, o segundo produto que mais influenciou o aumento nos preços de alimentos em todo o mundo no ano de 2008. Isso contribui para a ocorrência de competição entre produzir açúcar e fabricar etanol (MÜLLER *et al.*, 2007).

Com o aumento da produção de etanol no Brasil, a produção de açúcar se reduz e o preço internacional dessa *commodity* aumenta. Elobeid e Tokgoz (2008) afirmam que em um cenário de mercado livre (sem barreiras) nos Estados Unidos, os produtores de etanol e de milho perdem excedente enquanto os consumidores desse país levam vantagem. Se tal cenário ocorre no Brasil, acontece o oposto: com o aumento nos preços do açúcar, os produtores ganham e os consumidores perdem; configurando uma situação que contribui para a existência de um possível *trade-off* entre açúcar e etanol.

### 1.2.2 – Estudos que evidenciam a inexistência do *trade-off* em questão

Por meio de métodos econométricos, Chagas (2009) concluiu que no Brasil, no período de 1977 a 2007, não houve conflito entre a utilização da terra para a produção de biocombustíveis *versus* produção de alimentos. O autor afirma que a trajetória comum entre a produção de cana-de-açúcar e o preço da terra não é significativa estatisticamente.

Ainda em relação ao caso brasileiro, Morceli (2006) afirma que o crescimento industrial do etanol é um promotor do crescimento econômico que geraria novos empregos e renda. E o crescimento econômico reduziria a

insegurança alimentar, quando tal insegurança estiver relacionada com a pobreza da população (HOFFMANN, 2006).

Fabiosa *et al.* (2008) analisaram os impactos da expansão do etanol na alocação de áreas agrícolas para outras *commodities* alimentares nos Estados Unidos e no Brasil. A expansão norte-americana resultou em grandes efeitos globais na alocação de terras e nos preços dos grãos (milho). Os autores asseguram que variações no preço dos grãos norte-americanos também causam variações nos preços do trigo e das oleaginosas. O contrário ocorre no Brasil: um crescimento na produção do etanol brasileiro causa impactos principalmente no mercado internacional de etanol e na terra utilizada para cultivar cana-de-açúcar. Os impactos dessa expansão afligem outros países produtores de açúcar, porém numa magnitude menor. No entanto, a expansão brasileira de etanol possui um reduzido impacto na utilização de terra para o cultivo de outras *commodities*. A cana-de-açúcar concorre menos com outras *commodities* no Brasil do que o milho com outras *commodities* norte-americanas.

Balcombe e Rapsomanikis (2008) estudam a relação de equilíbrio de longo prazo entre os preços do açúcar, álcool e petróleo no Brasil, construindo vetores de correção de erro bivariável generalizado que promovem a identificação da cointegração entre os preços de açúcar, etanol e petróleo. Com tal pesquisa, concluiu-se que os preços de petróleo estabelecem o equilíbrio de longo prazo dos preços do etanol e do açúcar. Concluiu-se também que os preços de açúcar causam no sentido de Granger os preços de etanol, mas não o inverso. Isso demonstra uma ordem de classificação causal de petróleo para açúcar e do açúcar para o etanol, mais do que no sentido de petróleo para etanol e açúcar.

Segundo Lohbauer (2008), o uso do milho para a produção de etanol nos Estados Unidos pode até cooperar de certa forma para uma possível competição na utilização de terras agrícolas, mas a produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil não pode ser entendida do mesmo modo, pois a área cultivada com cana-de-açúcar para produção de etanol é de somente 1% da área agricultável do país. Para o Lohbauer (2008), o Brasil ainda possui no mínimo 70 milhões de hectares livres para serem destinados à produção de

alimentos, e não há indícios de que áreas de cultivo de alimentos estejam sendo utilizadas para produzir biocombustíveis.

Sheldon e Roberts (2008), por exemplo, apontando uma pesquisa da OECD, declaram que o Brasil necessita somente de 3% da sua área agricultável para produzir 10% do consumo de combustíveis para transporte, enquanto para alcançar o mesmo patamar, os Estados Unidos necessitam de 30% da área, o Canadá 36% e a União Européia 72%. Como o Brasil possui extensa fronteira interna, pode aumentar a produção de biocombustíveis sem precisar diminuir a produção de alimentos.

O Brasil também possui potencial para o desenvolvimento de vários mercados de biocombustíveis e alimentos ao mesmo tempo. O forte crescimento da produção de etanol no Brasil acontece em paralelo com a expansão da produção de soja sem causar consideráveis reduções na produção de alimentos (PINGALI *et al.*, 2008).

### 1.3 – Quadro-síntese do capítulo

**TABELA 1 – Quadro-síntese dos estudos apresentados neste capítulo.**

Autores/Instituições	Ano publicação	Região estudada	Commoditie(s)*/ recurso(s) estudados(as)	Evidências sobre a ocorrência do <i>trade-off</i>
Ajanovic	2010	Mundo	trigo, milho, óleo de soja, óleo de colza e petróleo bruto	Inexistente
Balcombe e Rapsomanikis	2008	Brasil	açúcar e petróleo	Inexistente
Banco Mundial	2008	Países industrializados	terra, água e alimentos em geral	Existente
Benedetti et al.	2007	Paraná (Brasil)	soja, laranja, terras agrícolas	Existente
Carvalho	2008	Brasil	açúcar	Existente
CEPAL/FAO	2006/2008	América latina	alimentos em geral	Existente
Chagas	2009	Brasil	cana-de-açúcar e terras aráveis	Inexistente
Dong	2007	China	grãos de alimentos e terras aráveis	Existente
Escobar et al.	2009	Países com alto nível de pobreza	renda, educação, equipamentos agrícolas e linhas de crédito	Inexistente
Fabiosa et al.	2008	E.U.A.	trigo, milho, oleaginosas e terras agrícolas	Existente
Fabiosa et al.	2008	Brasil	cana-de-açúcar e terras agrícolas	Inexistente
Flexor	2008	E.U.A., China e Índia	arroz, milho, trigo e soja	Inexistente
Hill et al.	2006	E.U.A.	soja, milho e terras agrícolas	Existente
Lohbauer	2008	E.U.A.	milho e terras agrárias	Existente
Lohbauer	2008	Brasil	cana-de-açúcar e terras agrárias	Inexistente
Mathews	2007	Mundo	terras aráveis	Inexistente
Morceli	2006	Brasil	empregos e renda	Inexistente
Rathmann et al.	2009	Mundo	terras aráveis	Inexistente
Rosegrant	2008	Países africanos	arroz, trigo e milho	Existente
Sachs	2005	Países tropicais	empregos e renda	Inexistente
Santos	1987	São Paulo (Brasil)	cana-de-açúcar, milho e arroz	Existente
Searchinger et al.	2008	E.U.A.	trigo, milho e alimentos em geral	Existente
Service	2007	Paraná (Brasil)	terras aráveis e cana-de-açúcar	Existente
Sheldon e Roberts	2008	E.U.A., Canadá e Europa	terras agrárias	Existente
Sheldon e Roberts	2008	Brasil	terras agrárias	Inexistente
Tokgoz e Elobeid	2006	Brasil	açúcar	Existente
Tokgoz e Elobeid	2008	Brasil	açúcar	Existente
Tokgoz e Elobeid	2008	E.U.A.	milho	Inexistente

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota:

\* Em todos estes estudos, os biocombustíveis estão presentes como *commodities* que são os principais objetos de estudo; o que é óbvio. Sendo assim, a apresentação dos biocombustíveis como *commodities* estudadas torna-se desnecessária nesta tabela.

## CAPÍTULO 2

### EVIDÊNCIAS DA INEXISTÊNCIA DO *TRADE-OFF* ENTRE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS E PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL

Algumas evidências da inexistência do referido *trade-off* foram estudadas em pesquisas anteriores e neste capítulo tais evidências serão investigadas. A importância deste capítulo será destacada ao longo do quarto capítulo, quando os resultados gerados por esta pesquisa serão apresentados e analisados de acordo com as evidências aqui investigadas. De modo geral, a apresentação e análise de tais evidências serão baseadas em fatos que comprovam a ocorrência de um contínuo aumento na produtividade e na eficiência técnica dos setores agrícola, pecuário e sucroalcooleiro do país.

#### **2.1 – O aumento da produtividade e o desenvolvimento agrícola brasileiro nos últimos anos**

O aumento na utilização de insumos e as elevações de produtividade têm mostrado pontos importantes relacionados ao melhor entendimento das origens do crescimento agrícola nos últimos anos. Há diversas possíveis justificativas para tais resultados, mas quatro fatores serão particularmente analisados nesta seção – a formação e o arranjo do produto agropecuário, a expansão do crédito rural, a inovação tecnológica e o crescimento da produtividade da mão-de-obra rural no setor agropecuário. As alterações no arranjo do produto expressam o aumento do valor das lavouras permanentes e temporárias, da produção animal e do valor da pecuária ao longo das últimas décadas.

Examinando o período mais recente, sabe-se que o valor nominal total da agropecuária se elevou em 119,76% entre 2000 e 2005 (GASQUES, BASTOS e BACCHI, 2009). Exceto no setor pecuário (bovinos, suínos e aves), as outras atividades corroboraram em proporção análoga para a elevação do valor agregado do setor agropecuário. A pecuária obteve um crescimento

superior àquele das outras atividades. O valor nominal dessa atividade se elevou em 152,73% entre 2000 e 2005 (GASQUES, BASTOS e BACCHI, 2009). Esse excelente desempenho ocorreu principalmente devido ao aumento contínuo e elevado da produtividade.

### 2.1.1 – Crédito rural

Um fator que resultou nesse incremento de produtividade foi o crescimento das fontes para financiamento das atividades agropecuárias. O resultado do crédito rural sobre a produtividade é obtido de várias maneiras. Uma delas é a possibilidade de se alcançar um melhor arranjo de fatores perante o crescimento da escala de produção. As economias de escala proporcionaram mudanças tecnológicas que movem a função de produção de forma que sejam alcançados, com a mesma quantidade de fatores, patamares mais elevados de produto. Há, ainda, a possibilidade de se utilizar inovações que corroboram para a elevação da produtividade por meio do crédito rural.

Geralmente, a variação da qualidade dos insumos, tais como o uso de máquinas agrícolas, inseticidas, fertilizantes e sementes aprimoradas geneticamente dependem da existência de fontes de financiamento para o produtor rural. Uma exposição de um especialista em máquinas agrícolas demonstrou que a evolução tecnológica dos aparelhos agrícolas no Brasil tem sido acelerada e acentuada (MALFITANO, 2004), na medida em que aumenta a disponibilidade do crédito rural.

Entre 2000 a 2006, houve intenso crescimento dos desembolsos do crédito rural. Analisando os dados sobre os recursos desembolsados pelo Sistema Nacional de Crédito Rural, observa-se um crescimento de 195,37% do crédito rural para produtores e cooperativas entre 2000 e 2006 (em valores nominais). Além do aumento da magnitude de recursos do crédito rural oficial, a expansão do crédito proporcionado pela indústria nas operações de compra de produtos e de venda de insumos ocorreu sistematicamente. Esses recursos abrangem operações de custeio e de investimentos e, em algumas partes do

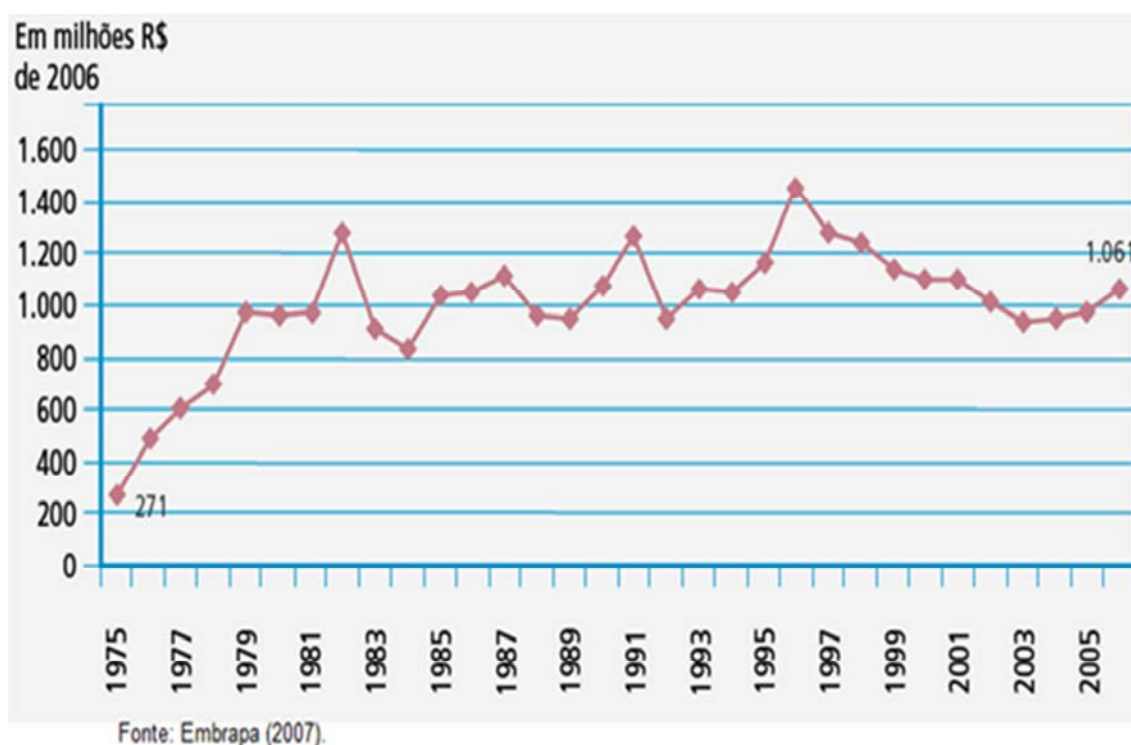
Brasil, representam um montante significativo dos recursos destinados às atividades agropecuárias (ver GASQUES, VILLA VERDE e OLIVEIRA, 2004).

### 2.1.2 – Investimento em P&D

A mais óbvia e importante contribuição da pesquisa para a evolução do agronegócio foi a elevação recente da produção agropecuária, o que contribuiu para uma oferta crescente de produtos e de matérias-primas. A produção brasileira de grãos tem aumentado a taxas elevadas, e esse aumento acontece quase que exclusivamente baseado no crescimento da produtividade, uma vez que a área utilizada pouco tem se modificado.

O Gráfico 3 demonstra os gastos anuais da Embrapa em P&D. Observa-se que, geralmente, não existe descontinuidade da série de gastos. Há, entretanto, uma diminuição deles no período de 2002 a 2005, porém em 2006, nota-se uma retomada em tais gastos. Essa relativa constância do fluxo de recursos é indispensável para as atividades de pesquisa.

**GRÁFICO 3 – Gastos totais da Embrapa em P&D (de 1975 a 2006).**



Um documento do International Food Policy Research Institute (IFPRI), preparado com o auxílio da Universidade da Califórnia (2001), aponta que a Embrapa teve função crucial nos resultados que vêm sendo alcançados na agropecuária brasileira; função essa que a Embrapa divide com outras instituições de pesquisa, públicas e privadas, as quais operam ou em parceria, ou individualmente. Apesar da Embrapa ser, categoricamente, a maior companhia de pesquisa agropecuária no Brasil, ela não é a exclusiva (ALSTON, 2001); há também um vasto investimento em pesquisas geridas pelas instituições dos governos estaduais e pelas universidades. No início de 2006, a Embrapa tinha um quadro de pessoal composto por 2.210 pesquisadores e 7.169 empregados de apoio, o qual reduziu, em setembro de 2006, para 2.127 pesquisadores e 4.967 empregados de apoio. Foi auferido que, no Brasil, a Embrapa é responsável por 52% de P&D em agricultura; as instituições estaduais por 20%, e as universidades por 21% (ALSTON, 2001). Uma parcela considerável da pesquisa da Embrapa é realizada em parceria direta com organizações estaduais de pesquisa agropecuária (OEPAS), universidades e companhias do setor privado, além de instituições estrangeiras.

A pesquisa de Fuglie, K.; Wang, S. e Ball, E. (2012), constatou em vários estudos de casos que uma causa importante do aumento da produtividade está relacionada com as reformas institucionais e econômicas, e com os investimentos em pesquisa e desenvolvimento efetuados em todo o mundo, principalmente no Brasil.

Analisando a relação entre as áreas de pastagem pelo total de bovinos conclui-se que há acentuada redução nessa relação nos anos estudados. Tal indicador migra de 2,56 ha por animal em 1940, para 1,96 em 1970 e para 0,93 hectares por animal em 2006 (GASQUES *et al.*, 2010). Essa relação demonstra a capacidade de suporte da pastagem, e sugere que a elevação dessa capacidade possibilita a utilização de terras para outros fins. Os dados sobre a produção vegetal também apontam o progresso nos patamares de produtividade das lavouras como café na qual seu rendimento cresceu seis vezes entre 1920 e 2006, os rendimentos do trigo e da soja triplicaram entre 1970 e 2006, o do milho duplicou entre 1970 e 2006, e o da cana-de-açúcar

mais que duplicou entre 1950 e 2006 (GASQUES *et al.*, 2010). A Embrapa (2008) demonstra numa pesquisa sobre lavouras tropicais que esses aumentos de rendimento ocorreram devido ao elevado investimento em pesquisa, principalmente a partir da década de 1970.

Outro aspecto da função da pesquisa no incremento da produtividade agrícola foi exposto por Bonelli (2002). Segundo aponta esse autor, áreas expandidas recentemente, situadas em diversas regiões do Brasil, decorrem de uma revolução invisível promovida excepcionalmente pela pesquisa. A utilização de novas áreas no Brasil, assim como a transferência da produção de lavouras e da pecuária para novos territórios do Norte, Centro Oeste e Nordeste; ocorreu com sucesso porque houve pesquisas que demonstraram as vantagens dessas regiões para a atividade agrícola. A ampliação da produção de grãos nos últimos 37 anos teve um aporte do Centro Oeste em torno de 120%. Sem essa região, o crescimento da produção teria sido em torno de 163%; mas no Centro Oeste, a produção cresceu em torno de 284% entre 1976 e 2013 (GASQUES *et al.*, 2013). Essas áreas de ocupação mais recentes são providas de uma série de atributos favoráveis à produção agropecuária em grande escala, como: áreas planas, disponibilidade de água, solos férteis e elevada insolação.

Essas áreas, especializadas na produção de culturas para exportação, proporcionaram (também conforme estimativas de Bonelli) taxas de crescimento do PIB do setor primário muitas vezes superior tanto às do PIB das respectivas regiões como às de outros setores. A relevância da pesquisa torna-se ainda evidente pelo poder de crescimento da produção e da produtividade no Brasil.

### 2.1.3 – Produtividade da mão-de-obra

O pessoal ocupado por estabelecimento apresenta uma redução de ocupação de 9,74 pessoas por estabelecimento em 1920 para 3,57 em 1970; e 3,2 pessoas por estabelecimento em 2006 (GASQUES *et al.*, 2010). Esse fenômeno pode ser explicado pelas inovações tecnológicas advindas nos

sistemas de produção, ingresso de novos produtos e alterações na política trabalhista brasileira.

O principal motivo para o desencadeamento desse fenômeno é a crescente mecanização do setor agropecuário brasileiro que vem ocorrendo desde 1920. Para melhor ilustrar esse fato, vale citar que houve uma forte queda da área de lavouras por trator de 3.893,38 hectares por trator em 1920, para 204,88 em 1970 e 72,92 em 2006 (GASQUES *et al.*, 2010). Esse indicador comprova o aumento da disponibilidade de tratores (e outros recursos técnicos) aos trabalhadores agrícolas, fazendo com que tais trabalhadores sejam mais produtivos. Além do mais, o crescimento da eficiência das máquinas e equipamentos observado nos últimos anos, certamente, foi outro fator crucial para o crescimento da produtividade do trabalho agrícola. Uma pesquisa da Embrapa (2008) aponta o crescimento da capacidade operacional de máquinas e equipamentos agrícolas e os efeitos sobre o rendimento das atividades relacionadas com o cultivo de cana-de-açúcar. Esta tendência que tem sido notada no decorrer dos últimos anos, de redução dos tratores de menor potência e ampliação na utilização de tratores de médio e grande porte, é outro ponto que contribui para o crescimento da produtividade do trabalho (ANFAVEA - Anuário Estatístico, 1972 a 2008).

Conforme apontam algumas pesquisas, também tem ocorrido o crescimento da qualificação da mão-de-obra ocupada na agricultura (DEL GROSSI, M. e GRAZIANO, J. 2006; BALSADI, 2006; DE NEGRI, 2006). Este tem sido um dos motivos do crescimento de produtividade da mão-de-obra. O processo de aperfeiçoamento dos trabalhadores ocupados contribuiu para o avanço administrativo dos estabelecimentos rurais como alguns estudos da CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil) têm indicado.

De acordo com Gasques *et al.* (2010), verifica-se que tanto no período de 1970 a 2006, como no de 1995 a 2006, a taxa de crescimento anual da produtividade da mão-de-obra foi maior que o crescimento da produtividade da terra. Isso denota que o crescimento da produtividade da mão-de-obra foi mais crucial que o crescimento da produtividade da terra para gerar o crescimento da produtividade total dos fatores, apesar da produtividade da terra interferir no crescimento da produtividade do trabalho.

O crescimento da produtividade do trabalho está relacionado, entre outros aspectos, à sua qualificação. Estudos atuais revelam que a mão-de-obra agrícola vem se beneficiando do progresso desta qualificação. De Negri *et al.* (2006, p. 34) demonstram que, embora responda pela menor qualificação do pessoal ocupado, a escolaridade média vem crescendo entre os trabalhadores rurais. Também Balsadi (2006, p. 175-176) verifica que houve avanço, nos últimos anos, do nível educacional dos trabalhadores agrícolas no Brasil. De acordo com esse autor, houve crescimento da participação dos trabalhadores alfabetizados, ou com mais de um ano de estudo, em todas as classes, assim como da participação dos trabalhadores com oito ou mais anos de estudo em todas as classes, com ênfase para os permanentes urbanos.

O perfil dos trabalhadores rurais também é um aspecto que corrobora para o crescimento da produtividade no Brasil. A maior parcela desses trabalhadores está na faixa etária entre 15 e 49 anos. Estes representam 69,2% dos trabalhadores do país (IBGE, PNAD, 2011). Este é um fator essencial na tomada de decisões e também no cumprimento de serviços mais complexos que demandam treinamentos específicos, pois as pessoas dessa faixa etária, geralmente, estão mais familiarizadas com tais decisões e treinamentos.

## **2.2 – A eficiência agrícola sob a ótica da produtividade total de fatores**

A produtividade total dos fatores (PTF)<sup>7</sup> é explicada como o crescimento da quantidade de produto que não se dá pelo crescimento da quantidade de insumos, mas sim pelos ganhos de produtividade de tais insumos. A PTF mensura a razão entre o produto total e o insumo total.

A PTF da agropecuária no Brasil exhibe dinâmica crescente nos últimos 36 anos. Em nenhum dos períodos ponderados, a PTF demonstra redução do índice. Isso induz a conclusão de que a agricultura tem se desenvolvido de modo contínuo. Conforme apontam Gasques *et al.* (2010), a PTF variou de um

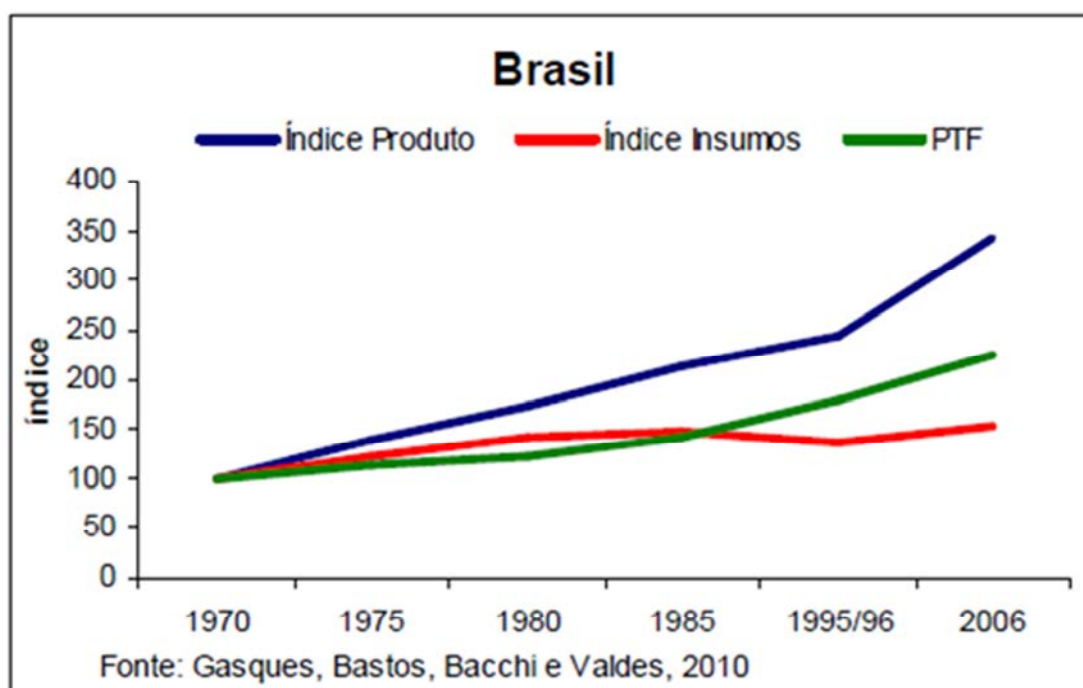
---

<sup>7</sup> Particularidades sobre os conceitos abrangidos e a elaboração do indicador podem ser observados em Jorgenson, 1996 e Christensen, 1975. Há, também, diversas notas de Eliseu Alves (s.d.) debatendo assuntos sobre produtividade.

índice 100 em 1970 para 224 em 2006, que configura um aumento de 124%. O índice de produto variou de 100 em 1970 para 343 em 2006. O índice de insumos variou de 100 para 153 entre os dois pontos de análise. Observa-se que enquanto o produto agropecuário (que é uma combinação do produto vegetal, pecuário e agroindustrial) aumentou 243% entre 1970 e 2006, a utilização de insumos aumentou 53%. Esse efeito demonstra que o crescimento da agropecuária brasileira tem-se baseado essencialmente na produtividade.

O Gráfico 4 esboça esses resultados, apresentando os índices de produto, insumos e a PTF. A distinção das linhas demonstra que até 1995 a produção agrícola brasileira era estimulada especialmente pelo crescimento na utilização de insumos. Isso pode ser observado porque a linha vermelha, dos insumos, está acima da linha verde, da produtividade total dos fatores. Esse foi, sem dúvida, um período na qual tal crescimento ocorreu a partir de novas ocupações de áreas em regiões como o Centro Oeste. Este fato também está relacionado a vultuosos subsídios direcionados ao crédito rural e a um padrão de desenvolvimento onde se colocava de modo contínuo tecnologia na agricultura (GRAZIANO DA SILVA, 1998).

**GRÁFICO 4 – Índice de Produtos, Índice Insumos e PTF.**



Analisando os resultados não mais por meio dos índices, mas por meio das taxas anuais de crescimento, constata-se que o Índice do Produto aumentou 3,48% ao ano entre 1970 e 2006. No período de 1995 a 2006, o aumento do produto foi de 3,14% ao ano. As taxas anuais de crescimento da PTF foram de 2,27% entre 1970 a 2006, e de 2,13% entre 1995 a 2006 (GASQUES *et al.*, 2010).

O crescimento do produto agropecuário, obtido por intermédio da produtividade entre 1970 e 2006, pode ser decomposto da seguinte forma: 65,0% desse crescimento ocorreu devido à elevação da produtividade total dos fatores, e 35,0% ao aumento na utilização de insumos. Entre 1995 a 2006, 68,0% do crescimento do produto agropecuário ocorreu devido ao acréscimo de produtividade, e 32,0% ao aumento na utilização de insumos (GASQUES *et al.*, 2010). Dessa forma, a produtividade tem sido o fator fundamental para o crescimento agrícola no Brasil.

O crescimento nos gastos com pesquisa influencia diretamente na produtividade. Observou-se que um crescimento de 1% nos gastos com pesquisa da Embrapa aumenta em 0,2% o índice de produtividade total dos fatores (GASQUES, BASTOS e BACCHI, 2009). Uma pesquisa da FAO (2000, p. 267) desvendou que, para os Estados Unidos, o Brasil e a Índia; a mais importante fonte de crescimento da PTF foi o aumento das pesquisas no setor público. No caso do Brasil, eles foram responsáveis por mais de 50% da evolução da pecuária, e por 30% do crescimento agregado (lavouras e pecuária). Ávila e Evenson (1995) também examinaram os efeitos da pesquisa sobre a PTF na agricultura brasileira. Ahearn *et al.* (1998) mencionaram diversos fatores que causam impactos na PTF, entre os quais a P&D.

As evidências dos países desenvolvidos indicam que, no longo prazo, a PTF na agricultura deve aumentar de 1,5% a 2,0% ao ano, dos quais de 1/3 a 2/3 serão provenientes dos investimentos em pesquisa e extensão (MURGAI, BYERLEE e ALI, 2001). Enfocando o crescimento da PTF entre 1995 e 2006 nota-se, também, considerável diferença nesse crescimento entre os estados brasileiros. No período em questão, dois estados da região Norte (Pará e Tocantins) apresentaram aumento da produtividade abaixo do aumento da PTF do Brasil. No Nordeste, somente Paraíba e Rio Grande do Norte apresentaram

crescimento da PTF abaixo da média nacional entre 1995 e 2006. No Sudeste, somente o Espírito Santo e Minas Gerais apresentaram aumento da produtividade superior ao do Brasil. No Sul, o Rio Grande do Sul e o Paraná apresentaram aumento da produtividade abaixo da média nacional, e no Centro Oeste, somente Mato Grosso apresentou aumento da PTF acima da média nacional.

Os resultados demonstram, além disso, que a PTF é crescente entre os anos 80 e o período recente, pois varia de 1,86%, na década de 1980, para 2,65% na década de 1990, e para 3,87%, ao ano, entre 2000 a 2005 (GASQUES, BASTOS e BACCHI, 2009). Analisando os componentes da PTF, entende-se que a produtividade do trabalho, a do capital e a da terra têm aumentado a taxas consideráveis, com ênfase quase sempre para a primeira; apesar que sejam também significativas as taxas de crescimento da produtividade da terra e do capital (GASQUES, BASTOS e BACCHI, 2009).

Entretanto, o que se mostrou ser mais evidente nos resultados, foi o aumento da produtividade entre 2000 a 2005, em que a taxa de crescimento da PTF foi de 3,87% ao ano. Em relação às outras taxas, a da produtividade do trabalho aumentou 5,81% ao ano; a do capital 4,67%; e a da terra 3,26%. Nesse período, a parcela da PTF para o aumento do produto foi de 64,6% (GASQUES, BASTOS e BACCHI, 2009). É válido afirmar também que nesse período, em que o crescimento mediante a utilização de insumos possui grande relevância, o crescimento do produto foi de 34,0% (GASQUES, BASTOS e BACCHI, 2009).

Observando um período de 40 anos, a produtividade total dos fatores no Brasil e na China apresentou um crescimento anual médio de 3,29%, que é a maior média entre todos os países analisados. O que explica esse crescimento é que Brasil e China executaram grandes investimentos em pesquisa e extensão durante o período estudado.

Uma importante pesquisa de Mendes, S.; Teixeira, E.C., e Salvato (2009) avaliou os resultados dos investimentos em infraestrutura sobre a produtividade total dos fatores e verificou que o investimento em rodovias obteve o maior resultado positivo sobre a PTF, acompanhado, em ordem decrescente, pelos investimentos em pesquisa, telecomunicações, irrigação e energia elétrica.

Os efeitos do estudo sobre a produtividade total dos fatores foram mais intensos que a política creditícia e as exportações do agronegócio. O crescimento de 1% nos gastos com pesquisas leva a um aumento da PTF que pode alcançar 0,35% em 10 anos; o crescimento de 1% nos desembolsos do crédito rural (custeio, investimento e comercialização) pode elevar a PTF em 0,25% e o efeito do crescimento de 1% nas exportações provoca em média um aumento de 0,14% na PTF (GASQUES *et al.*, 2013).

### **2.3 – O desenvolvimento do setor sucroalcooleiro nos últimos anos**

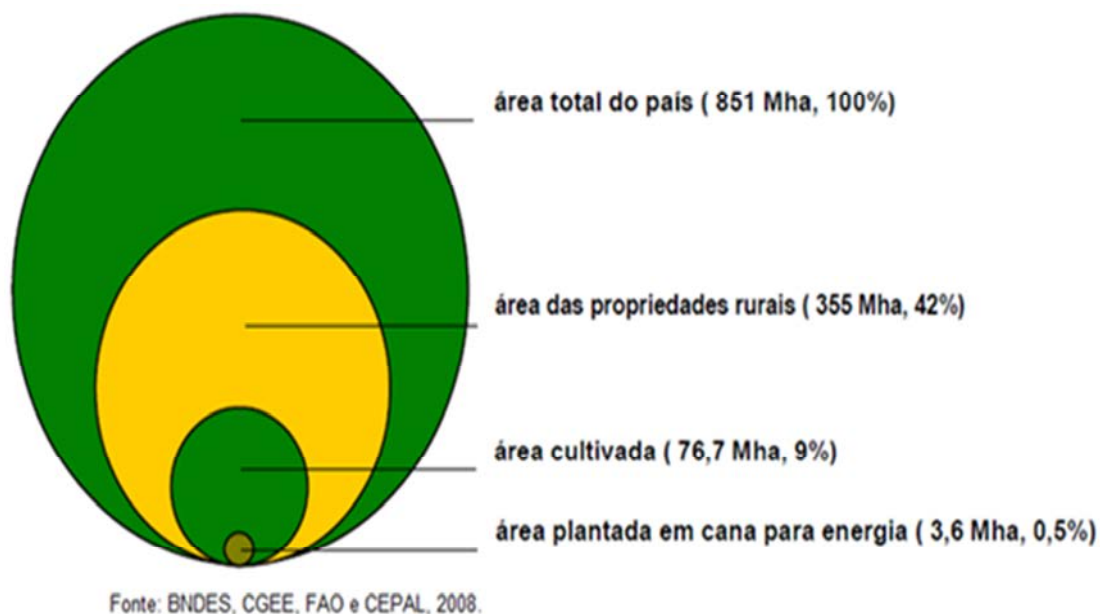
É relevante analisar que o desenvolvimento da produção de etanol e de açúcar nas últimas décadas sobreveio não somente com o crescimento da área cultivada, mas também com significativos ganhos de produtividade nas etapas agrícola e industrial, que proporcionaram acréscimos anuais acumulados de 1,4% e 1,6%, respectivamente, o que levou a uma taxa de crescimento anual de 3,1% na fabricação de etanol por hectare cultivado, ao longo de 32 anos (BNDES, CGEE, FAO E CEPAL, 2008). Devido a esses ganhos de produtividade, a área atualmente destinada ao cultivo da cana-de-açúcar para a fabricação de etanol (cerca de 3,5 milhões de hectares) é 38% da área que seria solicitada considerando a produção atual e a produtividade agroindustrial obtida na fase inicial do Proálcool, em 1975 (BNDES, CGEE, FAO E CEPAL, 2008).

Esse extraordinário ganho de produtividade, multiplicando por 2,6 o volume de etanol fabricado por área cultivada, foi obtido basicamente por meio da contínua inclusão de novas tecnologias (BNDES, CGEE, FAO E CEPAL, 2008). Como decorrência direta da melhora da produtividade, notou-se uma contínua diminuição dos custos, representando um processo de aprendizagem e consolidação análogo ao oferecido por outras tecnologias energéticas inovadoras.

No Brasil, os canaviais designados à produção de etanol correspondem a uma pequena parte das terras agrícolas e do território do país, conforme é esboçado na Figura 3. Efetivamente, a fabricação do etanol de cana não

sugere desmatamento, e provavelmente não interfere de forma significativa na produção de alimentos.

**FIGURA 3 – Uso da terra no Brasil.**



O etanol de cana-de-açúcar, fabricado nos moldes brasileiros, revela-se competitivo com o petróleo valendo US\$ 50 o barril, com um custo de produção gerado especialmente pela matéria-prima. A tecnologia adotada para sua produção está aberta e disponível, podendo ser, continuamente, implementada na agroindústria canavieira destinada à produção de açúcar. A fabricação do etanol de cana-de-açúcar ocorre no Brasil com satisfatória disponibilidade de terras; e pouco afeta a produção de alimentos ao ocupar uma pequena área se comparada à área utilizada para o cultivo de alimentos e de outras *commodities* agrícolas.

Em termos gerais, os efeitos ocasionados pela expansão dos biocombustíveis no Brasil devem incidir predominantemente no Brasil já que este país replica, na margem, tais efeitos em termos de utilizar novas áreas para a produção de culturas mais rápido que outros países exportadores. Considerando que a expansão de culturas se dá pela conversão de pastos mais que pela conversão de vegetação nativa, e que a produtividade das culturas em novas áreas é bastante parecida com as áreas consolidadas,

esses efeitos tendem a ser mais atenuados no Brasil que em outros países produtores de biocombustível. Testes com o intuito de estimar as transformações na utilização da terra confirmaram esta hipótese. Ainda que seja verdade que o processo de conversão de novas áreas seja mais intenso no Brasil que em muitos outros países, é um fato que esta declaração não seja necessariamente verdadeira para todos os setores agrícolas (MOREIRA e NASSAR, 2013).

Supostamente, se o óleo de palma é mais competitivo que o óleo de soja, e se a produção de soja for deslocada no Brasil pela produção canavieira, marginalmente um país produtor de palma deve contrabalançar o mercado deslocando a produção de óleo vegetal no Brasil. Entretanto, a produção canavieira está deslocando as pastagens no Brasil, englobando 69,7% das expansões relacionadas com o cultivo de cana-de-açúcar entre 2005 e 2009 (MOREIRA e NASSAR, 2013).

Esta conclusão torna-se mais evidente com o fato da produção brasileira de biocombustíveis se expandir continuamente. Desse modo, é razoável acreditar que boa parte dos efeitos ocasionados pela expansão do etanol de cana ocorre internamente no Brasil. Resultados recentes apontam que a reconstrução do rebanho está ocorrendo, o que elevará a produção de carne (ADAMI *et al.*, *op. cit.*).

Com a intensificação da pecuária, não há evidências que apontam efeitos expressivos fora do Brasil devido à expansão da produção canavieira. Até porque o deslocamento de pastagens no Brasil acontece em um cenário em que o crescimento da produção de carne e a redução de pastagens estão ocorrendo simultaneamente, o que leva a acreditar que tais efeitos devem ser irrisórios, se é que eles existem.

Um ponto crucial na trajetória de expansão da produção canavieira é que uma parcela dessa expansão se desloca diretamente. Observando a expansão da produção canavieira entre 2005 e 2009 no Estado de São Paulo e de 2007 a 2009 em outros estados da região centro-sul (perfazendo 3,2 milhões ha), nota-se que em 2000, 69,8% dessa área era pasto e 24,9% era voltada à produção agrícola, totalizando 94,7% de efeitos diretos gerados pela expansão da produção canavieira (ADAMI *et al.*, *op. cit.*). Essa conversão de

pasto para áreas agrícolas e, posteriormente, para a produção canavieira, é uma prática habitualmente utilizada para otimizar as propriedades físico-químicas do solo e das pastagens degradadas (ADAMI *et al.*, *op. cit.*).

O sistema peculiar no Brasil é confinar um boi durante 90 dias. A conversão alimentar neste período é em torno de 9,8 kg de ração por 1 kg de carne (equivalente ao peso da carcaça, com 55% de rendimento de carcaça). Considerando que o bagaço possui mais que o dobro da capacidade de aquecimento do que a carne bovina, a conversão é de 40 unidades de energia de bagaço por uma unidade de energia em carne. Entretanto, mesmo com esta conversão ineficiente, o valor monetário do bagaço é quase o dobro, quando ele é utilizado para a alimentação ao invés de ser usado na geração de vapor e na produção de energia elétrica. Isso ocorre porque o valor de mercado para a energia na carne é bem maior que o valor de mercado da eletricidade (MOREIRA e NASSAR, 2013).

Especificamente, no caso da produção canavieira brasileira, há duas evidências fundamentais que fazem do etanol de cana-de-açúcar um produto único se comparado a outros biocombustíveis fabricados a partir de culturas alimentares:

- (I) Em se tratando de produção energética, a cultura da cana-de-açúcar é bem mais eficiente que qualquer outra *commodity* agrícola usada atualmente para a produção de biocombustíveis. Conseqüentemente, apesar do etanol ser produzido por meio da energia de açúcares, os resíduos de cana-de-açúcar (bagaço e melaço) são totalmente usados no processo industrial;
- (II) Ao contrário de outras *commodities* alimentares, em que os biocombustíveis podem concorrer com os alimentos no mercado, o mercado de açúcar tem auxiliado a expansão do etanol no Brasil. Em relação ao etanol de cana, evidências de mercado apontam que, sem açúcar, o etanol não seria fabricado competitivamente.

Entre as principais *commodities* alimentares utilizadas na fabricação de biocombustíveis, a cana-de-açúcar é a que gera a maior quantidade de energia por hectare: 444 GJ/ha, bem maior que a quantidade de energia gerada pela beterraba e pela palma, e em torno de 6 vezes maior que a quantidade de energia gerada pelo trigo e pela semente de colza (MOREIRA e NASSAR, 2013).

Além do mais, até 15% do volume total da produção de etanol deriva de resíduos do açúcar (melaço). Nenhuma outra *commodity* alimentar é capaz de utilizar essa quantidade de resíduos para a fabricação de biocombustíveis. Por conseguinte, apesar do etanol de cana não ser um biocombustível totalmente fabricado a partir de resíduos, é alta a importância desses resíduos em seu processo de refino (MOREIRA e NASSAR, 2013).

#### **2.4 – Análise do comportamento das variáveis que compõem os mercados de alimentos e de etanol**

Se o crescimento da produção de cana-de-açúcar induzisse a um crescimento no preço da terra, e este, no preço de alimentos, então precisaria haver uma relação direta e causal entre o crescimento da produção de cana-de-açúcar, preço da terra e preço dos alimentos. Além do mais, sendo tal suposição válida, precisaria haver relação de longo prazo entre as variáveis, de forma que elas apresentariam uma dinâmica comum.

De acordo a pesquisa de Chagas (2009), os valores estimados no teste de causalidade de Granger<sup>8</sup> demonstram que não há precedência temporal da produção de cana sobre o preço da terra; porém ocorre o oposto, ou seja, é o preço da terra que causa (no sentido de Granger) a produção de cana-de-açúcar. A relação de longo prazo aferida pelo VEC<sup>9</sup> constitui uma dinâmica comum entre essas duas variáveis, embora seja não significativa estatisticamente. Sendo o coeficiente de ajustamento de curto prazo para o preço da terra estatisticamente igual a zero e, como o resultado do teste de

---

<sup>8</sup> Teste de hipótese estatística que determina o sentido causal entre duas variáveis.

<sup>9</sup> Técnica econométrica de predição conhecida como Modelo Vetorial de Correções de Erros.

causalidade de Granger está determinado, se deduz que o preço da terra é exógeno em relação à produção de cana-de-açúcar e ao preço de alimentos.

Ou seja, a ordem de causalidade determinada não admite assegurar que um crescimento na produção de cana-de-açúcar afete positivamente o preço da terra, apesar das variáveis possuírem uma tendência de mesmo sentido. Exclusivamente, em se tratando do preço de alimentos, se deduz que existe relação de longo prazo entre essa variável e a produção de cana-de-açúcar, todavia em sentido oposto ao que seria aguardado se fosse verdadeira a indagação de que a produção de cana-de-açúcar eleva o preço de alimentos. Essa estimativa é robusta caso a série usada para mensurar o preço de alimentos ao consumidor for alterada. O argumento, contudo, mostra-se adequado com relação ao preço de itens alimentícios no atacado (CHAGAS, 2009).

Essa divergência entre preços ao consumidor e preço no atacado ocorre, provavelmente, porque no atacado os preços seguem categoricamente as determinações em relação à produção, enquanto os preços ao consumidor estão sujeitos também à trajetória industrial e às inovações tecnológicas, que podem atenuar as consequências casuais de realocação da utilização da terra.

É plausível que a hipótese de que o crescimento da produção de cana-de-açúcar possa definir o preço da terra provenha mais da conjuntura recente, em que a produção agrícola de todas as *commodities* se eleva, seguindo o crescimento da procura por itens agrícolas devido ao crescimento na renda mundial (principalmente a renda de países carentes e populosos como China e Índia). É esta oscilação que pode afetar o preço da terra – e não o crescimento da produção de uma única *commodity*. Se isso é fato, não seria o crescimento da produção de cana-de-açúcar a afetar o preço da terra, mas o crescimento da procura por produtos agrícolas e a competição entre essas *commodities* que levariam ao aumento do preço da terra (CHAGAS, 2009).

Outro estudo (CAMPOS, 2010) analisou os fatores que interferiram nos preços internacionais do açúcar e do petróleo entre 2000 e 2009 (período marcado por intensa expansão da liquidez internacional, juros baixos e de razoável crescimento econômico), e concluiu que os preços das *commodities*

(principalmente no caso do açúcar) se elevaram de forma contínua e cessaram apenas devido à crise de 2008.

Campos (2010) identificou intenso vínculo entre as dinâmicas dos preços internacionais do açúcar, do petróleo e das *commodities* (em termos gerais) com a presença de erros de previsão ao nível de 30%. Foi analisado, por exemplo, que a considerável elevação nesses preços em 2005/06 ocorreu devido à elevação do preço do petróleo e a uma elevação dos juros (custos de estoque); e que a grande alta nos preços de 2008/09 foi causada também pela elevação do preço do petróleo e pela redução nos juros adotados durante a crise financeira mundial<sup>10</sup>.

Em relação ao preço do açúcar no mercado brasileiro, pode-se afirmar que sua dinâmica foi determinada pela trajetória do preço internacional do açúcar e do câmbio, com erros de previsão no patamar dos 20%. Em 2002/03, a intensa elevação no preço interno do açúcar ocorreu devido à elevação no câmbio e nos preços internacionais das *commodities*. A elevação no preço do açúcar em 2005/06 deveu-se à alta nos preços das *commodities* e tal elevação em 2008/09 foi causada pela desvalorização cambial. Diante desta situação, torna-se bastante reduzida a capacidade dos agentes importadores e exportadores em influenciar os preços das *commodities* (CAMPOS, 2010).

Em se tratando do preço nacional do etanol, o preço internacional e interno do açúcar influencia de modo razoável, com erros de previsão no patamar dos 40%. Como o etanol é uma *commodity* menos comercializada no mercado externo, suscitou-se a hipótese de que o preço do etanol seja mais influenciado por fatores peculiares desse mercado como clima, escassez de crédito interno e quantidade de automóveis projetados para consumir etanol. Entretanto, compreende-se que o setor sucroenergético está inserido de modo consistente nos mercados internacionais das *commodities* (CAMPOS, 2010).

O comportamento das variáveis do mercado de etanol e de açúcar também depende dos panoramas aos quais tais mercados estão inseridos. Considerando este aspecto, Bellinghini (2012) estudou dois panoramas. O primeiro panorama estudado procurou analisar se o mercado futuro de etanol

---

<sup>10</sup> Observe que os juros interferem de modo ambíguo em um mesmo mercado com cenários diferentes.

brasileiro está sujeito a sofrer contágio, enquanto o segundo salientou peculiaridades do mercado físico de etanol, com ênfase na elevada correlação com o mercado físico de açúcar.

Após a execução dos modelos, quando analisado o primeiro panorama; os resultados encontrados demonstram que os choques ocorridos no milho e no etanol não são provenientes de choques sobre o preço internacional do petróleo, não sugerindo padrão de interdependência entre as variáveis em questão. No segundo panorama, nos anos de 2008 a 2009, o choque identificado no preço internacional do petróleo, levou a uma transformação no comportamento de sua variância condicional, e posteriormente, afetou o mercado futuro e físico do açúcar; ressaltando que nesse último mercado tal impacto foi menos intenso (BELLINGHINI, 2012). Desse modo, conforme analisado no estudo de Serra e Zilberman (2009), os resultados obtidos por meio da modelagem do comportamento da variância condicional e da correlação condicional temporal das variáveis examinadas para o segundo panorama apoiam o comportamento esperado de contágio.

Sendo assim, nota-se que perante as instabilidades econômicas, a independência entre mercados os expõe às propagações de choques, que antes não abalariam tais estruturas.

## CAPÍTULO 3

### CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA ADOTADA

Para testar a hipótese principal e a hipótese alternativa desta dissertação, é necessário que as trajetórias de determinadas variáveis referentes à produção da cana-de-açúcar, que é a principal *commodity* utilizada para produzir o etanol no Brasil; sejam comparadas com determinadas variáveis referentes à produção de alimentos. A realização de alguma tentativa de comparação entre trajetórias de variáveis exige algum método que possibilite identificar o modo e a intensidade que determinadas variáveis reagem diante do comportamento de outras variáveis.

Há diversos métodos que podem ser utilizados em tais casos. A escolha do método adequado depende de fatores como o tipo de dados que estão sendo utilizados no modelo e o tipo de informação que será produzida nesta comparação entre variáveis. Para determinar a melhor metodologia a ser adotada neste estudo, se faz necessário analisar em primeiro momento tais fatores.

#### 3.1 – Fatores que determinam a escolha do método adotado

##### 3.1.1 – Tipo de dados

Conforme foi apresentado na introdução desta dissertação, os dados utilizados neste estudo são séries históricas anuais referentes à área de cultivo e à quantidade produzida de cana-de-açúcar e de *commodities* alimentares<sup>11</sup> como arroz, feijão, milho e soja no período de 2000 a 2012, conforme é demonstrado na tabela 2. Esses dados são classificados como séries temporais<sup>12</sup>, e em métodos econométricos, as séries temporais utilizadas em

---

<sup>11</sup> Essas *commodities* foram escolhidas por representarem de modo significativo as principais opções alimentares de produção e consumo no Brasil.

<sup>12</sup> Gujarati (2000) define séries temporais como “conjuntos de observações dos valores que uma variável assume em diferentes momentos”.

um modelo devem ser estacionárias<sup>13</sup> para que possam ter alguma utilidade empírica.

**TABELA 2 – Área e produção de cana-de-açúcar e de commodities alimentares do Brasil no período de 2000 a 2012.**

ÁREA (em mil hectares)					
ANO	Cana-de-açúcar	Arroz	Feijão	Milho	Soja
2000	4.879,84	3.248,60	3.878,70	12.972,50	13.969,80
2001	5.022,49	3.219,60	4.269,70	12.297,80	16.386,20
2002	5.206,66	3.186,10	4.378,70	13.226,20	18.474,80
2003	5.377,22	3.654,40	4.287,40	12.783,00	21.375,80
2004	5.633,70	3.916,30	3.949,20	12.208,20	23.301,10
2005	5.815,15	3.017,83	4.223,60	12.963,90	22.749,40
2006	6.392,85	2.967,42	4.087,77	14.054,90	20.686,80
2007	7.086,85	2.875,00	3.993,00	14.765,70	21.313,10
2008	8.210,88	2.909,00	4.147,80	14.171,80	21.743,10
2009	8.845,83	2.764,80	3.608,80	12.993,90	23.467,90
2010	9.164,76	2.820,30	3.990,00	13.806,10	24.181,00
2011	9.616,62	2.426,70	3.262,05	15.178,10	25.042,20
2012	9.752,33	2.390,90	3.111,00	15.821,90	27.729,10
Fontes	1	2			
PRODUÇÃO (em mil toneladas)					
ANO	Cana-de-açúcar	Arroz	Feijão	Milho	Soja
2000	256.817,53	10.386,00	2.592,38	42.289,70	38.431,80
2001	293.042,00	10.626,10	2.983,00	35.266,80	42.230,00
2002	320.650,08	10.367,10	3.205,00	47.410,90	52.017,50
2003	358.762,17	12.960,39	2.978,30	42.128,50	49.792,70
2004	385.199,14	13.355,03	3.045,50	35.006,70	52.304,60
2005	385.128,63	11.721,74	3.471,20	42.514,90	55.027,10
2006	427.657,65	11.315,90	3.339,70	51.369,90	58.391,80
2007	495.723,28	12.074,00	3.520,90	58.652,30	60.017,70
2008	569.215,63	12.602,50	3.490,60	51.003,80	57.165,50
2009	602.193,19	11.660,90	3.322,50	56.018,10	68.688,20
2010	620.408,67	13.613,10	3.732,80	57.406,90	75.324,30
2011	559.215,38	11.599,50	2.918,40	72.979,50	66.383,00
2012	588.477,82	11.746,60	2.832,00	81.007,20	81.479,80
Fontes	1	2			

Fontes: 1 – UNICA (2014); 2 – Conab (2013).

<sup>13</sup> Gujarati (2000) define série estacionária como “série em que suas médias e variância são constantes ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos de tempo depender apenas da distância ou defasagem entre os dois períodos, e não do período de tempo efetivo em que a covariância é calculada”.

A presença de estacionariedade deve ser testada nas séries históricas da tabela 2. Para isso, será utilizado o teste de Dickey-Fuller Aumentado<sup>14</sup> conforme é demonstrado na tabela 3; escolhendo a melhor quantidade de defasagens a ser utilizada por meio do critério de Schwarz<sup>15</sup> e sendo a 3ª defasagem<sup>16</sup> a ordem máxima de defasagem para tal escolha.

**TABELA 3 - Testes de Dickey-Fuller Aumentado para as séries da tabela 2.**

Commodity	ÁREA			PRODUÇÃO		
	Número de defasagens	Testes dos p-valores		Número de defasagens	Testes dos p-valores	
		c/ constante	c/ const. e tendência		c/ constante	c/ const. e tendência
Cana-de-açúcar	1	0,8123	0,2637	3	0,9563	0,005336
Arroz	1	0,825	3,09E-07	2	0,0001361	0,04583
Feijão	2	0,9997	1	1	0,3776	0,9998
Milho	2	0,9511	0,0445	3	0,9973	0,458
Soja	1	0,8213	0,3525	2	0,9934	0,04304

Fonte: Elaborado pelo autor com a ajuda do software Gretl 1.9.12.

Por intermédio dos p-valores obtidos, pode ser observado que tanto no grupo das séries referentes à área de cultivo como no grupo das séries referentes à quantidade produzida de cana-de-açúcar e de *commodities* alimentares existem séries não-estacionárias ao nível de significância estatística de 10% (p-valor > 0,1) em ambos os testes: com constante e com constante e tendência.

Mesmo havendo séries não-estacionárias nos dois grupos, pode ser que tais séries em cada grupo sejam co-integradas<sup>17</sup>, o que viabiliza a utilização empírica dessas séries. Para saber se existe tal co-integração, foi realizado o teste de Engle-Granger<sup>18</sup> (com a ajuda do *software* Gretl 1.9.12) em cada grupo, utilizando as séries referentes à área de cultivo e à quantidade

<sup>14</sup> Procedimento que detecta a presença de raízes unitárias em séries temporais, possibilitando determinar se tais séries são estacionárias (GUJARATI, 2000).

<sup>15</sup> Teste formal que propõe determinar a duração da defasagem em um modelo de defasagem distribuída (GUJARATI, 2000).

<sup>16</sup> Foi interpretado pelo autor como suficiente o fato da 3ª defasagem ser a ordem máxima de defasagem, considerando que as séries que estão sendo testadas são anuais e contam apenas com 13 observações.

<sup>17</sup> As séries são co-integradas quando os resíduos da regressão das variáveis que representam tais séries são estacionários (GUJARATI, 2000).

<sup>18</sup> Procedimento que utiliza a técnica do teste de Dickey-Fuller para identificar uma possível co-integração entre variáveis (GUJARATI, 2000).

produzida de cana-de-açúcar como variável dependente na regressão<sup>19</sup> de co-integração.

No grupo das séries referentes à área de cultivo de cana-de-açúcar e de *commodities* alimentares, e no grupo das séries referentes à quantidade produzida de cana-de-açúcar e de *commodities* alimentares, os p-valores do referido teste foram 0,9841 e 0,7688; respectivamente. Isso indica que as séries não são co-integradas em ambos os grupos.

Sendo que neste trabalho existem séries históricas não-estacionárias, e que nos grupos mencionados as séries não são co-integradas, será necessário analisar a possibilidade de diferenciar as séries não-estacionárias até se tornarem estacionárias. Entretanto, o procedimento de diferenciação leva à perda de informações referentes a choques aleatórios (BOX e JENKINS, 1976). Considerando que as séries analisadas neste estudo são dados derivados de resultados no setor agrário, e que a ocorrência de choques aleatórios são bastante comuns nesse setor; conclui-se que utilizar a técnica da diferenciação nesse caso, mesmo que por meio de um modelo ARIMA<sup>20</sup> (modelo autorregressivo integrado de médias móveis), pode comprometer a qualidade empírica deste estudo. A existência da forma do modelo ARIMA para choques aleatórios poderia sanar tal problema, mas pelo fato desses choques provavelmente não serem determinísticos<sup>21</sup> e a identificação de tais choques exigirem uma modelagem mais complexa, que vai além do escopo desta pesquisa, essa alternativa torna-se inviável.

---

<sup>19</sup> A regressão possui constante e termo de tendência em ambos os grupos, pois esse foi o formato que apresentou os menores valores nos critérios de Akaike, Schwarz e Hannan-Quinn. A ordem máxima de defasagem utilizada na regressão foi a 3ª, pelo mesmo motivo apresentado anteriormente quando os testes Dickey-Fuller Aumentado foram realizados individualmente para cada série.

<sup>20</sup> Modelo utilizado em séries não-estacionárias que equivale ao modelo ARMA com um processo de diferenças incorporado (GUJARATI, 2000).

<sup>21</sup> Um conjunto de dados é determinístico quando possui um padrão sistemático (GUJARATI, 2000).

### 3.1.2 – Tipo de informação a ser produzida

O teste da principal hipótese desta dissertação necessita de uma metodologia que possibilite a comparação de desempenho entre variáveis com o mesmo tipo de dado, sendo uma referente à cana-de-açúcar e outra referente a uma das *commodities* alimentares utilizadas neste estudo; e que não apresente os problemas descritos na seção anterior sobre a questão da não-estacionariedade das séries históricas já apresentadas. Uma metodologia baseada no conceito da elasticidade pode atender a esses requisitos.

O método da elasticidade (palavra que significa sensibilidade) mensura o quanto uma determinada variável é sensível às oscilações em outra variável. Tal conceito, que foi exposto pelo economista inglês Alfred Marshall em 1890 por meio de sua obra *Principles of economics*, pode ser entendido da seguinte forma:

Genericamente, o termo elasticidade é uma medida de resposta, que compara a mudança percentual em uma variável dependente (Y) devido a uma mudança percentual em uma variável explicativa (X). Em outras palavras, sempre que houver duas variáveis relacionadas entre si, é possível calcular a elasticidade. (MENDES, 2005, p. 56).

Ainda em relação à metodologia da elasticidade, Cordeiro (2006) aponta alguns pontos relevantes a serem considerados, tais como:

- Aplicabilidade: comparação simultânea de duas ou mais elasticidades sobre um mesmo nicho;
- Multiplicidade: concepção de uma cadeia de comparações entre duas variáveis.
- Ponderabilidade: necessidade do uso de dados confiáveis para o cômputo da elasticidade para que o mesmo não se torne comprometido.

Entretanto, tal método compara duas variáveis desde que essas se encontrem em um mesmo ponto do tempo, e esse não é o caso da presente pesquisa. Vale lembrar que os dados utilizados neste estudo se tratam de séries históricas. Somente será possível a utilização do método da elasticidade se tais dados passarem por alguma transformação com o intuito de adaptá-los de acordo com esse método.

Um modo de realizar tal adaptação que pode ser proposto seria transformar toda uma série temporal em apenas um valor que a represente de forma legítima. A média dessas séries poderia ser esse valor, pois transformar tal série em um valor médio a tornaria constante ao longo do tempo e eliminaria determinados problemas como a presença da estacionariedade.

Pelo fato de se pretender nesta dissertação comparar o desempenho de variáveis em um intervalo de tempo somente para obter uma informação homogênea para todo um período, sem a necessidade de obter detalhes em relação às oscilações de desempenho ocorridas durante tal intervalo de tempo, a utilização de valores médios para representar séries históricas nas fórmulas de elasticidade mostra-se suficiente para alcançar o objetivo desta dissertação.

Definindo que a técnica da elasticidade será a metodologia adotada neste estudo, e que as variáveis inseridas nas fórmulas de elasticidade serão os valores médios já conceituados, resta aplicar tal metodologia para gerar os resultados necessários para o teste da hipótese principal desta pesquisa.

### **3.2 – Aplicação da metodologia adotada**

Sendo que o conceito da elasticidade já foi bem explicitado, e a utilização de tal metodologia e de suas variáveis definidas; compete neste momento apresentar como se dará a aplicação da referida metodologia neste estudo.

Mas antes, vale ressaltar que em relação às séries referentes à quantidade produzida de cana-de-açúcar e de *commodities* alimentares, se poderia obter dados mais adequados. Dados como séries históricas referentes

à produtividade nos setores de cana-de-açúcar e de *commodities* alimentares são mais eficazes em demonstrar o nível de eficiência produtiva em determinado setor, tornando esses dados mais alinhados com o propósito desta pesquisa.

Para obter esses dados, basta dividir cada dado das séries referentes à quantidade produzida no período  $t$  por cada dado das séries referentes à área de cultivo no período  $t$ , resultando nas séries referentes à produtividade. Na tabela 4 encontram-se as séries que realmente serão utilizadas na aplicação da metodologia adotada.

**TABELA 4 - Área e produtividade de cana-de-açúcar e de *commodities* alimentares do Brasil no período de 2000 a 2012.**

ÁREA (em mil hectares)					
ANO	Cana-de-açúcar	Arroz	Feijão	Milho	Soja
2000	4.879,84	3.248,60	3.878,70	12.972,50	13.969,80
2001	5.022,49	3.219,60	4.269,70	12.297,80	16.386,20
2002	5.206,66	3.186,10	4.378,70	13.226,20	18.474,80
2003	5.377,22	3.654,40	4.287,40	12.783,00	21.375,80
2004	5.633,70	3.916,30	3.949,20	12.208,20	23.301,10
2005	5.815,15	3.017,83	4.223,60	12.963,90	22.749,40
2006	6.392,85	2.967,42	4.087,77	14.054,90	20.686,80
2007	7.086,85	2.875,00	3.993,00	14.765,70	21.313,10
2008	8.210,88	2.909,00	4.147,80	14.171,80	21.743,10
2009	8.845,83	2.764,80	3.608,80	12.993,90	23.467,90
2010	9.164,76	2.820,30	3.990,00	13.806,10	24.181,00
2011	9.616,62	2.426,70	3.262,05	15.178,10	25.042,20
2012	9.752,33	2.390,90	3.111,00	15.821,90	27.729,10
Fontes	1	2			
PRODUTIVIDADE (toneladas/hec.)					
ANO	Cana-de-açúcar	Arroz	Feijão	Milho	Soja
2000	52,6283	3,1971	0,6684	3,2599	2,7511
2001	58,3460	3,3004	0,6986	2,8677	2,5772
2002	61,5846	3,2539	0,7320	3,5846	2,8156
2003	66,7189	3,5465	0,6947	3,2957	2,3294
2004	68,3741	3,4101	0,7712	2,8675	2,2447
2005	66,2285	3,8842	0,8219	3,2795	2,4188
2006	66,8963	3,8134	0,8170	3,6549	2,8227
2007	69,9497	4,1997	0,8818	3,9722	2,8160
2008	69,3246	4,3322	0,8416	3,5990	2,6291

2009	68,0765	4,2176	0,9207	4,3111	2,9269
2010	67,6951	4,8268	0,9355	4,1581	3,1150
2011	58,1510	4,7799	0,8947	4,8082	2,6508
2012	60,3423	4,9130	0,9103	5,1199	2,9384
Fonte	Elaborado pelo autor.				

Fontes: 1 – UNICA (2014); 2 – Conab (2013).

Vale citar que as mesmas afirmativas realizadas (no tópico 3.1.1 deste capítulo) em relação às séries referentes à quantidade produzida e à área de cultivo sobre o tipo de dados na qual são classificadas, servem para as séries referentes à produtividade. Isso porque, de acordo com a propriedade das séries integradas apresentada por Gujarati (2006):

$$\text{Se } X_t \sim I(d_1) \text{ e } Y_t \sim I(d_2) \Rightarrow Z_t = (aX_t + bY_t) = I(d_2), \text{ onde } d_1 < d_2;$$

Sendo neste estudo:

$X_t$  = séries referentes à quantidade produzida;

$Y_t$  = séries referentes à área de cultivo;

$Z_t$  = séries referentes à produtividade;

$d$  = ordem de diferenciação;

$I(d)$  = série integrada de ordem  $d$ ;

$a = 1/Y_t$  e  $b = 0$ ;

as séries referentes à produtividade não são estacionárias.

As fórmulas das elasticidades que serão utilizadas nesta pesquisa são estruturadas da seguinte forma:

$$Em_{qi} = (\Delta m_{qi}/m_{qi})/(\Delta m_{qc}/m_{qc}), \text{ e } Em_{pi} = (\Delta m_{pi}/m_{pi})/(\Delta m_{pc}/m_{pc}); \text{ onde:}$$

$Em_{qi}$  = elasticidade de  $m_{qi}$  em relação a  $m_{qc}$ ;

$Em_{pi}$  = elasticidade de  $m_{pi}$  em relação a  $m_{pc}$ ;

$m_{qi}$  = média da área utilizada no cultivo da cultura  $i$  no período de 2000 a 2012;

$m_{qc}$  = média da área utilizada no cultivo da cana-de-açúcar no período de 2000 a 2012;

$m_{pi}$  = média da produtividade no cultivo da cultura  $i$  no período de 2000 a 2012;

$m_{pc}$  = média da produtividade no cultivo da cultura  $i$  no período de 2000 a 2012;

$i$  = qualquer uma das seguintes culturas: arroz, feijão, milho e soja;

$\Delta$  = variação da variável.

As variações ( $\Delta$ ) das variáveis apresentadas nas fórmulas acima são obtidas por meio das médias das primeiras diferenças das séries encontradas na tabela 4, conforme é apresentado na tabela abaixo:

**TABELA 5 – Variação anual da área e da produtividade da cana-de-açúcar e das *commodities* alimentares do Brasil no período de 2000 a 2012.**

VARIAÇÃO DA ÁREA					
Var. anual	Cana-de-açúcar	Arroz	Feijão	Milho	Soja
2000-2001	142,649	-29	391	-674,7	2416,4
2001-2002	184,166	-33,5	109	928,4	2088,6
2002-2003	170,56	468,3	-91,3	-443,2	2901
2003-2004	256,484	261,9	-338,2	-574,8	1925,3
2004-2005	181,451	-898,474	274,4	755,7	-551,7
2005-2006	577,695	-50,4085	-135,832	1091	-2062,6
2006-2007	694,005	-92,4175	-94,768	710,8	626,3
2007-2008	1124,026	34	154,8	-593,9	430
2008-2009	634,956	-144,2	-539	-1177,9	1724,8
2009-2010	318,923	55,5	381,2	812,2	713,1
2010-2011	451,859	-393,6	-727,95	1372	861,2
2011-2012	135,713	-35,8	-151,05	643,8	2686,9
Fonte	Elaborado pelo autor.				
VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE					
Var. anual	Cana-de-açúcar	Arroz	Feijão	Milho	Soja
2000-2001	5,7177	0,1034	0,0303	-0,3922	-0,1739
2001-2002	3,2387	-0,0466	0,0333	0,7169	0,2384

2002-2003	5,1343	0,2927	-0,0373	-0,2890	-0,4862
2003-2004	1,6552	-0,1364	0,0765	-0,4282	-0,0847
2004-2005	-2,1456	0,4741	0,0507	0,4120	0,1741
2005-2006	0,6678	-0,0708	-0,0049	0,3755	0,4038
2006-2007	3,0534	0,3863	0,0648	0,3173	-0,0067
2007-2008	-0,6251	0,1326	-0,0402	-0,3732	-0,1869
2008-2009	-1,2481	-0,1146	0,0791	0,7121	0,2978
2009-2010	-0,3814	0,6092	0,0149	-0,1530	0,1881
2010-2011	-9,5441	-0,0469	-0,0409	0,6501	-0,4642
2011-2012	2,1913	0,1331	0,0157	0,3117	0,2876
Fonte	Elaborado pelo autor.				

Os valores médios calculados com base nas tabelas 4 e 5, e que serão inseridos nas fórmulas de elasticidade  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$ ; são apresentados na tabela abaixo:

**TABELA 6 – Valores médios referentes ao Brasil que serão inseridos nas fórmulas de elasticidade  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  desta pesquisa.**

MÉDIA DO PERÍODO 2000 - 2012				
<i>Commodities</i>	ÁREA	PRODUTIVIDADE	VAR. ÁREA	VAR. PRODUTIVIDADE
Cana-de-açúcar	7000,396923	64,17813592	406,0405833	0,642836247
Arroz	3030,534115	3,974991596	-71,475	0,142997982
Feijão	3937,516769	0,814472732	-63,975	0,020162991
Milho	13634,15385	3,752182873	237,45	0,154999288
Soja	21570,79231	2,695058809	1146,608333	0,015613257

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.3 – Requisito para a adoção da metodologia em questão

Após a obtenção dos resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$ , é indispensável definir o modo como se dará a análise desses resultados para saber se estes são favoráveis ou não à validação da hipótese principal desta pesquisa. Sendo assim, a utilização de dados com o intuito de estabelecer marcos de comparação para tais resultados podem ajudar nessa análise. E os resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  em relação ao estado de São Paulo poderiam ser esses dados pelo seguinte motivo: adotando o pressuposto de

que a disponibilidade de terras para a expansão de culturas é bem menor no estado de São Paulo que no Brasil, todo aumento na produção agropecuária paulista tende a ser melhor explicada por ganhos de eficiência produtiva.

Esse pressuposto é baseado na seguinte informação: De acordo com a *Brasilagro apud* Embrapa/FNP (2013), dos 304 milhões de hectares de terras disponíveis para a prática da agropecuária no Brasil; 183,7 milhões de hectares (60,43%) são efetivamente utilizados para tal fim. E de acordo com Barros *apud* Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI e IEA (2010), dos 20,5 milhões de hectares de terras disponíveis para a prática da agropecuária no estado de São Paulo; 16,036 milhões de hectares (78,21%) são efetivamente utilizados para tal fim. Dessa forma, observa-se que a taxa de utilização, em termos relativos, das terras disponíveis para a prática da agropecuária é maior no estado de São Paulo que no Brasil.

Se as elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  referentes ao estado de São Paulo apresentarem um padrão similar às elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  referentes ao Brasil, torna-se evidente que a expansão conjunta não conflituosa entre a produção de etanol e a produção de alimentos é impulsionada pelo aumento da eficiência no setor agropecuário. Caso contrário, torna-se provável que tal expansão ocorre por meio da utilização de terras agrícolas ociosas que antes eram inexploradas (ocupadas por vegetação nativa).

Logo abaixo se encontram as tabelas contendo as mesmas variáveis utilizadas para a geração dos resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  em relação ao Brasil, mas com os dados referentes ao estado de São Paulo; pois a metodologia adotada para gerar tais resultados será a mesma que foi utilizada no caso brasileiro. Na tabela 7 são apresentados os dados do período de 2000 a 2012 referentes à área, produção e produtividade das mesmas *commodities* que estão sendo objetos de estudo em relação ao Brasil (as mesmas que são encontradas nas tabelas 2 e 4). Na tabela 8 são apresentadas as variações anuais das séries presentes na tabela 7. E na tabela 9 são exibidos os valores médios das séries encontradas nas tabelas 7 e 8.

**TABELA 7 – Área, produção e produtividade da cana-de-açúcar e das commodities alimentares do estado de São Paulo no período de 2000 a 2012.**

ÁREA (em mil hectares)					
ANO	Cana-de-açúcar	Arroz	Feijão	Milho	Soja
2000	2.484,79	53,20	229,90	1.144,20	530,00
2001	2.567,18	40,60	223,50	1.083,50	577,70
2002	2.661,62	37,80	213,40	1.091,00	615,30
2003	2.817,60	35,20	184,30	1.058,10	761,10
2004	2.951,80	34,00	164,20	1.066,80	772,50
2005	3.084,75	28,90	191,10	1.049,40	656,60
2006	3.498,27	24,60	192,30	957,60	538,40
2007	3.890,41	22,60	178,90	966,00	526,00
2008	4.541,51	21,50	186,30	917,40	531,30
2009	4.977,08	16,40	180,60	879,50	572,20
2010	5.071,21	16,80	167,00	899,10	612,80
2011	5.216,49	18,90	163,80	891,90	582,20
2012	5.172,61	19,40	120,10	916,00	637,00
Fontes	1	2			
PRODUÇÃO (em mil toneladas)					
ANO	Cana-de-açúcar	Arroz	Feijão	Milho	Soja
2000	148.256,44	101,10	298,71	4.207,00	1.378,00
2001	176.574,25	110,80	296,70	3.941,70	1.571,30
2002	192.486,64	103,50	250,80	4.553,40	1.735,10
2003	207.810,46	105,60	303,10	4.499,60	1.815,20
2004	230.166,87	101,70	250,60	3.984,50	1.730,40
2005	242.828,82	83,52	287,10	4.260,90	1.654,60
2006	264.338,70	70,60	313,90	3.982,20	1.437,50
2007	296.242,81	81,90	277,10	4.673,40	1.446,50
2008	346.292,97	75,30	324,80	4.274,20	1.306,50
2009	361.260,73	63,50	318,60	4.540,30	1.586,10
2010	359.502,68	64,90	348,00	4.327,00	1.708,50
2011	304.229,86	82,20	330,90	4.901,20	1.597,60
2012	329.922,74	86,90	235,60	5.200,70	2.051,10
Fontes	1	2			
PRODUTIVIDADE (toneladas/hec.)					
ANO	Cana-de-açúcar	Arroz	Feijão	Milho	Soja
2000	59,6656	1,9004	1,2993	3,6768	2,6000
2001	68,7815	2,7291	1,3275	3,6379	2,7199
2002	72,3194	2,7381	1,1753	4,1736	2,8199
2003	73,7543	3,0000	1,6446	4,2525	2,3850
2004	77,9750	2,9912	1,5262	3,7350	2,2400
2005	78,7191	2,8900	1,5024	4,0603	2,5200

2006	75,5628	2,8699	1,6323	4,1585	2,6699
2007	76,1469	3,6239	1,5489	4,8379	2,7500
2008	76,2506	3,5023	1,7434	4,6590	2,4591
2009	72,5849	3,8720	1,7641	5,1624	2,7719
2010	70,8910	3,8631	2,0838	4,8126	2,7880
2011	58,3208	4,3492	2,0201	5,4952	2,7441
2012	63,7826	4,4794	1,9617	5,6776	3,2199
Fonte	Elaborado pelo autor.				

Fontes: 1 – UNICA (2014); 2 – Conab (2013).

**TABELA 8 – Variação anual da área e da produtividade da cana-de-açúcar e das *commodities* alimentares do estado de São Paulo no período de 2000 a 2012.**

VARIÇÃO DA ÁREA					
Var. anual	Cana-de-açúcar	Arroz	Feijão	Milho	Soja
2000-2001	82,388	-12,6	-6,4	-60,7	47,7
2001-2002	94,442	-2,8	-10,1	7,5	37,6
2002-2003	155,984	-2,6	-29,1	-32,9	145,8
2003-2004	134,200	-1,2	-20,1	8,7	11,4
2004-2005	132,948	-5,1	26,9	-17,4	-115,9
2005-2006	413,513	-4,3	1,2	-91,8	-118,2
2006-2007	392,149	-2,0	-13,4	8,4	-12,4
2007-2008	651,095	-1,1	7,4	-48,6	5,3
2008-2009	435,568	-5,1	-5,7	-37,9	40,9
2009-2010	94,128	0,4	-13,6	19,6	40,6
2010-2011	145,286	2,1	-3,2	-7,2	-30,6
2011-2012	-43,880	0,5	-43,7	24,1	54,8
Fonte	Elaborado pelo autor.				
VARIÇÃO DA PRODUTIVIDADE					
Var. anual	Cana-de-açúcar	Arroz	Feijão	Milho	Soja
2000-2001	9,1159	0,8287	0,0282	-0,0389	0,1199
2001-2002	3,5379	0,0090	-0,1523	0,5357	0,1000
2002-2003	1,4350	0,2619	0,4693	0,0789	-0,4350
2003-2004	4,2207	-0,0088	-0,1184	-0,5175	-0,1450
2004-2005	0,7441	-0,1012	-0,0238	0,3253	0,2800
2005-2006	-3,1563	-0,0201	0,1300	0,0982	0,1500
2006-2007	0,5841	0,7540	-0,0834	0,6794	0,0801
2007-2008	0,1038	-0,1216	0,1945	-0,1789	-0,2909
2008-2009	-3,6657	0,3696	0,0207	0,5033	0,3129
2009-2010	-1,6939	-0,0089	0,3197	-0,3498	0,0161
2010-2011	-12,5702	0,4861	-0,0637	0,6826	-0,0439
2011-2012	5,4618	0,1302	-0,0584	0,1824	0,4759
Fonte	Elaborado pelo autor.				

**TABELA 9 – Valores médios referentes ao estado de São Paulo que serão inseridos nas fórmulas de elasticidade  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  desta pesquisa.**

MÉDIA DO PERÍODO 2000 - 2012				
<i>Commodities</i>	ÁREA	PRODUTIVIDADE	VAR. ÁREA	VAR. PRODUTIVIDADE
Cana-de-açúcar	3764,255385	71,13495285	223,9850833	0,343087557
Arroz	28,45384615	3,29296031	-2,816666667	0,214917125
Feijão	184,2615385	1,633054776	-9,15	0,055198458
Milho	993,8846154	4,487649692	-19,01666667	0,166734611
Soja	608,7	2,668288202	8,916666667	0,051661434

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para utilizar os resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  referentes ao estado de São Paulo, é necessário verificar se tais resultados são parâmetros comparadores aptos para a função de definir se os resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  referentes ao Brasil são favoráveis ou não à validação da hipótese principal desta pesquisa. Isso porque diferenças consideráveis nos custos de oportunidade na produção agrícola do estado de São Paulo em relação a tais custos referentes ao Brasil faz com que haja diferenças entre essas regiões em relação ao estímulo em utilizar terras agrícolas e em produzir nelas. Se ocorrer essa diferença, padrões distintos de produtividade não poderão ser explicados somente por meio de diferenças na eficiência técnica, e sim por fatores como a diferença na rentabilidade agrícola entre regiões. Uma situação desse tipo compromete a qualidade dos dados do estado de São Paulo como parâmetros comparadores.

A verificação da aplicabilidade desses parâmetros comparadores será realizada confrontando a variação percentual mensal do Índice de Preços ao Consumidor da cidade de São Paulo para bens alimentícios (IPC-RMSP alimentação) e a variação percentual mensal do Índice de Preços ao Consumidor Amplo de diversas regiões metropolitanas do Brasil para bens alimentícios (IPCA alimentação e bebidas). Os índices de preços são variáveis ideais para serem utilizadas nesse momento, pois os índices de preços das *commodities* demonstram a magnitude das receitas<sup>22</sup> e os custos de

<sup>22</sup> As *commodities* tendem a possuir demandas inelásticas, ou seja, os aumentos nas receitas das *commodities* geralmente dependem de elevações nos preços dessas *commodities*.

oportunidade em relação à produção dessas *commodities*. A realização de testes de co-integração<sup>23</sup> das variações desses dois índices será necessária para elaborar tal comparação, sendo que se for obtido um p-valor assintótico abaixo de 0,05, esse resultado aponta para uma igualdade nos custos de oportunidade em produzir *commodities* no estado de São Paulo e no Brasil, demonstrando que os resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  referentes ao estado de São Paulo servem como parâmetro comparador para este estudo.

As variações percentuais desses índices de preços são apresentadas nas tabelas 10 e 11, e o esboço das trajetórias de tais índices é exibido por meio do gráfico 5.

---

<sup>23</sup> Há várias técnicas disponíveis para se realizar um teste de cointegração, como o teste de Engle-Granger e o teste de Johansen, por exemplo.

**TABELA 10 – Variação percentual mensal do IPCA (alimentação e bebidas) referente ao período de 2000 a 2012.**

Mês	var. índice	Mês	var. índice	Mês	var. índice	Mês	var. índice	Mês	var. índice
2000.01	0,8400	2003.01	2,1500	2006.01	0,1100	2009.01	0,7500	2012.01	0,8600
2000.02	-0,2500	2003.02	1,2200	2006.02	-0,2800	2009.02	0,2700	2012.02	0,1900
2000.03	-0,4600	2003.03	1,6600	2006.03	-0,2400	2009.03	0,3000	2012.03	0,2500
2000.04	-0,3600	2003.04	1,0100	2006.04	-0,2700	2009.04	0,1500	2012.04	0,5100
2000.05	-0,6700	2003.05	0,6300	2006.05	-0,0300	2009.05	0,4400	2012.05	0,7300
2000.06	0,1100	2003.06	-0,3400	2006.06	-0,6100	2009.06	0,7000	2012.06	0,6800
2000.07	1,7800	2003.07	-0,6700	2006.07	0,0900	2009.07	-0,0600	2012.07	0,9100
2000.08	2,0700	2003.08	-0,2700	2006.08	0,0700	2009.08	-0,0100	2012.08	0,8800
2000.09	0,5300	2003.09	0,7800	2006.09	0,0800	2009.09	-0,1400	2012.09	1,2600
2000.10	0,1600	2003.10	0,4600	2006.10	0,8800	2009.10	-0,0900	2012.10	1,3600
2000.11	-0,0700	2003.11	0,2500	2006.11	1,0500	2009.11	0,5800	2012.11	0,7900
2000.12	-0,4800	2003.12	0,3900	2006.12	0,3900	2009.12	0,2400	2012.12	1,0300
2001.01	0,6300	2004.01	0,8800	2007.01	0,8400	2010.01	1,1300		
2001.02	0,0500	2004.02	0,1500	2007.02	0,7800	2010.02	0,9600		
2001.03	1,1700	2004.03	0,4300	2007.03	0,9800	2010.03	1,5500		
2001.04	1,8000	2004.04	-0,3400	2007.04	0,0300	2010.04	1,4500		
2001.05	0,5800	2004.05	0,2300	2007.05	0,1600	2010.05	0,2800		
2001.06	0,1000	2004.06	0,7200	2007.06	1,0900	2010.06	-0,9000		
2001.07	0,6700	2004.07	0,6700	2007.07	1,2700	2010.07	-0,7600		
2001.08	0,8300	2004.08	0,8500	2007.08	1,3900	2010.08	-0,2400		
2001.09	0,3900	2004.09	-0,1900	2007.09	0,4400	2010.09	1,0800		
2001.10	1,1500	2004.10	-0,2300	2007.10	0,5200	2010.10	1,8900		
2001.11	1,3100	2004.11	-0,0100	2007.11	0,7300	2010.11	2,2200		
2001.12	0,5600	2004.12	0,6500	2007.12	2,0600	2010.12	1,3200		
2002.01	0,8500	2005.01	0,7800	2008.01	1,5200	2011.01	1,1600		
2002.02	0,2000	2005.02	0,4900	2008.02	0,6000	2011.02	0,2300		
2002.03	0,3900	2005.03	0,2600	2008.03	0,8900	2011.03	0,7500		
2002.04	-0,3200	2005.04	0,8100	2008.04	1,2900	2011.04	0,5800		
2002.05	-0,5900	2005.05	0,6500	2008.05	1,9500	2011.05	0,6300		
2002.06	0,0800	2005.06	-0,6700	2008.06	2,1100	2011.06	-0,2600		
2002.07	1,0500	2005.07	-0,7700	2008.07	1,0500	2011.07	-0,3400		
2002.08	1,9400	2005.08	-0,7300	2008.08	-0,1800	2011.08	0,7200		
2002.09	1,9600	2005.09	-0,2500	2008.09	-0,2700	2011.09	0,6400		
2002.10	2,7900	2005.10	0,2700	2008.10	0,6900	2011.10	0,5600		
2002.11	5,8500	2005.11	0,8800	2008.11	0,6100	2011.11	1,0800		
2002.12	3,9100	2005.12	0,2700	2008.12	0,3600	2011.12	1,2300		

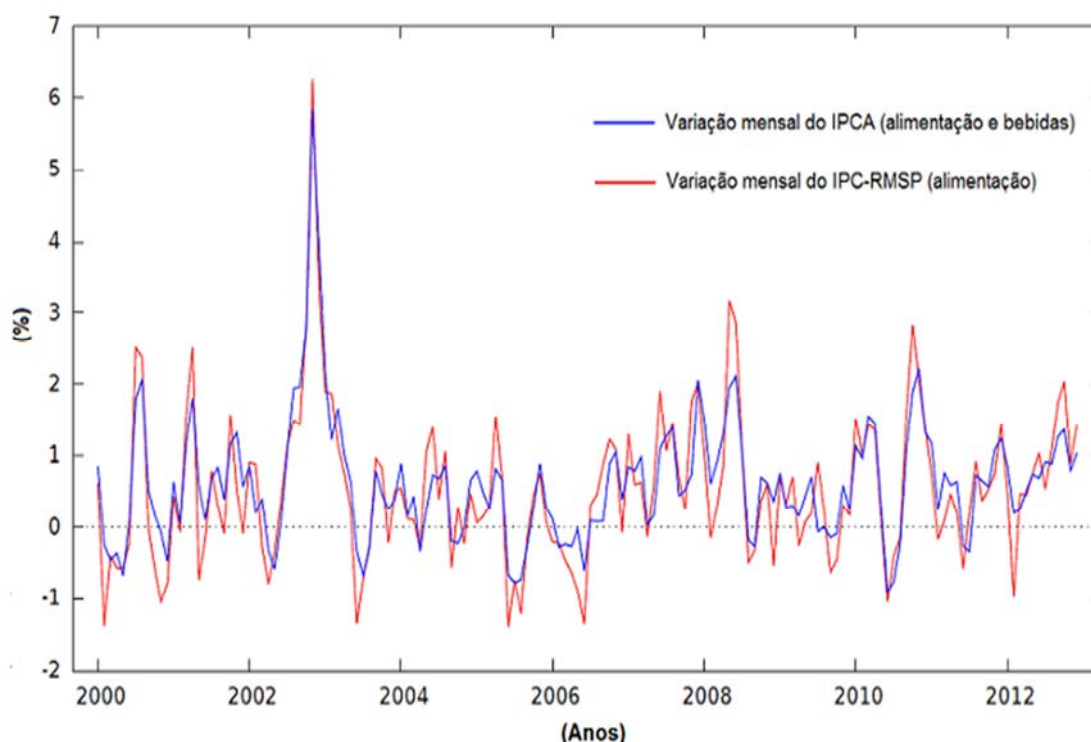
Fonte: IPEADATA (2013).

**TABELA 11 – Variação percentual mensal do IPC-RMSP (alimentação) referente ao período de 2000 a 2012.**

Mês	var. índice	Mês	var. índice	Mês	var. índice	Mês	var. índice	Mês	var. índice
2000.01	0,6038	2003.01	1,8832	2006.01	-0,2080	2009.01	0,6848	2012.01	0,4963
2000.02	-1,3848	2003.02	1,8628	2006.02	-0,2248	2009.02	0,3258	2012.02	-0,9817
2000.03	-0,4060	2003.03	1,1471	2006.03	-0,4636	2009.03	0,6995	2012.03	0,4692
2000.04	-0,5708	2003.04	0,7545	2006.04	-0,6371	2009.04	-0,2589	2012.04	0,4462
2000.05	-0,5672	2003.05	0,2656	2006.05	-0,8872	2009.05	0,0682	2012.05	0,7441
2000.06	-0,2176	2003.06	-1,3534	2006.06	-1,3550	2009.06	0,1914	2012.06	1,0271
2000.07	2,5097	2003.07	-0,7073	2006.07	0,3068	2009.07	0,8998	2012.07	0,5309
2000.08	2,3709	2003.08	-0,3070	2006.08	0,4619	2009.08	0,2244	2012.08	1,0778
2000.09	0,0002	2003.09	0,9559	2006.09	0,8759	2009.09	-0,6263	2012.09	1,7356
2000.10	-0,5730	2003.10	0,8212	2006.10	1,2190	2009.10	-0,4547	2012.10	2,0360
2000.11	-1,0502	2003.11	-0,2115	2006.11	1,0801	2009.11	0,2982	2012.11	0,8901
2000.12	-0,7765	2003.12	0,5083	2006.12	-0,0736	2009.12	0,1697	2012.12	1,4074
2001.01	0,4340	2004.01	0,5403	2007.01	1,2938	2010.01	1,5161		
2001.02	-0,0666	2004.02	0,1178	2007.02	0,5891	2010.02	1,0022		
2001.03	1,5607	2004.03	0,1007	2007.03	0,6206	2010.03	1,4278		
2001.04	2,5165	2004.04	-0,2971	2007.04	-0,1321	2010.04	1,3588		
2001.05	-0,7332	2004.05	1,0471	2007.05	0,5841	2010.05	0,1137		
2001.06	-0,1704	2004.06	1,3930	2007.06	1,8986	2010.06	-1,0479		
2001.07	0,7851	2004.07	0,3933	2007.07	1,0623	2010.07	-0,4043		
2001.08	0,3073	2004.08	1,0625	2007.08	1,4586	2010.08	-0,1485		
2001.09	-0,0861	2004.09	-0,5690	2007.09	0,6792	2010.09	1,5697		
2001.10	1,5739	2004.10	0,2795	2007.10	0,2439	2010.10	2,8388		
2001.11	0,5206	2004.11	-0,2338	2007.11	1,7541	2010.11	2,0231		
2001.12	-0,0880	2004.12	0,4746	2007.12	2,0190	2010.12	1,3825		
2002.01	0,9021	2005.01	0,0558	2008.01	1,0437	2011.01	0,7260		
2002.02	0,8737	2005.02	0,1468	2008.02	-0,1493	2011.02	-0,1726		
2002.03	-0,2681	2005.03	0,2931	2008.03	0,2658	2011.03	0,0912		
2002.04	-0,7902	2005.04	1,5472	2008.04	0,8392	2011.04	0,4611		
2002.05	-0,3542	2005.05	0,6808	2008.05	3,1724	2011.05	0,1949		
2002.06	0,3599	2005.06	-1,3907	2008.06	2,8686	2011.06	-0,5825		
2002.07	1,1162	2005.07	-0,7360	2008.07	1,0745	2011.07	0,2059		
2002.08	1,4975	2005.08	-1,2134	2008.08	-0,4904	2011.08	0,9173		
2002.09	1,4247	2005.09	-0,1329	2008.09	-0,3209	2011.09	0,3738		
2002.10	2,8635	2005.10	0,4494	2008.10	0,3727	2011.10	0,5295		
2002.11	6,2745	2005.11	0,7397	2008.11	0,6024	2011.11	0,7419		
2002.12	3,3613	2005.12	0,0688	2008.12	-0,5419	2011.12	1,4358		

Fonte: IPEADATA (2013).

**GRÁFICO 5 – Trajetórias do IPCA (alimentação e bebidas) e do IPC-RMSP (alimentação) referentes ao período de 2000 a 2012.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

O método utilizado para realizar tais testes de co-integração foi o de Engle-Granger<sup>24</sup>, que já foi utilizado anteriormente nesta pesquisa. No caso presente, as regressões de co-integração desses testes contarão com versões em que a variação percentual mensal do IPC-RMSP (alimentação) será a variável dependente e com versões em que a variação percentual mensal do IPCA (alimentação e bebidas) será tal variável, conforme é demonstrado na tabela 12. A escolha da melhor quantidade de defasagens a ser utilizada será feita por meio do critério estatística- $t$ <sup>25</sup> e a 12<sup>a</sup> defasagem<sup>26</sup> será a ordem máxima de defasagem para tal escolha.

<sup>24</sup> Procedimento que utiliza a técnica do teste de Dickey-Fuller para identificar uma possível co-integração entre variáveis (GUJARATI, 2000).

<sup>25</sup> Teste formal que propõe determinar a duração da defasagem em um modelo de defasagem distribuída (GUJARATI, 2000).

<sup>26</sup> Foi interpretado pelo autor como suficiente o fato da 12<sup>a</sup> defasagem ser a ordem máxima de defasagem, considerando que as séries que estão sendo testadas são mensais e contam com 156 observações.

**TABELA 12 – Teste de co-integração pelo método de Engle-Granger entre as séries das tabelas 10 e 11.**

Variável dependente	Número de defasagens	Testes dos p-valores	
		c/ constante	c/ const. e tendência
variação mensal (%) IPCA (alimentação e bebidas)	6	0,0003521	0,0009326
variação mensal (%) IPC-RMSP (alimentação)	6	1,21E-05	1,66E-05

Fonte: Elaborado pelo autor com a ajuda do software Gretl 1.9.12.

Conforme pode ser observado, todos os p-valores da tabela acima são menores que 0,01; ou seja, as séries de valores das duas variáveis em questão são co-integradas em um nível de alta significância estatística. Isso significa que os resultados das elasticidades  $E_{m_{qi}}$  e  $E_{m_{pi}}$  referentes ao estado de São Paulo estão aptos para a função de parâmetro comparador nesta pesquisa.

## CAPÍTULO 4

### APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

#### 4.1 – Modo de interpretação dos resultados

Antes de apresentar os resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$ , que já foram explicitadas no capítulo anterior, é importante definir o modo adequado de interpretá-los. Qualquer distorção nessa interpretação pode levar a um entendimento errôneo da metodologia utilizada neste estudo e, conseqüentemente, comprometer a aceitação ou negação da principal hipótese desta pesquisa.

Os resultados dessas elasticidades gerados na presente metodologia devem ser interpretados como uma informação homogênea referente ao que ocorreu em um intervalo de tempo definido, e são incapazes de representar qualquer tipo de tendência ou previsão. Os vários modelos econométricos de regressão, por exemplo, almejam minimizar o termo de erro estocástico da melhor forma possível, fazendo com que a estimação das retas de regressão amostral torne-se uma representação adequada da tendência de qualquer projeção de dados amostrais que se pretenda analisar.

Sendo assim, a interpretação dos resultados obtidos por meio da metodologia adotada nesta pesquisa terá a seguinte estrutura: a variável  $A_i$  obteve um(a) aumento/redução médio(a) de  $x\%$  para cada  $1\%$  de aumento/redução médio(a) da variável  $B_i$  em determinado intervalo de tempo. Entretanto, tal interpretação não deve ocorrer como acontece nas estimativas das regressões de vários modelos econométricos, que se dá pela seguinte forma: um(a) aumento/redução de  $1\%$  na variável  $B_i$  tende a aumentar/reduzir a variável  $A_i$  em  $x\%$ .

## 4.2 – Apresentação dos resultados

A tabela abaixo apresenta os resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  que foram produzidos de acordo com os parâmetros da metodologia adotada neste estudo:

**TABELA 13 – Resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  referentes ao Brasil e ao estado de São Paulo.**

<i>Commodities</i>	BRASIL		SÃO PAULO	
	$Em_{qi}$	$Em_{pi}$	$Em_{qi}$	$Em_{pi}$
Arroz	-0,406620	3,591538	-1,663621	13,532019
Feijão	-0,280118	2,471526	-0,834539	7,008164
Milho	0,300260	4,124131	-0,321557	7,703443
Soja	0,916436	0,578378	0,246184	4,014318

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação aos resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  referentes ao Brasil, observa-se que houve diminuição média na utilização de áreas agrícolas em 0,41% para a produção de arroz e 0,28% para a produção de feijão para cada 1% de aumento médio na utilização de área agrícola para a produção de cana-de-açúcar. Observa-se também que houve um aumento médio na utilização de áreas agrícolas em 0,30% para a produção de milho e 0,92% para a produção de soja para cada 1% de aumento médio na utilização de área agrícola para a produção de cana-de-açúcar.

Sobre os resultados das elasticidades  $Em_{pi}$  referentes ao Brasil, observa-se que houve aumento médio de 3,59% na produtividade do cultivo de arroz, 2,47% na produtividade do cultivo de feijão, 4,12% na produtividade do cultivo de milho, e 0,58% na produtividade do cultivo de soja para cada 1% de aumento médio na produtividade do cultivo de cana-de-açúcar.

Em relação aos resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  referentes ao estado de São Paulo, observa-se que houve diminuição média na utilização de áreas agrícolas em 1,66% para a produção de arroz, 0,83% para a produção de feijão e 0,32% para a produção de milho para cada 1% de aumento médio na

utilização de área agrícola para a produção de cana-de-açúcar. Observa-se também que houve um aumento médio na utilização de áreas agrícolas em 0,25% para a produção de soja para cada 1% de aumento médio na utilização de área agrícola para a produção de cana-de-açúcar.

Sobre os resultados das elasticidades  $Em_{pi}$  referentes ao estado de São Paulo, observa-se que houve aumento médio de 13,53% na produtividade do cultivo de arroz, 7,01% na produtividade do cultivo de feijão, 7,7% na produtividade do cultivo de milho, e 4,01% na produtividade do cultivo de soja para cada 1% de aumento médio na produtividade do cultivo de cana-de-açúcar.

Pode-se verificar um mesmo padrão entre os resultados referentes ao Brasil e os resultados referentes ao estado de São Paulo: os valores das elasticidades  $Em_{pi}$  são muito mais expressivos em termos de magnitude que os resultados das elasticidades  $Em_{qi}$  (exceto no caso dos resultados da soja referentes ao Brasil), o que demonstra que o aumento da produtividade no cultivo de arroz, feijão, milho e soja em relação ao aumento da produtividade no cultivo de cana-de-açúcar foi mais elevado que o aumento na utilização de áreas para a produção de arroz, feijão, milho e soja em relação ao aumento na utilização de áreas para a produção de cana-de-açúcar. Tal fato já fornece fortes indícios de que o *trade-off* estudado nesta pesquisa não ocorre atualmente.

Outro ponto a ser considerado é que o fato dos resultados referentes ao Brasil seguirem o mesmo padrão dos resultados referentes ao estado de São Paulo implica que os resultados do Brasil provavelmente não são explicados pela hipótese de que a expansão da produção de cana-de-açúcar e de alimentos ocorre em áreas inexploradas ou em áreas com vegetação nativa; considerando que este estudo tem como pressuposto a reduzida disponibilidade de terras para a expansão de culturas no estado de São Paulo em comparação ao Brasil. Isto significa que recentemente não ocorre o *trade-off* produção de alimentos vs. produção de etanol no Brasil; e o principal motivo desse fato é o aumento expressivo da eficiência produtiva no setor agrícola brasileiro, sendo tal aumento maior ainda na produção de alimentos que na

produção de cana-de-açúcar (que é a principal *commodity* utilizada para a produzir o etanol brasileiro).

Também é observado que os resultados das elasticidades  $Em_{pi}$  referentes ao Brasil são visivelmente menores que os resultados das elasticidades  $Em_{pi}$  referentes ao estado de São Paulo. Tal análise demonstra apenas que a eficiência produtiva no setor agrícola paulista é ainda maior que a eficiência produtiva no setor agrícola brasileiro.

Considerando que a pecuária no Brasil demanda uma grande quantidade de área para se desenvolver e, devido a esse fato, tal atividade constituir uma provável concorrência para o cultivo de *commodities* utilizadas na produção de biocombustíveis; seria interessante também mensurar as elasticidades  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  da carne bovina em relação à cana-de-açúcar.

Entretanto, os dados da pecuária brasileira necessários para mensurar tais elasticidades são bastante escassos. Dessa forma, a metodologia já explicitada no capítulo 3 será utilizada de modo adaptado aos dados disponíveis, conforme é apresentado na tabela abaixo:

**TABELA 14 – Dados necessários para a mensuração da  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  da carne bovina e seus resultados, referente ao Brasil.**

ÁREA (*em mil hectares; **em milhões de hectares)					VAR. ÁREA			
<i>Commodities</i>	2002	2005	2008	Média	<i>Commodities</i>	2002-2005	2005-2008	Média
Cana-de-açúcar*	5.206,66	5.815,15	8.210,88	6.410,89	Cana-de-açúcar	608,50	2395,73	1502,11
Bovinos**	176,75	176,27	156,00	169,67	Bovinos	-0,48	-20,27	-10,375
PRODUÇÃO (*em mil toneladas; **em unidades de cabeças)					VAR. PRODUTIVIDADE			
<i>Commodities</i>	2002	2005	2008	Média	<i>Commodities</i>	2002-2005	2005-2008	Média
Cana-de-açúcar*	320.650,08	385.128,63	569.215,63	424.998,11	Cana-de-açúcar	4,643836	3,096100	3,869968
Bovinos**	185.348.838	207.156.696	202.306.731	198.270.755	Bovinos	0,126574	0,121614	0,124094
PRODUTIVIDADE (*em toneladas/hec.; **em cabeças/hec.)					$Em_{qi}$ e $Em_{pi}$ (Bovinos)			
<i>Commodities</i>	2002	2005	2008	Média	$Em_{qi}$	-0,260970	$Em_{pi}$	1,795491
Cana-de-açúcar*	61,5846	66,2285	69,3246	65,7126				
Bovinos**	1,0486	1,1752	1,2968	1,1736				

Fonte: Os dados referentes à área e à produção de cana-de-açúcar são provenientes da tabela 2. Os dados referentes à área para criação de bovinos são provenientes das estimativas da Scot Consultoria, 2010 (para os anos de 2002 e 2005); e Gasques *et al.*, 2013 (para o ano de 2008). Os dados referentes à quantidade de cabeças de boi (produção) são provenientes do IBGE/PPM, 2012. O restante da tabela foi elaborado pelo autor.

**TABELA 15 – Dados necessários para a mensuração da  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  da carne bovina e seus resultados, referente ao estado de São Paulo.**

ÁREA (*em mil hectares; **em milhões de hectares)					VAR. ÁREA			
<i>Commodities</i>	2002	2005	2008	Média	<i>Commodities</i>	2002-2005	2005-2008	Média
Cana-de-açúcar*	2.661,62	3.084,75	4.541,51	3.429,29	Cana-de-açúcar	423,13	1456,76	939,94
Bovinos**	9,99	9,85	8,072	9,304	Bovinos	-0,14	-1,778	-0,959
PRODUÇÃO (*em mil toneladas; **em unidades de cabeças)					VAR. PRODUTIVIDADE			
<i>Commodities</i>	2002	2005	2008	Média	<i>Commodities</i>	2002-2005	2005-2008	Média
Cana-de-açúcar*	192.486,64	242.828,82	346.292,97	260.536,15	Cana-de-açúcar	6,399719	-2,468435	1,965642
Bovinos**	13.457.460	14.072.447	11.984.606	13.171.504	Bovinos	0,081582	0,056039	0,068810
PRODUTIVIDADE (*em toneladas/hec.; **em cabeças/hec.)					$Em_{qi}$ e $Em_{pi}$ (Bovinos)			
<i>Commodities</i>	2002	2005	2008	Média	$Em_{qi}$	-0,376055	$Em_{pi}$	1,867530
Cana-de-açúcar*	72,3194	78,7191	76,2506	75,7630				
Bovinos**	1,3471	1,4287	1,4847	1,4202				

Fonte: Os dados referentes à área e à produção de cana-de-açúcar são provenientes da tabela 7. Os dados referentes à área para criação de bovinos são provenientes das estimativas da Scot Consultoria, 2010 (para os anos de 2002 e 2005); e Torres *et al.*, 2009 (para o ano de 2008). Os dados referentes à quantidade de cabeças de boi (produção) são provenientes do IEA/CATI/SAESP, 2013 (modificado). O restante da tabela foi elaborado pelo autor.

Em relação ao resultado da elasticidade  $Em_{qi}$  referente ao Brasil, observa-se que houve uma diminuição média de 0,26% na utilização de pastos para criação bovina para cada 1% de aumento médio na utilização de área agrícola para a produção de cana-de-açúcar. Em relação ao resultado da elasticidade  $Em_{pi}$  referente ao Brasil, observa-se que houve um aumento médio

de 1,8% na produtividade da criação de gados para cada 1% de aumento médio na produtividade do cultivo de cana-de-açúcar.

Em relação ao resultado da elasticidade  $Em_{qi}$  referente ao estado de São Paulo, observa-se que houve uma diminuição média de 0,38% na utilização de pastos para criação bovina para cada 1% de aumento médio na utilização de área agrícola para a produção de cana-de-açúcar. Em relação ao resultado da elasticidade  $Em_{pi}$  referente ao estado de São Paulo, observa-se que houve um aumento médio de 1,87% na produtividade da criação de gados para cada 1% de aumento médio na produtividade do cultivo de cana-de-açúcar.

Em termos práticos, não há diferença entre o resultado referente ao Brasil e o resultado referente ao estado de São Paulo. E da mesma forma como ocorreu nos resultados  $Em_{qi}$  e  $Em_{pi}$  das *commodities* alimentares, ambos os resultados (do Brasil e do estado de São Paulo)  $Em_{pi}$  são bem mais expressivos que os resultados  $Em_{qi}$  no caso da criação bovina; e isso representa mais uma evidência de que a hipótese principal desta pesquisa seja verdadeira.

#### **4.3 – Explicando os resultados de acordo com as principais evidências elucidadas no capítulo 2.**

Antes de apresentar a explicação proposta neste tópico, tais evidências são apresentadas e enumeradas por meio da tabela abaixo:

**TABELA 16 – Quadro com as principais evidências elucidadas no capítulo 2.**

1	Expansão do crédito rural.
2	Importantes investimentos em P&D.
3	Aumento da produtividade da mão-de-obra.
4	Maior eficiência na utilização da terra e do capital.
5	Aumento da eficiência nas etapas industriais da produção do etanol.
6	Maior eficiência da cana-de-açúcar na produção energética em relação a outras <i>commodities</i> utilizadas na produção de biocombustíveis.
7	Auxílio mútuo entre o processo de produção do etanol e o processo de produção do açúcar (em termos técnicos).
8	Não influência da produção de cana-de-açúcar no preço da terra.
9	Maior influência de fatores exógenos na variação dos preços das <i>commodities</i> .
10	Parcela bastante reduzida da área agrícola destinada à produção de etanol no Brasil.
11	Conversão de pastos como principal modo de expansão de culturas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio dos resultados  $Em_{qi}$ 's e  $Em_{pi}$ 's obtidos nesta pesquisa, foi aceita a hipótese principal de que no Brasil a expansão conjunta não conflituosa entre a produção de cana-de-açúcar utilizada na fabricação de etanol e a produção de alimentos está sendo mais influenciada pelo aumento da eficiência no setor agropecuário, contra a hipótese alternativa de que a expansão da produção de cana-de-açúcar e de alimentos ocorre em áreas inexploradas ou em áreas com vegetação nativa. A explicação dos resultados por meio das evidências elencadas na tabela 16 se dará sob duas óticas relacionadas a essas hipóteses: como tais resultados contribuem para o aceite da hipótese principal e como tais resultados contribuem para se refutar a hipótese alternativa.

Mas antes de realizar essa explanação, seria interessante identificar e analisar as evidências que, apesar de não servir para testar tais hipóteses, fornecem argumentos que certificam a inexistência do *trade-off* produção de alimentos vs. produção de biocombustíveis em algumas situações.

Em se tratando da 7ª evidência, não há nenhuma explicação contida nela que justifique os valores gerados das  $Em_{pi}$ 's e  $Em_{qi}$ 's. Porém, tal evidência

demonstra que o processo de produção de um biocombustível (etanol) pode auxiliar em termos técnicos o processo produtivo de algum alimento (açúcar). Dessa forma, essa evidência contribui para afirmar que o *trade-off* produção de alimentos vs. produção de biocombustíveis pode dar lugar a uma espécie de auxílio mútuo na produção de *commodities* para fins distintos.

A 8ª evidência explana que, pelo fato da produção de cana-de-açúcar não ser determinante no preço da terra, também não será um fator determinante para influenciar os preços dos alimentos. Nesse caso, o *trade-off* produção de alimentos vs. produção de biocombustíveis não ocorre.

A 9ª evidência procura minimizar a relevância de se justificar uma possível escassez na disponibilidade de alimentos pelo fato de haver cultivo de *commodities* utilizadas na produção de biocombustíveis. O argumento que embasa essa evidência é que tal escassez geralmente é causada por outros motivos, como o preço internacional do petróleo ou as instabilidades em outros mercados que necessariamente não tenha vínculo direto com mercados de alimentos, por exemplo.

4.3.1 – Como tais resultados contribuem para o aceite da hipótese principal.

As quatro primeiras evidências elencadas na tabela 16 representam os fatores técnicos que propiciaram a elevação da eficiência na agropecuária brasileira. Essa afirmativa está de acordo com o seguinte fato: de modo geral, as  $Em_{pi}$ 's foram bem superiores em magnitude que as  $Em_{qi}$ 's, ou seja, o aumento da produtividade no cultivo de alimentos em relação ao cultivo de cana-de-açúcar foi bem maior que o aumento da área utilizada no cultivo de alimentos em relação ao cultivo de cana-de-açúcar. Os respectivos detalhamentos de tais evidências que demonstram como o aprimoramento técnico resulta em maiores níveis de produtividade estão adequadamente expressos no capítulo 2, sem a necessidade de descrevê-los novamente nesse momento.

Essas mesmas evidências também corroboram para explicar a superioridade das  $Em_{pi}$ 's do estado de São Paulo em relação às  $Em_{pi}$ 's do Brasil. São Paulo é o estado mais desenvolvido do país em termos econômicos e está entre os estados brasileiros mais avançados tecnologicamente. Dessa forma, os fatores técnicos que embasam tais evidências são bem mais robustos e desenvolvidos no estado de São Paulo que na média do país, explicando assim a produtividade ( $Em_{pi}$ 's) mais elevada nesse estado.

As evidências 5 e 6 da tabela 16 fazem alusão à maior eficiência no processo produtivo do etanol, tanto nas etapas industriais como no cultivo de cana-de-açúcar (se comparado aos processos que utilizam outras *commodities*). Esse fato poderia ser interpretado como um fator que induziria, de modo geral, a uma redução das  $Em_{pi}$ 's, pois essa variável mede a produtividade das *commodities* alimentares em termos relativos à produtividade da cana-de-açúcar.

Entretanto, ao considerar que os recursos e insumos agrícolas são geralmente pouco especializados e permitem que sejam utilizados em vários tipos distintos de culturas, uma elevação na eficiência produtiva libera teoricamente mais recursos e insumos para serem utilizados no cultivo de *commodities* alimentares, o que seria uma força motriz para a elevação das  $Em_{pi}$ 's.

Além do mais, esse processo em cadeia de elevação da eficiência técnica no setor agrícola induz, indiretamente, a uma menor importância em termos relativos do recurso terra na produção agrícola de uma região. Isso explicaria de certo modo as diferenças consideráveis entre os valores gerados das  $Em_{pi}$ 's e os valores gerados das  $Em_{qi}$ 's.

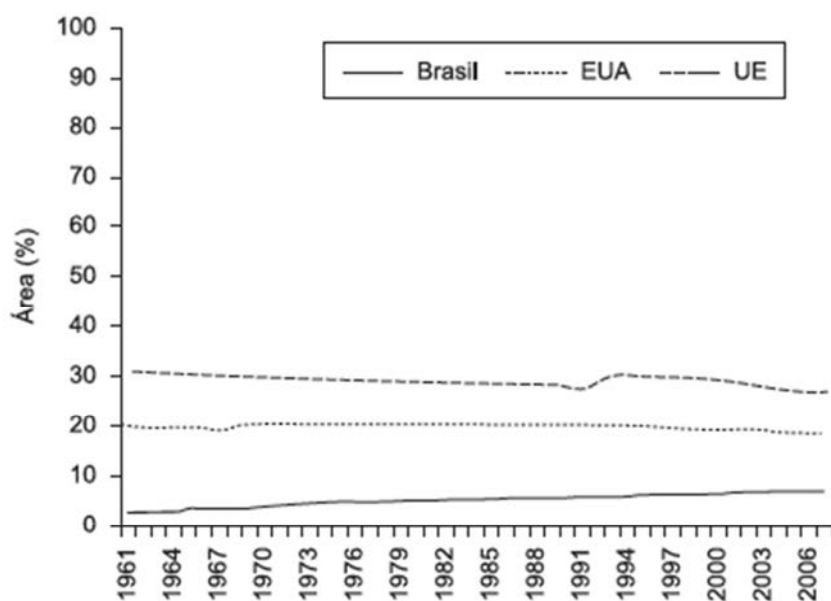
4.3.2 – Como tais resultados contribuem para a contestação da hipótese alternativa.

Antes de analisar esses resultados sob tal ótica, seria interessante apresentar um fato que leva a acreditar na inviabilidade da hipótese alternativa desta pesquisa. Cerca de 55% de todo o território brasileiro é ocupado por

vegetação nativa, enquanto nos Estados Unidos e na União Europeia esse índice não chega a 40% (MARTINELLI *et al.*, 2012).

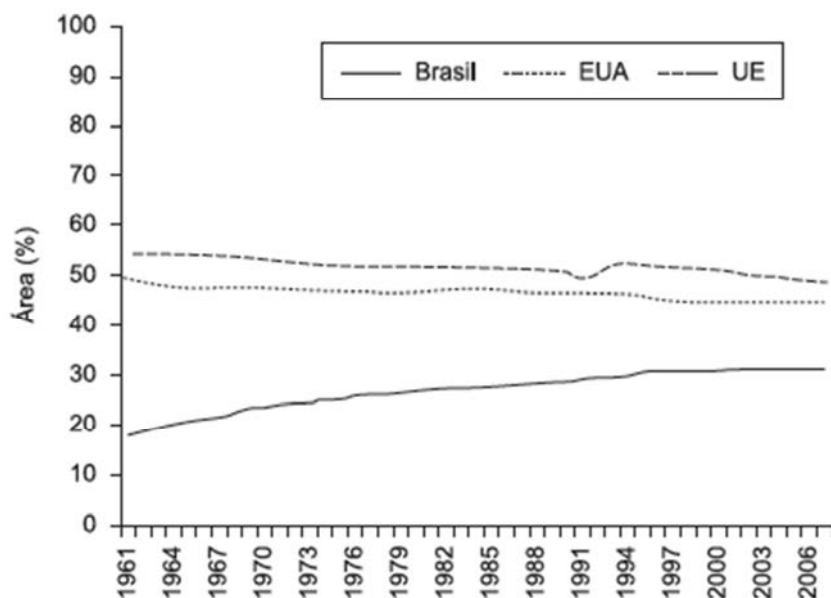
Os gráficos abaixo apresentam uma comparação entre o uso da terra no Brasil, Estados Unidos e União Europeia, demonstrando um cenário favorável em relação à exploração da terra por atividades agropecuárias no país.

**GRÁFICO 6 - Área utilizada pela agricultura percentualmente em relação à área total do Brasil, Estados Unidos e União Europeia.**



Fonte: MARTINELLI *et al.*, 2010.

**GRÁFICO 7 - Área utilizada pela agricultura e pecuária percentualmente em relação à área total do Brasil, Estados Unidos e União Europeia.**



Fonte: MARTINELLI *et al.*, 2010.

Agora vamos para a análise proposta neste tópico. O fato dos resultados das elasticidades  $Em_{qi}$ 's referentes ao Brasil e ao estado de São Paulo serem todos abaixo de 1, sendo que a maioria desses resultados são negativos; tende a sugerir que a produção de cana-de-açúcar está competindo com a produção das *commodities* alimentares. Entretanto, a 10ª evidência da tabela 16 anula tal sugestão, pois mesmo com esse aumento relativo na utilização de terras para o cultivo de cana-de-açúcar frente a utilização de áreas para o cultivo de *commodities* alimentares, a área absoluta destinada à produção de cana-de-açúcar no Brasil para fins energéticos é bastante reduzida pois deve corresponder atualmente a apenas 0,6% de toda a área total do país, considerando que no ano de 2007 (BNDES, CGEE, FAO e CEPAL, 2008) tal área correspondia a 0,5% de toda a área total do país e considerando também o aumento da área utilizada no cultivo de cana-de-açúcar desde então.

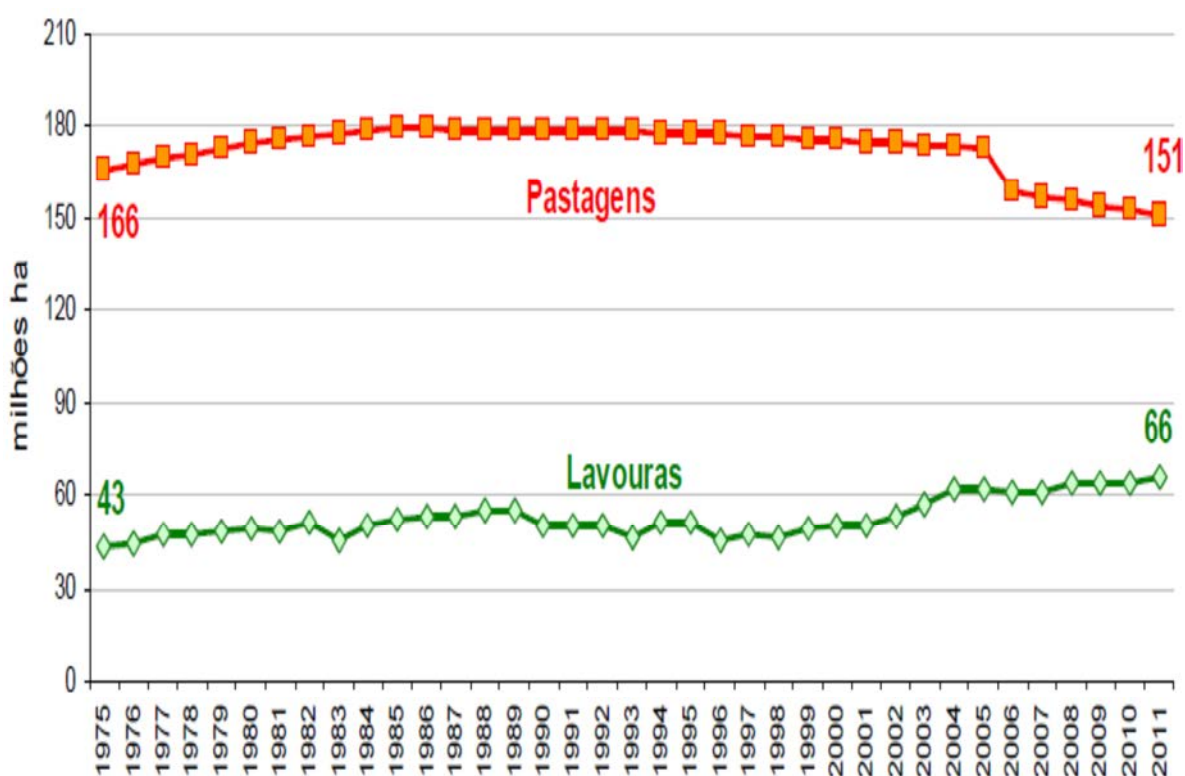
Tal evidência não contrapõe diretamente a hipótese alternativa desta pesquisa. Entretanto, ela torna insignificantes as consequências nefastas que possam ocorrer devido a uma possível expansão no cultivo de cana-de-açúcar sobre áreas de vegetação nativa ou áreas inexploradas. Resumindo: essa

evidência faz com que os resultados  $Em_{qi}$ 's não sejam suficientes para dar relevância à hipótese alternativa deste estudo.

A 11ª evidência da tabela 16 direciona esta pesquisa para a refutação da hipótese alternativa de maneira bem mais direta. A grande parte dos resultados  $Em_{qi}$ 's negativos, principalmente os que se referem à criação bovina, oferecem fortes indícios de que a maior parte da expansão canavieira ocorre no Brasil em áreas que antes eram utilizadas como pasto, conforme já foi explicado no capítulo 2.

O gráfico abaixo certifica tal tendência, demonstrando um proeminente declínio das áreas de pastagens em meados de 2005 enquanto as áreas de lavouras<sup>27</sup> aumentam continuamente desde 1996 até os dias atuais.

**GRÁFICO 8 – Trajetórias das áreas de pastagens e de lavouras no Brasil.**



Fonte: GASQUES *et al.*, 2013.

<sup>27</sup> A expansão canavieira foi a grande responsável pela expansão das áreas de lavouras nos últimos 10 anos (MARTINELLI *et al.*, 2010.).

Além do mais, grande parte dos avanços das áreas de lavoura que ocorreram em áreas que antes eram pastos se deram em áreas já degradadas pela criação de gado, que não respondem mais à produtividade de carne (PONTES, 2013). Esse fato representa um forte indício de que no Brasil, a criação de gado não compete com o cultivo de *commodities*, mesmo com a intensa transformação de pastos em lavouras.

## CONCLUSÃO

O *trade-off* produção de alimentos vs. produção de biocombustíveis é um assunto que está sendo amplamente estudado em todo o mundo nos últimos anos. Há inúmeras pesquisas e diversos posicionamentos sobre tal assunto, comprovando ou contestando a existência desse *trade-off* de acordo com aspectos e fatores peculiares à cada pesquisa, conforme foi explicitado no capítulo 1.

No Brasil, muitas pesquisas sobre o assunto evidenciam a não existência desse *trade-off*. Adotando tal fato como pressuposto, o presente estudo testou a hipótese principal de que no Brasil a expansão conjunta não conflituosa entre a produção de cana-de-açúcar utilizada na fabricação de etanol e a produção de alimentos está sendo mais influenciada pelo aumento da eficiência no setor agropecuário, contra a hipótese alternativa de que a expansão da produção de cana-de-açúcar e de alimentos ocorre em áreas inexploradas ou em áreas com vegetação nativa. Essas hipóteses foram testadas utilizando séries históricas anuais referentes à área de cultivo e à quantidade produzida de cana-de-açúcar e de *commodities* alimentares no período de 2000 a 2012.

Na realização desse teste, foi necessário utilizar uma metodologia baseada no conceito de elasticidade, que gerou resultados que representam as relações entre a área utilizada no cultivo de algumas *commodities* alimentares escolhidas com a área utilizada no cultivo de cana-de-açúcar, e as relações entre a produtividade no cultivo dessas *commodities* alimentares com a produtividade no cultivo de cana-de-açúcar. Com o intuito de estabelecer marcos de comparação para tais resultados, foram também gerados resultados referentes ao estado de São Paulo por meio da mesma metodologia.

Os resultados gerados demonstram que, de modo geral, o aumento da produtividade no cultivo de *commodities* alimentares foi consideravelmente superior à variação da área utilizada no cultivo dessas *commodities*, o que corrobora para a aceitação da hipótese principal desta pesquisa. Além do mais, a similaridade entre os padrões dos resultados referentes ao Brasil e os

padrões dos resultados referentes ao estado de São Paulo contribui para a contestação da hipótese alternativa deste estudo.

Análises de argumentos embasados em evidências relacionadas à inexistência do *trade-off* em questão, que foram geradas em estudos anteriores e que foram elucidadas no presente estudo também foram importantes para definir as respectivas conclusões sobre tais hipóteses. É dessa forma, utilizando análises quantitativas e qualitativas, que esta pesquisa alcançou seu objetivo principal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, M. **Prospects of the sugarcane expansion in Brazil: impacts on direct and indirect land use changes.** In: Sugarcane ethanol - Contributions to climate change mitigation and the environment. Wageningen Academic Publishers - The Netherlands, 2008.

AHEARN, M. *et al.* **Agricultural productivity in the United States.** USDA: Economic Research Service, 1998.

AJANOVIC, A. **Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices?** Energy Economics Group, Vienna University of Technology, Gusshausstr. 25-29/373-2, 1040. Vienna, Austria, 2010.

ALSTON, J. M. *et al.* **The value of Embrapa varietal improvement research.** A report prepared for Embrapa by The International Food Policy Research Institute (IFPRI), in collaboration with the University of California. Davis, May 2001.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). **Anuário estatístico.** Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em: junho 2014.

ÁVILA, A. F. D.; EVENSON, R. E. **Total factor productivity growth in the Brazilian agriculture and the role of agricultural research.** In: XXXIII CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA E RURAL. Anais... Curitiba, Sober, 1995.

BALCOMBE, K.; RAPSOMANIKS, G. **Bayesian Estimation and selection of nonlinear vector correction models: the case of the sugar-ethanol-oil nexus in Brazil.** American Journal of Agricultural Economics. 90(3): 658–668. Agosto, 2008.

BALSADI, O. V. **O Mercado de trabalho assalariado na agricultura brasileira no período 1992-2004 e suas diferenciações regionais.** Tese (Doutorado) – Instituto de Economia da Universidade de Campinas (IE/Unicamp), Campinas, 2006.

BANCO MUNDIAL. World Bank. 2008. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/>>. Acesso em: 09 de abril de 2014.

BARROS, F. R. T. **Os impactos da Agroenergia no mercado de terras: dinâmica de preço e elasticidade de uso.** Tese (Mestrado Profissional em Agroenergia). Escola de Economia de São Paulo – FGV. São Paulo, 2010.

BELLINGHINI, D. F. **Análise de volatilidade spillover entre commodities agrícolas e o mercado de energia:** um estudo do mercado de etanol brasileiro. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – ESALQ – Piracicaba, 2012.

BENEDETTI, O. I. B.; RATHMANN, R.; PADULA, A. D.; STEINHORST, G. P.; **Usage competition between oilseeds and biofuels:** impact assessment on the Brazilian food production. In: 17th annual world food and agribusiness forum and symposium – IFAMA, Parma, 2007.

BNDES, CGEE, FAO e CEPAL. **Bioetanol de cana-de-açúcar** – Energia para o desenvolvimento sustentável. Resumo Executivo. 2008.

BONELLI, R. **Impactos econômicos e sociais de longo prazo da expansão agropecuária no Brasil:** revolução invisível e inclusão social. In: SEMINÁRIO SOBRE OS IMPACTOS DA MUDANÇA TECNOLÓGICA DO SETOR AGROPECUÁRIO NA ECONOMIA BRASILEIRA. (Série Documentos, n. 5). Brasília: Embrapa, 2002.

BRASILAGRO. **Valorização das terras agrícolas no Brasil:** Onde estamos e para onde vamos? Conferência do Agronegócio. Abril de 2013.

CAMPOS, S. K. **Fundamentos econômicos da formação do preço internacional de açúcar e dos preços domésticos de açúcar e do etanol.** Tese de doutoramento. Universidade de São Paulo – ESALQ – Piracicaba, 2010.

CARVALHO, M. A. **Os números da crise dos alimentos.** Análise de Indicadores do Agronegócio. Vol 3. Nº 7. Julho, 2008.

CEPAL/FAO. **Oportunidades y Riesgos del Uso de la Bioenergía para la Seguridad Alimentaria em América Latina y el Caribe.** 2006. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/pdf/bioenergia.pdf> >. Acesso em: 25 de outubro de 2013.

CHAGAS, A. L. S.; **Três ensaios sobre o setor produtor de cana-de-açúcar no Brasil.** Tese (Doutorado em Economia). Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2009.

CHRISTENSEN, L. R. **Concepts and measurement of agricultural productivity**. American Journal Agricultural Economics, v. 57, Dec. 1975.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Intenção de plantio safra 2006/07** – primeiro levantamento. Brasília, Conab, out. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2013.

CORDEIRO, M. P.; SANTOS, S. A. **Teoria da demanda, oferta, equilíbrio de mercado e elasticidade**. In: OLIVEIRA, Jayr Figueiredo (Org). Economia para Administradores. São Paulo: Saraiva, 2006.

DE NEGRI, F. *et al.* **Tecnologia, exportação e emprego**. In: DE NEGRI, J. A., DE NEGRI, F. e COELHO, D. (Orgs.). Tecnologia, exportação e emprego. Brasília: Ipea, 533 p., 2006.

DEL GROSSI, M.; GRAZIANO DA SILVA, J. **Mudanças recentes no mercado de trabalho rural**. In: CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). Parcerias Estratégicas, n. 22. Brasília: CGEE, jun. 2006. (Edição Especial).

DONG, F. **Food Security and Biofuels Development: The Case of China**. Center for Agricultural and Rural Development Iowa State University. Ames, Iowa, outubro de 2007.

ELOBEID, A.; TOKGOZ, S. **Removing distortions in the US ethanol market: what does it imply for the United States and Brazil?** In American Journal of Agricultural Economics 90 (4): 918-932; 2008.

ELOBEID, A.; TOKGOZ, S.; HAYES, D. J.; BABCOCK, B. A.; HART, C. E. **The Long-Run Impact of Corn-Based Ethanol on the Grain, Oilseed, and Livestock Sectors: A Preliminary Assessment**. CARD Briefing Paper 06-BP 49. Novembro, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Agricultura Tropical** – Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Volume I. Editado por Albuquerque, Ana C. S. e Silva, Gabriel, A. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 1337 p., 2008.

\_\_\_\_\_. **Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica no Brasil.** Departamento de Administração Financeira (DAF). Dados adquiridos sob demanda, 2007.

ESCOBAR, C. J.; LORA, E. S.; VENTURINI, O. J.; YANEZ, E. E.; CASTILLO, E. F, ALMAZAN, O. **Biofuels: environment, technology and food security.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(2009):1275e87, 2009.

FABIOSA, J. F.; BEGHIN, J. C.; DONG, F.; ELOBEID, A; TOKGOZ S.; YU, T. **Land Allocation Effects of the Global Ethanol Surge:** Predictions from the International FAPRI Model. Iowa State University, Department of Economics Working Papers Series. Working Paper # 08005. Março, 2008.

FLEXOR, G. **Preços Agrícolas e Biocombustíveis num Contexto de Insegurança Alimentar.** OPPA, nº 20, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). NAÇÕES UNIDAS. **The state of food insecurity in the world. 2006.** Disponível em: <<http://www.fao.org/Focus/E/home.l.htm>> Acesso em: 25 de outubro de 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **The state of food and agriculture.** Lessons from the past 50 years. Rome, 2000.

FUGLIE, O. K.; WANG, S.L. **New Evidence Points to Robust But Uneven Productivity Growth in Global Agriculture.** USDA, Economic Research Service, Amber Waves, September, 2012.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACHI, M. R. P. **Produtividade e fontes de crescimento da agricultura.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, julho de 2009.

GASQUES, J. G.; VILLA VERDE, C. M.; OLIVEIRA, J. A. F. G. **Crédito rural e estruturas de financiamento.** (Texto para Discussão, n. 1.036). 44 p. Brasília: Ipea, 2004.

GASQUES, J.G., BASTOS, E.T., BACCHI, M.R.P., VALDES, C. **Produtividade e Crescimento – Algumas Comparações.** MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Assessoria de Gestão Estratégica. 2013.

\_\_\_\_\_. **Total factor productivity and transformations in Brazilian agriculture:** analysis of the Agricultural Censuses data. In:

Agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas. Organized by Gasques JG, Vieira Filho, JER, Navarro Z. Brasília: IPEA, 2010.

GRAZIANO DA SILVA, J. **A Nova Dinâmica da Agricultura Brasileira**. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Instituto de Economia, 211 p., 2ª ed., 1998.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. São Paulo: Pearson Makron Books, 3ª ed., 2000.

\_\_\_\_\_. **Econometria Básica: 4ª Edição**. Rio de Janeiro. Elsevier-Campus, 2006.

HILL, J.; NELSON, E.; TILMAN, D.; POLASKY, S.; TIFFANY, D. **Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 103 (30): 11206–10, 2006.

HOFFMANN, R. **Segurança Alimentar e a Produção de Etanol no Brasil**. Instituto de Economia – UNICAMP; Campinas, v. 13(2): 01-05, 2006.

IBGE, Pnad – **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 23 de junho 2014.

IBGE/PPM - PPM\_EFQUBV. 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 de agosto de 2014.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA/CATI – SAAESP). **Escritório de Desenvolvimento Rural**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>>. Acesso em: 26 de novembro de 2014.

IPEADATA. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 27 de novembro de 2013.

JORGENSON, D. W.; GRILICHES, Z. **The Explanation of productivity change**. In: JORGENSON, D. W. Productivity: postwar US economic growth. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, v. VI, p. 51-98, 1996.

LOHBAUER, C. **Biocombustíveis versus alimentos: um falso debate**. Brasil: Opinião Política, 2008.

MALFITANO, R. **Evolução Tecnológica das Máquinas Agrícolas no Brasil.** Seminário no IPEA em 28 de Setembro de 2004.

MARSHALL, A. **Principles of Economics.** London: MacMillan. 1890.

MARTINELLI, L.A., JOLY, C.A., NOBRE, C.A. & SPAROVEK, G. **The false dichotomy between preservation of the natural vegetation and food production in Brazil.** Biota Neotrop. 2010.

MATHEWS, J. A. **Biofuels:** what a biopact between North and South could achieve. Energy Policy, 35:3550–70; 2007.

MATTEI, L. **Programa Nacional para Produção e uso do Biodiesel no Brasil (PNPB):** trajetória, situação atual e desafios. In: XLVI Congresso da SOBER, 2008, Rio Branco. Anais do XLVI Congresso da SOBER. Brasília: SOBER, v. 1, 2008.

MENDES, J. T. G. **Economia:** fundamentos e aplicações. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

MENDES, S.; TEIXEIRA, E.C.,e SALVATO. **Investimentos em Infra-Estrutura e Produtividade Total dos Fatores na Agricultura Brasileira: 1985 – 2004.** RBE Rio de Janeiro V. 63 n. 2 / p. 91 – 102 Abr.- Junho, 2009.

MORCELI, P. **Futuro para o álcool brasileiro.** Revista de Política Agrícola. Ano 15, n°3, p. 19-27, jul-set., 2006.

MOREIRA, M.; NASSAR, A. M. **Evidences on Sugarcane Expansion and Agricultural Land Use Changes in Brazil.** Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais, junho de 2013.

MÜLLER, A.; SCHMIDHUBER, J.; HOOGEVEEN, J.; STEDUTO, P. **Some insights in the effect of growing bio-energy demand on global food security and natural resources.** In: International Conference: “Linkages between Energy and Water Management for Agriculture in Developing Countries”, Hyderabad, India, 28-31. Janeiro, 2007.

MURGAI, R.; BYERLEE, D; ALI, M. **Productivity growth and sustainability in post green revolution agriculture:** the case of the Indian and Pakistan Punjabs. Oxford: Oxford University Press. Research Observer. v. 16, n. 2, 2001.

PINGALI, P.; RANEY, T.; WIEBE, K. **Biofuels and food security: missing the point.** In Review of Agricultural Economics, 30(3), 506-516; 2008.

PONTES, N. **Brasil lidera produção de soja com recuperação de áreas degradadas.** DW. 2013.

PRESSER, M. F.; ALMEIDA L. T. de. **Negociaciones Internacionales y Seguridad Alimentaria: Perspectivas para el Mercosur.** In: Walter Belik. (Org.). Políticas de Seguridad Alimentaria y Nutrición en América Latina. São Paulo: HUCITEC, p. 223-281, 2004.

RATHMANN, R.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R.; **Land use competition for production of food and liquid biofuels: An analysis of the arguments in the current debate.** Renewable Energy, v. 35, 2009.

ROSEGRANT, M. W. **Environment and Production Technology Division International Food Policy Research Institute Testimony for the U.S. Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs.** Maio de 2008.

SACHS, I. **Os biocombustíveis estão chegando à maturidade.** Democracia Viva, No. 29, Dez/Out. 2005.

SANTOS, M. H. C. **Álcool: subproduto do açúcar ou combustível (1900-1975).** Versão preliminar. Brasília: FINEP, 1987.

SCOT CONSULTORIA. **Estimativas sobre áreas de pastagens no Brasil.** 2010.

SEARCHINGER, T. **Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change,** v. 38, Science 2008.

SERRA, T.; ZILBERMAN, D., GIL, J. **Price volatility in ethanol markets.** In 2009 ANNUAL MEETING, AGRICULTURAL AND APPLIED ECONOMICS ASSOCIATION. Milwaukee, Wisconsin, Jul. 26-28, 2009.

SERVICE, R. **Biofuel researchers prepare to reap a new harvest.** Science, v. 31, 2007.

SHELDON, I., ROBERTS, M. **US comparative advantage in bioenergy: a Heckscher-Ohlin-Ricardian approach.** In American Journal of Agricultural Economics, 90(5), 1233-1238; 2008.

TORRES, A. J. *et al.* **Projeto LUPA 2007/08**: censo agropecuário do Estado de São Paulo. São Paulo: IEA/CATI/SAA, 2009.

UNICA. **União da Indústria Canavieira**. Disponível em: <  
<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 18 de abril de 2014.