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

Análise dos impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético

Leandro Gilio

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

**Piracicaba
2015**

Leandro Gilio
Bacharel em Ciências Econômicas

Análise dos impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Profª. Dra. **MÁRCIA AZANHA FERRAZ DIAS DE MORAES**

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

Piracicaba
2015

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

Gilio, Leandro

Análise dos impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético / Leandro Gilio. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.
86 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Agroenergia 2. Impacto social 3. Cana-de-açúcar 4. Revisão de literatura 5. Painel espacial dinâmico I. Título

CDD 338.476641
G474a

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

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes, pela orientação cuidadosa, apoio, confiança e conhecimento compartilhado, neste e em todos os momentos desde que decidi por seguir no programa de pós-graduação da ESALQ-USP.

Aos professores doutores Carlos Eduardo de Freitas Vian, Carlos Eduardo Caldarelli e Alexandre Nunes de Almeida, pela leitura atenta ao meu trabalho e pela generosidade com relação às contribuições feitas em meu exame de qualificação.

Aos meus pais, Adinaura e Carlos, por sempre terem feito o possível e o impossível para proporcionar a mim e a meus irmãos a melhor educação que tiveram alcance, sempre acompanhada de todo amor, suporte e incentivos necessários para que nossos objetivos e sonhos se tornassem possíveis. Aos meus irmãos, Adriano, Rafael e Camila, pela amizade, companheirismo, aprendizado e carinho compartilhado.

Aos amigos que ganhei neste percurso como mestrando, em especial Nycole (minha assistente companheira de Forbs, estudos, energético, misto quente, rucas às 11h, entre outras broderagens); Marcox (pipoca); Mauta (tera); Noiva (Whey); Neto (5dias); Pontuschka (menes); Rodrigo (ladrão de aniversários); Marina (Mais Você); Juzinha; Gustavo; Trombs; Josi; Guxiu em sua formação completa; Alice (representantA); Giovanna (forninho); Lulu; Gustavo (da Nike); Henrique e o pessoal do PPGEA. Obrigado pelo acolhimento e risos compartilhados. Vocês fizeram tudo ficar mais fácil!

Aos meus amigos de todos os momentos: Thaís, Aline, Marina, Alex, Dé, Dessa, Pedro, Naxa, Dandan, Erica, Cris, Dori, Elena, Fer (J. Tío!), Ruy, Rodrigo, Camila, Fer (RTE) e Carlos. Ao Fabio Scorsolini-Comin, pelo incentivo e apoio fundamental à minha entrada no Mestrado, além de todo companheirismo, generosidade, aprendizado, amizade e respeito. Ao Danillo Araujo, pelo companheirismo, carinho, apoio e compreensão que foram essenciais na fase final de composição deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em especial a seus funcionários e corpo docente.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do mestrado.

Ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ-USP) pela oportunidade em compor sua equipe de pesquisadores. Em especial, à Profa. Dra. Adriana Ferreira Silva, pela supervisão, apoio e conhecimento compartilhado no CEPEA.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	9
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	11
LISTA DE TABELAS	13
1 INTRODUÇÃO	15
Referências	18
 2 O IMPACTO SOCIOECONÔMICO DA EXPANSÃO CANAVIEIRA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	 21
Resumo	21
Abstract.....	21
2.1 Introdução.....	21
2.2 Método.....	23
2.2.1 Tipo de estudo	23
2.2.2 Bases de dados consultadas	24
2.2.3 Critérios de inclusão e de exclusão.....	24
2.2.4 Procedimentos de coleta e análise de dados	25
2.3 Resultados.....	27
2.3.1 Mercado de trabalho e saúde do trabalhador	30
2.3.2 Transformação territorial e propriedade	32
2.3.3 Economia local e renda	37
2.3.4 Desigualdade de gênero.....	39
2.3.5 Projetos de avaliação, sustentabilidade e certificações	40
2.4 Conclusões.....	43
Referências	45
 3 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA EXPANSÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO NO DESENVOLVIMENTOSOCIOECONÔMICO DOS MUNICÍPIOS PAULISTAS.....	 49
Resumo	49
Abstract.....	49
3.1 Introdução.....	49

3.2 A dinâmica da expansão recente do cultivo de cana-de-açúcar	53
3.3 Procedimento Metodológico	58
3.3.1 Autocorrelação espacial global	59
3.3.2 Modelos espaciais	60
3.3.3 Painel espacial.....	61
3.3.4 Modelos de efeito fixo espacial	63
3.3.4 Método de momentos generalizado	64
3.3.5 Descrição dos dados.....	67
3.3.6 Definição da matriz espacial	68
3.3.7 Modelo proposto para análise	69
3.4 Resultados e discussão	70
3.5 Conclusões	78
Referências.....	79
APÊNDICES.....	83

RESUMO

Análise dos impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético

O setor sucroenergético tem grande representatividade histórica no agronegócio brasileiro e vem ganhando notoriedade no atual contexto da emergência da economia de baixo carbono e da crescente demanda mundial por fontes alternativas e renováveis de energia. Como consequência do crescimento da produção e consumo de etanol e açúcar, intensificado na última década, o avanço da cultura canavieira sobre novas áreas suscita uma série de questões de cunho ambiental, econômico e social acerca dos possíveis efeitos resultantes deste processo. Posto isso, este trabalho busca contribuir com estes desenvolvimentos relacionados à avaliação do aspecto socioeconômico da expansão canavieira e do setor sucroenergético sobre novas áreas, motivada pelo crescimento da produção e demanda de açúcar e etanol combustível no período. De modo mais específico, foram produzidos dois capítulos no formato de artigos científicos, que podem ser lidos e avaliados de modo independente: o primeiro trata-se de uma análise sistemática, qualitativa e crítica da literatura científica, recuperando estudos desenvolvidos sobre a temática central entre os anos de 2006 e 2013, com o objetivo de apresentar as principais conclusões de uma série de trabalhos relevantes relacionados à temática e se verificar as lacunas, convergências ou possíveis contrastes; já o segundo trabalho apresenta uma avaliação empírica quantitativa, utilizando uma abordagem metodológica econométrica de dados em painel, analisando dados de municípios de São Paulo entre os anos de 2005 a 2011. Neste segundo estudo, se verificou que o efeito positivo da presença do setor sobre os municípios é relacionado com a presença de usinas/destilarias de cana-de-açúcar na região, enquanto que a expansão somente da cultura agrícola da cana-de-açúcar apresentou efeito negativo em pequena escala. As conclusões de ambos os estudos sugerem a necessidade de novas pesquisas na área, evidenciando-se que este é um tema fértil mas relativamente ainda pouco explorado na literatura.

Palavras-chave: Agroenergia; Impacto social; Cana-de-açúcar; Revisão de literatura; Painel espacial dinâmico

ABSTRACT

Socioeconomic impacts of the expansion of the sugarcane sector

The sugarcane industry has historical importance in the Brazilian agribusiness and has gained notoriety in the current context of the emergence of low-carbon economy and the growing worldwide demand for alternative and renewable energy sources. The advance of sugarcane crops on new areas and the growth in production and consumption of ethanol and sugar, intensified in the last decade, raises a number of environment, economic and social issues about the possible effects of this process. This work aims to contribute to these developments related to the evaluation of socio-economic aspect of sugarcane expansion and the sugarcane industry into new areas, caused by the growth of production and demand for sugar and ethanol fuel in the period. More specifically, two chapters were produced in the format of scientific articles that can be read and evaluated independently: the first one is a systematic analysis, qualitative and critical of the scientific literature, recovering developed studies on the central theme of the years 2006 and 2013, with the aim of presenting the main findings of a number of relevant work related to the topic and check the gaps, convergences or possible contrasts; the second paper presents a quantitative empirical evaluation using an econometric methodological approach to panel data, analyzing data of São Paulo municipalities between the years 2005 to 2011. In this second study, it was found that the positive effect of the industry's presence on the municipalities is related to the presence of mills / distilleries of cane sugar in the region, while the expansion only the crop of cane sugar presented negative effect on small scale. The findings of both studies suggest the need for further research in the area.

Keywords: Bioenergy; Social impact; Sugarcane; Literature review; Spatial dynamic panel

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 2.1 – Níveis de evidência para classificação dos artigos selecionados	26
Quadro 2.2 – Estudos recuperados e analisados na íntegra classificados por níveis de evidência.....	30
Quadro 2.3 – Aspectos sociais considerados nos processos de certificação e avaliação	41
Quadro 3.1 – Modelos econométricos espaciais conforme defasagens espaciais incluídas.....	61
Quadro 3.2 – Resumo dos componentes do IFDM	67
Quadro 3.3 – Variáveis utilizadas no estudo, referências e fonte de dados	68
 Figura 2.1 – Fluxograma metodológico do estudo	 27
Figura 2.2 – Evolução do número de trabalhos encontrados nas buscas pelos unitermos, conforme ano de publicação	8
Figura 2.3 – Correlação do número de trabalhos encontrados nas buscas pelos unitermos com a produção mundial de etanol combustível.....	8
Figura 2.4 – Evolução da proporção de origem da cana-de-açúcar no estado de São Paulo ...	35
Figura 3.1 – Produção de cana-de-açúcar e derivados nas safras de 1975/1976 a 2011/2012.	50
Figura 3.2 – Mapa da expansão da cultura canavieira nos municípios brasileiros: percentual de área destinada à agricultura ocupada pelo cultivo de lavoura temporária de cana-de-açúcar (2005 e 2011)	54
Figura 3.3 – Mapa da expansão da cultura canavieira nos municípios paulistas: percentual de área destinada à agricultura ocupada pelo cultivo de lavoura temporária de cana-de-açúcar (2005 e 2011).	55
Figura 3.4 – Evolução do share de destinação da cana-de-açúcar (entre etanol e açúcar).....	56
Figura 3.5 – Municípios com a presença de usinas/destilarias de cana-de-açúcar (2005 e 2011)	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Evolução da Área Plantada de Cana-de-açúcar por Região, de 2000 a 2012, em mil hectares	51
Tabela 3.2 – Área, em mil hectares, destinada a produção de lavoura temporária de cana-de-açúcar nos cinco principais estados produtores, de 2005 a 2012	55
Tabela 3.3 – Número de novas usinas construídas entre 2005 e 2009	57
Tabela 3.4 – Média de PIB per capita dos municípios paulistas em 2011	58
Tabela 3.5 – Análise descritiva das variáveis utilizadas (período de 2005 a 2011)	71
Tabela 3.6 – Teste do I de Moran para autocorrelação espacial global.....	72
Tabela 3.7 – Estimativas para o modelo (10) por GMM-SYS	74

1 INTRODUÇÃO

No contexto da emergência da economia de baixo carbono e da crescente demanda mundial por fontes alternativas e renováveis de energia, o Brasil desponta-se em posição de vanguarda tecnológica e produtiva no que se refere a biocombustíveis, notadamente conquistada pela experiência histórica do país na produção e uso de etanol combustível em larga escala, iniciada já em 1975 com criação Proálcool (Programa Nacional do Álcool). Com este programa, o governo brasileiro interviu criando um novo mercado de biocombustíveis, sendo este rigidamente controlado até 1999, o que consolidou regras claras e estáveis que permitiram às empresas realizar investimentos de longo prazo necessários para o alcance de seus objetivos (MORAES, 2011).

Desde então, a agroindústria sucroenergética brasileira passou por grandes transformações e mudanças institucionais, com destaque para o período pós-década de 90, em que ocorreram; a cessão da intervenção governamental; o advento dos veículos bicompostíveis; movimento de aquisições, fusões e internacionalização de ativos; além do grande crescimento da demanda interna e externa por açúcar e etanol (MORAES *et al.* 2013; MORAES; ZILBERMAN, 2014).

Neste contexto, se observa a grande ampliação da fronteira da cultura canavieira dentro da dinâmica territorial da agricultura brasileira nas últimas décadas, por meio da incorporação de novas áreas, principalmente oriundas da substituição de culturas tradicionais ou áreas de pastagens, motivada principalmente pelo crescimento da produção de etanol combustível (GONÇALVES, 2009). Entre 2000 e 2012, a área destinada à produção de cana-de-açúcar aumentou de cerca de 4.880 mil hectares em 2000 para 9.752 mil hectares em 2012, segundo dados da pesquisa de Produção Agrícola Municipal do IBGE (2013). Mesmo com o atual cenário de crise no setor, pressionado principalmente pela elevação de custos de produção e a concorrência com os preços controlados da gasolina, estima-se no Brasil um acréscimo na área plantada de 286,6 mil hectares na temporada 2014/15, equivalendo a 3,3% de crescimento em relação à safra 2013/14, segundo dados da CONAB (2014).

Certamente, este movimento vem provocando, além de mudanças na paisagem agrícola das regiões afetadas, diferentes impactos na realidade socioeconômica dos municípios produtores, o que suscita diversos questionamentos acerca deste processo. Na literatura, encontramos uma diversidade de estudos voltados à análise e avaliação destes. Ribeiro (2013) e Mangoyana, Smith e Simpson (2013) realizam uma revisão recente e detalhada da literatura internacional relacionada à avaliação de impactos e políticas públicas voltadas a incentivos à

produção de bioenergia. Ambos os estudos convergem na conclusão de que há um grande número de trabalhos que avaliam aspectos ambientais e econômicos, mas que ainda existe uma relativa carência de estudos e conclusões no que tange a impactos sociais e de bem-estar provenientes do crescimento da produção de biocombustíveis. Por outro lado, dada a relevância da temática, iniciativas internacionais de avaliação e certificação vêm recebendo apoio de agências internacionais como Banco Interamericano de Desenvolvimento, UNESCO, Banco Mundial e OCDE para o desenvolvimento de métodos que incluam o pilar social às avaliações de sustentabilidade da produção de bioenergia de origem agrícola, ainda que sejam iniciativas nascentes, com poucas evidências efetivamente apresentadas, ou ainda com enfoque regionalizado (OLIVEIRA, 2011; MANGOYANA; SMITH; SIMPSON, 2013). Entre essas várias iniciativas, podemos citar o *Global Bioenergy Partnership* (GBEP); *Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB); Bonsucro; *Verified Sustainable Ethanol Initiative* (VSEI); e Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-açúcar.

Na literatura voltada às análises dos efeitos regionalizados da expansão das lavouras de cana-de-açúcar no contexto brasileiro, Satolo (2013) avalia o impacto da expansão canavieira no estado de São Paulo, avaliando seus impactos no PIB real *per capita* dos municípios paulistas. Por meio de um modelo dinâmico espacial de dados em painel, o estudo evidencia que existe uma dependência espacial e temporal positiva sobre o nível de renda per capita e sobre sua distribuição.

Chagas, Toneto-Jr e Azzoni (2012) buscaram identificar os efeitos que a produção de cana de açúcar tem sobre os indicadores sociais das regiões produtoras utilizando Índice de Desenvolvimento Humano municipal (IDH-M) como indicador síntese das condições sociais locais. Por meio do método de *propensity score matching* espacial, estes autores concluem que a presença do setor nos municípios avaliados não é relevante para determinar suas condições sociais, seja para melhor ou para pior, e que possivelmente para as regiões produtoras de cana-de-açúcar os benefícios não sejam tão evidentes quanto possam ser para o país como um todo. Também avaliando impactos sobre um indicador socioeconômico consolidado, Bacchi e Caldarelli (2015) empreenderam uma análise de dados em painel, buscando identificar as externalidades positivas relacionadas à expansão do setor sucroenergético por meio da avaliação do Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM). Estes autores apresentam evidências de que a expansão do setor sucroenergético no estado de São Paulo gerou efeitos positivos sobre o emprego e a renda, mas não se observou impactos positivos expressivos sobre a saúde e a educação.

Em diferentes estudos de caso, ainda se reporta a precariedade dos empregos gerados, os riscos à saúde dos trabalhadores rurais e as más condições de acolhimento do trabalhador imigrante, o que sugere a ocorrência de impactos negativos em nível local, evidenciando que as regiões produtoras podem até arcar com algum ônus proporcionalmente maior que o bônus gerado pelo setor ao país (MARTINELLI, FILOSO, 2008; RIBEIRO, FICARELLI, 2010; GALIANO, VETTORASSI, NAVARRO, 2012).

Posto isso, este trabalho busca contribuir com estes desenvolvimentos relacionados à avaliação do aspecto socioeconômico da expansão canavieira e do setor sucroenergético sobre novas áreas, motivada pelo crescimento da produção e demanda de açúcar e etanol combustível no período. De modo mais específico, este estudo trará uma análise qualitativa e crítica da literatura científica, recuperando estudos desenvolvidos sobre a temática central entre os anos de 2003 e 2013, com o objetivo de apresentar as principais conclusões de uma série de trabalhos relevantes relacionados à temática e se verificar as lacunas, convergências ou possíveis contrastes. Também será apresentada uma avaliação empírica quantitativa, utilizando uma abordagem metodológica econométrica de dados em painel, analisando dados de municípios de São Paulo entre os anos de 2005 a 2011.

Os capítulos desta dissertação foram concebidos na forma de artigos científicos. Deste modo, embora a ordenação adotada, em dois capítulos sequenciais, favoreça o entendimento do argumento principal deste trabalho, os estudos podem ser lidos de maneira independente. Ressalta-se, porém, que eventuais redundâncias ou repetições entre textos, citações, motivações ou referências podem ser observadas, notadamente nas seções introdutórias dos capítulos. O capítulo 2, intitulado “O impacto socioeconômico da expansão canavieira: uma revisão sistemática da literatura” trata-se de um estudo de revisão sistemática da literatura nacional e internacional acerca dos impactos socioeconômicos decorrentes do processo de substituição de culturas e expansão do cultivo de cana-de-açúcar, em consequência da expansão da produção de etanol combustível. O terceiro, de título “Avaliação de impacto socioeconômico da expansão do setor sucroenergético em municípios paulistas” traz uma análise empírica, que busca avaliar, de modo quantitativo, por meio da análise de dados em painel, o impacto da expansão canavieira recente sobre indicadores socioeconômicos de municípios de São Paulo.

Referências

BACCHI, M. R. P; CALDARELLI, C. . Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo entre 2005 e 2009. **Nova Economia**, Belo Horizonte, 2015. No prelo.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar**, Segundo Levantamento, Brasília, 2014. 18p.

CHAGAS, A. L S.; TONETO-JR, R.; AZZONI, C. R. A Spatial Propensity Score Matching Evaluation of the Social Impacts of Sugarcane Growing on Municipalities in Brazil. **International Regional Science Review**, Filadélfia, v. 35, n. 1, p. 48-69, 2012.

GALIANO, A. D. M.; VETTORASSI, A.; NAVARRO, V. L. Trabalho, saúde e migração nos canaviais da região de Ribeirão Preto (SP), Brasil: o que percebem e sentem os jovens trabalhadores? **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 51-64, 2012.

GONÇALVES, D. B. Considerações sobre a expansão recente da lavoura canavieira no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 10, p. 70-82, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Banco de dados agregados: sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=18&i=P>>. Acesso em: 16 out. 2014.

MANGOYANA, R. B.; SMITH, T. F.; SIMPSON, R. A systems approach to evaluating sustainability of biofuel systems. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Nova York, v. 25, p. 371-380, 2013.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecological Applications**, Washington, v. 18, n.4, p.885-898, 2008.

MORAES, M. A. F. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro**. 1999.238 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

MORAES, M. Perspective: lessons from Brazil. **Nature**, Nova York, v. 474, n. 7352, p. S25-S25, 2011.

MORAES, M. A. F. D.; GUILHOTO, J. J. M.; COSTA, C. C. Impactos sociais do aumento de demanda de etanol hidratado versus gasolina C na economia brasileira. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, p. 45-57, 2013.

OLIVEIRA, J. G. **Indicadores socioeconômicos em estados produtores de cana-de-açúcar: análise comparativa entre municípios**. 2011. 202p. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, Campinas, 2011.

RIBEIRO, B. E. Beyond commonplace biofuels: Social aspects of ethanol. **Energy Policy**, Chattanooga, v. 57, p. 355-362, 2013.

RIBEIRO, H.; DE AQUINO FICARELLI, T. R. Sugarcane Burning and Perspectives for Harvesters in Macatuba, Sao Paulo. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 48-63, 2010.

SATOLO, L. F. ; BACCHI, M. R. P. . Impacts of the Recent Expansion of the Sugarcane Sector on Municipal per Capita Income in São Paulo State. **ISRN Economics**, Cairo, v. 2013, p. 1-14, 2013

2 O IMPACTO SOCIOECONÔMICO DA EXPANSÃO CANAVIEIRA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Resumo

Como consequência do crescimento da produção de etanol combustível, o avanço da cultura canavieira sobre novas áreas suscita uma série de questões de cunho ambiental, econômico e social acerca dos possíveis efeitos resultantes deste processo. Este estudo objetiva analisar sistematicamente a produção bibliográfica produzida entre os anos de 2003 e 2013 relacionada ao tema de impacto socioeconômico provenientes da expansão do cultivo de cana-de-açúcar e/ou produção e consumo de etanol. Foram pesquisados artigos científicos nas bases de dados Web of Science, Scopus e SciELO, compondo uma amostra de 46 estudos selecionados conforme critérios de inclusão, que foram categorizados conforme níveis de evidência e tema de investigação. Os resultados apontam para uma predominância de estudos de caso, de caráter regionalizado e de pequena abrangência. Também se observa a existência de resultados divergentes entre análises qualitativas; quantitativas e em diferentes níveis geográficos, o que indica a necessidade de novos tipos de análises.

Palavras-chave: Etanol; Cana-de-açúcar; Impacto social; Revisão de literatura

Abstract

The growth in bioethanol production and the advance of sugarcane crops into new areas may lead to environmental, economic and social impacts. This study aims to evaluate systematically the bibliographic production produced between 2003 and 2013 related to the theme of socio-economic impact from the expansion of sugarcane crops and/or ethanol production and consumption. Scientific articles were searched in the databases Web of Science, Scopus and SciELO, composing a sample of 46 selected studies as inclusion criteria, which were categorized as levels of evidence and research topic. The results indicate a predominance of case studies, a regionalized character and limited scope. It is also shown divergent results between qualitative, quantitative and in different geographic levels of analysis, suggesting the need of further studies.

Keywords: Ethanol; Sugarcane; Social impact; Literature review

2.1 Introdução

Desde a virada do século, os biocombustíveis vêm sendo promovidos em nível mundial, não só pelo potencial em mitigar a emissão de gases de efeito estufa (GEE) e reduzir a dependência de combustíveis fósseis, mas também como possibilidade de progresso do meio rural e crescimento sustentável de países em desenvolvimento. Neste contexto, diversos estudos destacam as evidências da possibilidade de crescimento econômico advindo do setor, com geração de emprego e renda, podendo gerar benefícios líquidos positivos ao país produtor, principalmente à população de baixa renda (HOFFMAN, 2006; MORAES, 2007; SATOLO, 2013).

No entanto, estes benefícios gerados pela produção e consumo de combustíveis de origem agrícola vêm sendo confrontados na literatura científica, com a emergência de diversos

trabalhos que ressaltam as potenciais consequências negativas da produção de biocombustíveis, notadamente no que se refere a um possível ônus social destinado às regiões produtoras em nível local, como a precarização das relações e condições de trabalho, alocação e uso da terra, pressão sobre preço dos alimentos, entre outros aspectos (SILVA, 2008; MARTINELLI; FILOSO, 2008; GONÇALVES; RODRIGUES; MENDONÇA, 2010; GALIANO; VETTORASSI; NAVARRO, 2012).

No contexto brasileiro, desde com criação Proálcool (Programa Nacional do Álcool) em 1975, o país acumula uma experiência histórica na produção e uso de etanol combustível em larga escala. Com este programa, o governo brasileiro interviu criando um novo mercado de biocombustíveis, sendo este rigidamente controlado até 1999, o que consolidou regras claras e estáveis que permitiram às empresas realizarem investimentos de longo prazo necessários para o alcance de seus objetivos (MORAES, 2011).

Desde a cessão da intervenção governamental no setor e o advento dos veículos bicombustíveis em 2003, a demanda interna por etanol hidratado apresentou grande crescimento, passando de 4.603.588m³ vendidos pelas distribuidoras em 2000 para 10.816.694m³ em 2013, representando um crescimento de 235% da quantidade demandada neste mercado em treze anos, ampliando a importância e a dinâmica do setor na economia brasileira (MORAES; GUILHOTO; COSTA, 2013; ANP, 2013). Este cenário foi acompanhado pela perspectiva de criação de um mercado global de etanol, com o comprometimento de vários países, importantes consumidores de combustíveis fósseis como Estados Unidos e China, com acréscimos de etanol à gasolina e incrementos no uso de biodiesel (REN, 2012).

Posto isso, na paisagem agrícola brasileira se observa a significativa ampliação do cultivo canavieiro por meio da incorporação de novas áreas principalmente oriundas da substituição de áreas de plantio de café, culturas alimentares tradicionais e/ou áreas de pastagens (GONÇALVES, 2009; PISSINATO, 2014). Mesmo no atual ciclo de crise do setor, que vem sofrendo com a política de preços e desonerações tributárias sobre a gasolina, observados desde 2010, a área total plantada em hectares de cana-de-açúcar passou de 4.879.841 hectares, ou 9,4% das áreas brasileiras destinadas a lavouras temporárias e permanentes em 2000, para 9.752.328 hectares em 2012, chegando à representatividade de 14,1% da área total (IBGE, 2013; MORAES; ZILBERMAN, 2014).

Este movimento de transformação no campo por meio da expansão canavieira, com a ocorrência de substituição de culturas tradicionais ou áreas de pastagens, traz à tona importantes questões de cunho ambiental, econômico e social decorrentes deste processo, o

que torna a temática um objeto de estudo bastante fértil à pesquisa interdisciplinar, notadamente à ciência econômica.

A partir deste breve panorama, o presente estudo propõe-se a avaliar sistematicamente a literatura acerca dos impactos socioeconômicos decorrentes do processo de substituição de culturas, dada a expansão do cultivo de cana-de-açúcar e o crescimento da produção e consumo de etanol combustível. Mais particularmente, orienta-se esta busca em identificar temas convergentes nos artigos publicados e principais recursos metodológicos utilizados na área, de modo que se permita caracterizar os principais efeitos do cultivo de cana-de-açúcar sobre a dinâmica socioeconômica das regiões produtoras por meio dos resultados dos estudos avaliados e propiciar uma base atualizada e sintética de revisão para estudos vindouros.

2.2 Método

2.2.1 Tipo de estudo

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura científica. Este tipo de estudo caracteriza-se por adotar critérios metodológicos rígidos, com rigor e método científico, na busca e seleção de estudos, evitando-se um maior grau de subjetividade em sua composição. É um tipo de estudo que assume a quantificação da informação como forma de oferecer um determinado “retrato” acerca de uma dada produção, tema ou área de estudo (SCORSOLINI-COMIN, 2014). A partir da organização dessa produção por meio dos níveis de evidência, também se pode subsidiar determinadas práticas e utilização de métodos de avaliação, a exemplo do que ocorre nas ciências da saúde. A *prática baseada em evidências*, nas áreas de saúde, refere-se ao uso consciencioso, explícito e criterioso de informações derivadas de teorias e pesquisas para a tomada de decisão sobre práticas (GALVÃO; SAWADA; TREVIZAN, 2004). A utilização deste método em ciências humanas pode ser importante como forma de consolidação das evidências relacionadas a uma área de pesquisa específica, identificando possíveis divergências e lacunas de pesquisa, de modo a balizar estudos posteriores.

Deste modo, a pergunta norteadora desta revisão é: quais as evidências disponíveis na literatura científica sobre os impactos socioeconômicos resultantes do aumento do uso de etanol combustível e da substituição de culturas pela expansão do cultivo de cana-de-açúcar, no contexto nacional e/ou internacional? Busca-se, mais particularmente, verificar as perguntas que são formuladas nos diversos estudos, os recursos metodológicos empregados, a natureza e as perspectivas teóricas abordadas, de modo a identificar convergências e

evidências na literatura que permitam caracterizar as principais mudanças de cunho socioeconômicos decorrentes deste processo de mudança no campo.

2.2.2 Bases de dados consultadas

A pesquisa bibliográfica foi realizada entre os meses de março e maio de 2014, mediante busca eletrônica de artigos científicos indexados nas seguintes bases de dados: Scopus, SciELO, Web of Science. A escolha dessas três bases deveu-se ao fato delas indexarem periódicos de mais de 100 países e representarem os principais índices bibliográficos multidisciplinares, no âmbito da produção científica nacional e internacional, compondo uma ampla base de trabalhos de grande visibilidade e acessibilidade (PACKER, 2011).

2.2.3 Critérios de inclusão e de exclusão

Foram selecionados nesta revisão: (a) artigos publicados em periódicos indexados; (b) artigos publicados na íntegra em língua inglesa ou portuguesa; (c) trabalhos originais relacionados à pesquisa na área de economia, sociologia, geografia, agroenergia, agronomia e engenharia, sem restrição de amostra, método, referencial ou ponto de vista; (d) textos que tenham pertinência com a temática proposta nesse estudo, respeitando-se o enfoque nos impactos socioeconômicos provenientes da expansão do cultivo de cana-de-açúcar e/ou produção e consumo de etanol (de cana-de-açúcar); (e) publicados no período de 2003 a 2013; (f) relacionados diretamente à questão norteadora, buscando-se excluir produções que apenas mencionassem a temática sem discuti-la ou que a abordassem de modo tangencial. Foram excluídos materiais como teses, dissertações, monografias, livros, capítulos, resenhas, notícias e anais de congressos, com o fim de limitar a amostra a estudos de maior visibilidade.

Diante da diversidade de possíveis estudos a serem recuperados e avaliados e da necessidade de limitação da amostra para a análise empreendida, a escolha por artigos científicos justifica-se pela maior abrangência, repercussão e memória deste tipo de estudo, dado que livros, anais de congresso, teses e dissertações são, por vezes, objetos únicos e de distribuição limitada. Segundo Parcker (2011), cerca de 75% das referências citadas em trabalhos publicados em periódicos indexados na base SciELO (em 2009) correspondiam a artigos científicos, face a 20% de livros, 2% de anais de congresso e 2% de teses e dissertações.

2.2.4 Procedimentos de coleta e análise de dados

A seleção inicial foi realizada por meio da ocorrência, nos títulos e resumos, do cruzamento de palavras-chave relacionadas ao impacto social proveniente da expansão da produção de cana-de-açúcar e etanol. A fim de abarcar a maioria dos estudos produzidos na área e ampliar os alcances da revisão, foram empregados os seguintes unitermos (em português e em inglês)¹, juntamente com o operador booleano “and” entre as palavras em todas as bases: impacto social e etanol; impacto socioeconômico e etanol; impacto econômico e etanol; efeito social e etanol; efeito socioeconômico e etanol; efeito econômico e etanol; impacto social e cana-de-açúcar; impacto socioeconômico e cana-de-açúcar; impacto econômico e cana-de-açúcar; efeito social e cana-de-açúcar; efeito socioeconômico e cana-de-açúcar; efeito econômico e cana-de-açúcar; impacto social e biocombustíveis; impacto socioeconômico e biocombustíveis; impacto econômico e biocombustíveis; efeito social e biocombustíveis; efeito socioeconômico e biocombustíveis; efeito econômico e biocombustíveis. Esses unitermos deveriam estar presentes nos seguintes campos de busca: título, resumo e/ou palavras-chaves, a fim de potencializar a recuperação de estudos diretamente relacionados à pergunta norteadora e não a trabalhos que mencionem ou investiguem apenas tangencialmente os impactos sociais decorrentes do processo em destaque nesta revisão.

Após a amostragem inicial de trabalhos, foi realizada uma leitura prévia dos resumos, seguindo os critérios de inclusão e exclusão já mencionados na seção 2.2.3. Na sequência a este levantamento preliminar, foram recuperados na íntegra os artigos selecionados. Foi realizada a leitura integral e analítica dos mesmos, identificando os seguintes elementos: tipo de estudo, periódico, autores, instituição de origem dos autores, objetivos principais, método empregado, instrumentos, referencial teórico, amostra e principais resultados. Os artigos selecionados também foram classificados conforme níveis de evidência. Os critérios para a definição dos níveis de evidência foram adaptados de Stetler *et al.* (1998) para uma melhor aderência a estudos em ciências econômicas, apresentados no Quadro 2.1. Uma modificação importante que cabe ressaltar foi a eliminação do nível de evidência dos estudos de delineamento experimental. Essa escolha justifica-se pela raridade e a baixa viabilidade de

¹ Nota: nas buscas em inglês não foram utilizadas as versões com o unitermo “*ethanol*”, que seria a tradução direta de “Etanol”, pelo fato desta palavra ser amplamente empregada em estudos de saúde, e menos associada ao biocombustível originado da cana-de-açúcar que é foco deste estudo. Portanto, com o objetivo de evitar a busca de um grande número de trabalhos que não tenham relação com a pergunta norteadora da revisão, priorizou-se, na língua inglesa, a busca pelo termo “*ethanol*” associada aos termos “*biofuel*” e “*sugarcane*”.

execução de artigos em ciências econômicas e sociais com este tipo de método. Após a categorização dos estudos recuperados, procedeu-se à análise das evidências disponíveis nos mesmos, sistematizando os principais resultados para responder à questão norteadora, conforme apresentado nas seções de Resultados e Discussão. Uma apresentação esquemática do método, na forma de fluxograma, está apresentada na Figura 2.1.

Nível de evidência	Tipo de estudo
1	Revisão sistemática de múltiplos estudos empíricos e não empíricos.
2	Estudo com delineamento quase-experimental, como estudos sem randomização com grupo único pré e pós-teste, séries temporais; caso-controle e de métodos quantitativos.
3	Estudo com delineamento não-experimental, como pesquisa descritiva correlacional e qualitativa ou estudos de caso.
4	Relatório de casos ou dados obtidos de forma sistemática, de qualidade verificável ou dados de avaliação de programas.
5	Opinião de autoridades respeitáveis, especialistas e interpretações de informações não baseadas em pesquisas.

Quadro 2.1 – Classificação por níveis de evidência

Fonte: elaborado pelo autor com base em Stetler *et al.* (1998)

Figura 2.1 - Fluxograma metodológico do estudo

Fonte: elaborado pelo autor

2.3 Resultados

Nesta seção, são expostos os resultados encontrados nas consultas às bases acerca dos impactos sociais da substituição de culturas em virtude da expansão do cultivo de cana-de-açúcar e do crescimento da demanda por etanol combustível. Os unitermos utilizados nas consultas, embora por vezes recuperassem trabalhos repetidos, possibilitaram uma vasta abrangência de estudos relacionados à área. Conforme as Figuras 2.2 e 2.3, nota-se, com relação aos unitermos pesquisados, o crescimento do número de artigos publicados nos

últimos anos e a correlação entre o número de estudos publicados a produção mundial de etanol.

Figura 2.2 – Evolução do número de trabalhos encontrados nas buscas pelos unitermos, conforme ano de publicação

Fonte: Elaborado pelo autor com base em consulta à base Web of Science.

Figura 2.3 – Correlação do número de trabalhos encontrados nas buscas pelos unitermos com a produção mundial de etanol combustível

Fonte: Elaborado pelo autor com base em consulta à base Web of Science e a dados da OECD-FAO *Agricultural Outlook* 2010-2019.

A base *Web of Science* possibilitou a identificação inicial de 357 artigos relacionados ao tema; Scopus apresentou 905 e artigos na soma dos resultados pelas buscas por todos os unitermos em inglês. SciELO retornou um número bastante menor de estudos, 37 trabalhos.

Após análise prévia dos títulos, exclusão de trabalhos repetidos e leitura dos resumos, eliminando-se os trabalhos que não preenchiam os requisitos fixados à revisão sistemática, sobretudo com a relação de parâmetros de pertinência e relação explícita com o tema pesquisado, foram recuperados 46 trabalhos, lidos na íntegra e classificados conforme o nível de evidência. Com relação à origem de autoria dos trabalhos selecionados, a maioria da produção é brasileira (36%), seguida por trabalhos produzidos nos Estados Unidos, Holanda, Reino Unido, Austrália e Alemanha, entre outros países em menor número.

Entre os trabalhos selecionados, na verificação dos recursos metodológicos utilizados, encontramos diversos estudos de caso, muitas vezes realizados com aplicação de entrevistas (SHIKIDA; SOUZA, 2009; RIBEIRO; FICARELLI, 2010; AMIGUNA; MUSANGOB; STAFFORDA, 2011; CARVALHO; MARIN, 2011; GERMAN; SCHONVELD; PACHECO, 2011; FERRANTE; BARONE, 2011; GALIANO, VETTORASSI, NAVARRO, 2012; OLIVEIRA, FERREIRA, ARAÚJO, 2012; MORAES, LOPES, PRIULI, 2013; DUVENAGE *et al.*, 2013; VONGVISOUK *et al.*, 2014), estudos que apresentam levantamentos de dados em análises descritivas de caráter exploratório (COELHO *et al.*, 2006; MORAES, 2007; MARTINELLI, FILOSO, 2008; SAWYER, 2008; JUMBE; MSISKA; MADJERA, 2009; SCHAFFEL; ROVERE, 2010; WILKINSON; HERRERA, 2010; CORBIÈRE-NICOLLIER; BLANC; ERKMAN, 2011; EGESKOG *et al.*, 2011; HANFF; DABAT; BLIN, 2011; LEHTONEN, 2011; WATSON, 2011; OLIVEIRA; FERREIRA; ARAÚJO, 2012; SAUER; LEITE, 2012; GAMBORG *et al.*, 2012; DIEPERINK; MAAS, 2012; GASPARATOS; LEHTONEN, 2013; MARTÍNEZ *et al.*, 2013; NEWBERRY, 2013; MOHR; BAUSCH, 2013; SNEYD, 2014; EKENER-PETERSEN; HÖGLUND; FINNVEDEN, 2014; HUNSBERGERA *et al.*, 2014; LIMA, GUPTA, 2014; VENGHAUS; SELBMANN, 2014; KAINIEMI; ELONEVA; JÄRVINEN, 2014), revisões de literatura e trabalhos que consolidam aspectos importantes na área (SMEETS *et al.*, 2008; DAM; JUNGINGER; FAAIJ, 2010; SCARLAT; DALLEMAND, 2011; MANGOYANA, SMITH, SIMPSON, 2013; RIBEIRO, 2013; DALEA *et al.*, 2013; HODBOD; TOMEI, 2013; MOHR; RAMAN, 2013) e, em menor escala, estudos empíricos quantitativos, de delineamento quase-experimental ou análises de equilíbrio geral (GIESECKE; HORRIDGE; SCARAMUCCI, 2007; DEUSS, 2012; BANERJEE, MACPHERSON, ALAVAPATI, 2012; CHAGAS; TONETO-JR; AZZONI, 2012; FERREIRA-FILHO, 2013; SATOLO; BACCHI, 2013; NARDY, GURGEL, 2013; NUÑEZ; ÖNAL; KHANNA, 2013). No Quadro 2.2, são classificados os trabalhos selecionados recuperados e analisados na íntegra conforme os níveis de evidência já apresentados no Quadro 2.1.

Nível de evidência	Número de estudos selecionados
1	2
2	7
3	36
4	1
5	-

Quadro 2.2 - Estudos recuperados e analisados na íntegra classificados por níveis de evidência

Fonte: Resultado do estudo.

A análise dos resultados destes diferentes estudos, construídos sob diversos percursos metodológicos, possibilitou uma visão global, atual e sintética acerca de como a temática vem sendo retratada na literatura científica nos últimos anos. Nas subseções seguintes, são sumarizadas as principais contribuições dos trabalhos selecionados, integralizando-os em seções temáticas, conforme a convergência de resultados.

2.3.1 Mercado de trabalho e saúde do trabalhador

Ao analisar a literatura acerca dos impactos socioeconômicos relacionados à expansão da cultura canavieira proveniente do crescimento da produção de biocombustíveis, fica clara a predominância de trabalhos relacionados aos impactos sobre o mercado de trabalho e trabalhadores rurais. Tal recorrência pode ser justificada pelo fato de, segundo Carvalho e Marin (2011), a promoção do acesso ao trabalho constituir um dos principais mecanismos de promoção e inclusão social embutidos nas políticas agroenergéticas de modo geral.

Os postos de trabalho criados pela presença do setor podem ser de maneira direta, na produção de etanol ou cana-de-açúcar; indireta, nas indústrias que produzem insumos ou intermediários relacionados à cadeia produtiva de etanol e cana-de-açúcar; ou induzidos, gerados a partir dos efeitos do processo produtivo nas economias locais. Verifica-se na literatura uma atenção maior à criação de postos de maneira direta.

Moraes (2007) realiza uma análise descritiva dos dados da PNAD e da RAIS, destacando a dimensão de crescimento dos indicadores de número de trabalhadores e formalização no setor. No Brasil como um todo, o estudo indica que entre 2000 e 2005, considerando-se os três setores (cana-de-açúcar, açúcar e álcool) conjuntamente, houve aumento expressivo de 52,9% do número de empregados, que passou de 642.848 em 2000 para 982.604 em 2005 (MORAES, 2007). Martínez *et al.* (2013) avaliam que em áreas do Nordeste brasileiro, os

impactos sobre o emprego são mais proeminentes, dada presença de atividades industriais nessas áreas de expansão da cana e a ausência das mesmas nas áreas tradicionais. Coelho *et al.* (2006) destaca o menor custo de criação de um posto de trabalho na agroindústria sucroenergética com relação a indústria química e petroquímica. Segundo estes autores, um posto na indústria química e petroquímica chega a custar até vinte vezes mais e a taxa de emprego por unidade de energia produzida pelo etanol é até 152 vezes maior com relação as indústrias de óleo (ou combustível de origem fóssil).

Mas no contexto rural, onde a criação de novos postos de trabalho claramente promove benefícios sociais associados a ganhos de renda e à economia local, também pode trazer externalidades negativas a setores tradicionais. Carvalho e Marin (2011), em um estudo de caso realizado em Itapuranga (GO) no ano de 2011, relatam a ocorrência de impactos negativos entre agricultores familiares, onde a migração de trabalhadores para a agroindústria canavieira acabou restringindo as possibilidades de contratação de trabalhadores temporários para este tipo de unidade produtora, sendo necessária, por vezes, a redução das áreas ocupadas com determinadas culturas, em geral alimentares, mais exigentes em mão de obra.

Além disso, a qualidade e as condições destes postos de trabalho gerados de forma direta pelo setor agroenergético são vistas na literatura com ressalvas. Estudos localizados, realizados em diferentes cidades, são convergentes em apontar que grande parte destes trabalhadores, caracterizados como jovens, migrantes de regiões pobres do país, com baixa qualificação e pouca perspectiva no mercado de trabalho, atuavam principalmente no corte manual da cana, enfrentando jornadas de trabalho extensivas, condições degradantes de moradia e ambiente de trabalho, além de relatarem quadros patológicos relacionados ao exercício da profissão (DIEPERINK; MAAS, 2012; GALIANO; VETTORASSI; NAVARRO, 2012; MORAES; LOPES; PRIULI, 2013). Moraes, Lopes e Priuli (2013) destacam que grande parte dos trabalhadores do setor canavieiro da cidade de Mendonça (SP), pesquisados em 2009, relataram dores no corpo atribuídas à jornada cansativa de trabalho (48%) e faz uso relativamente frequente do sistema público de saúde (36%), geralmente deficiente em municípios de perfil rural. Martinelli e Filoso (2008), em um trabalho de revisão da literatura, destacam, além da exploração do cortador manual de cana, os possíveis problemas advindos da inalação de resíduos provenientes do processo de queima anterior ao corte.

Mas observa-se que uma nova configuração de trabalho vem se desenhando neste setor ao longo dos últimos anos, diante da mudança institucional provocada pela Lei Estadual n. 11.241/2002, que regulamenta a proibição da queima pré-colheita, de forma gradual, até 2031

(SÃO PAULO, 2002). Com isso, incentiva-se o processo de mecanização, tornando a cadeia produtiva do etanol da principal região produtora do país menos trabalhosa intensiva (FERREIRA-FILHO, 2013). Apesar das vantagens claras associadas às melhorias das condições de trabalho com redução do corte manual, o uso de uma máquina na colheita substitui, em média, o posto de trabalho de 80 cortadores (SMEETS *et al.*, 2008). Em decorrência desse processo de transformação gradual, Moraes (2007), avaliando dados de 2000 a 2005, já destaca que o crescimento dos empregados formais das usinas de açúcar (101,9%) e destilarias de álcool (88,4%) foi relativamente maior do que o dos trabalhadores rurais envolvidos com a produção de cana-de-açúcar (16,2%).

Essa evolução vem abrindo novas possibilidades de assimilação de um tipo de mão de obra mais qualificada e técnica, promovendo incrementos na renda média do trabalhador do setor. Mas, por outro lado, leva um grande número de cortadores de cana, desprovidos de escolaridade e experiência profissional em outras áreas, a migrarem para outros setores, gerando incerteza, fluxos migratórios e consequências, por muitas vezes, ainda imprevisíveis (MORAES, 2007; RIBEIRO; FICARELLI, 2010; FERREIRA-FILHO, 2013).

Verifica-se na literatura uma carência de estudos que analisem a nova realidade destes trabalhadores e a assimilação dos mesmos em outras atividades, além, como já mencionado no início desta seção, de estudos que avaliem o nível e a quantidade de empregos gerados em outras atividades de modo indireto, por um efeito de “transbordamento” da presença de usinas e produção de cana-de-açúcar.

2.3.2 Transformação territorial e propriedade

A questão da terra é central e certamente a maior fonte de divergências no debate relacionado à produção de biocombustíveis. No que tange aos aspectos sociais, que é o escopo de interesse deste estudo, os argumentos de discussão em geral referem-se à substituição de culturas alimentares, gerando pressão nos preços e possível escassez de alimentos, elevação do preço da terra, compra de terras por estrangeiros, aspectos institucionais e a marginalização de comunidades locais e/ou agricultores familiares (AMIGUNA; MUSANGOB; STAFFORDA, 2011; CARVALHO; MARIN, 2011; FERRANTE; BARONE, 2011; SAUER; LEITE, 2012; GAMBORG *et al.* 2012).

A disponibilidade de terras produtivas é um fator limitante, e o crescimento da produção de cana-de-açúcar para a produção de etanol, em teoria, poderia competir com a produção de alimentos, ameaçando a segurança do abastecimento de alimentos e áreas de preservação florestal. Runge e Senauer publicaram em 2007 um trabalho de grande repercussão, criticando

o incentivo à produção de biocombustíveis, notadamente o programa americano do etanol (produzido a partir do milho), relatando efeitos negativos relativos à segurança alimentar com a elevação dos custos de produção de alimentos, inclusive além da própria fronteira do país produtor avaliado.

Para o contexto americano e do etanol proveniente do milho, estudos posteriores demonstram uma possibilidade de aumento de preços dos alimentos, notadamente do milho no mercado interno e contexto mundial (NUÑEZ, ÖNAL; KHANNA, 2013). Porém, diversos estudos e evidências refutam tal conclusão no contexto brasileiro e dos países em desenvolvimento. Coelho *et al.* (2006) destacam o relatório da FAO (2005) que até então reportava que menos de 3% das áreas agricultáveis eram destinadas à produção de cana-de-açúcar e que apenas 0,6% das áreas agrícolas já anteriormente usadas por outras culturas foram utilizadas para a produção de cana, ou seja, conforme os dados contemporâneos ao estudo, os efeitos efetivos sobre produção de alimentos ainda demonstravam-se praticamente nulos.

Para o Brasil, a literatura indica que no país há um vasto estoque de terras que podem ser convertidas para o uso agrícola e que atualmente pouco mais de 1% da área de agricultura e pastagens do país são destinadas para a produção de cana-de-açúcar, ou seja, sua expansão afetaria pouco na demanda por terras no país como um todo (WILKINSON; HERRERA, 2010; CHAGAS, 2012; FERREIRA-FILHO, 2013). Giesecke, Horridge e Scaramucci (2007) avaliam, por meio de uma aplicação de um modelo de Equilíbrio Geral, que para acomodar uma demanda crescente estimada por etanol no Brasil até 2020, seria necessária uma redução de apenas 2% no uso da terra por outras atividades agrícolas. Ferreira-Filho (2013) recupera estudos que apontam ainda um crescimento da produção brasileira de alimentos, como matérias-primas agrícolas, frutas, alimentos e bebidas, per capita, concomitantemente à expansão da cultura canavieira ocorrida no período recente (BACHA, 2009 *apud* FERREIRA-FILHO, 2013). Neste sentido, o autor também argumenta com o resultado de um estudo de equilíbrio geral dinâmico, onde se destaca o crescimento de preços dos alimentos para famílias pobres, previsto em apenas 0,037% quando comparado com a base (FERREIRA-FILHO; HORRIDGE, 2011 *apud* FERREIRA-FILHO, 2013). Nardy e Gurgel (2013) também apresentam dados convergentes com tais resultados, indicando que uma possível expansão das lavouras de cana não venha a afetar preços de alimentos no Brasil e no mundo a ponto de agravar problemas nutricionais e aumentar o número de famílias abaixo da linha de pobreza.

A prática de recuperação do solo das lavouras temporárias de cana-de-açúcar, onde, no Brasil, durante a colheita, cerca de 20% das áreas são removidas e substituídas por alguma outra cultura, comumente do gênero alimentício, como feijão, milho e amendoim, também influi para amenizar o efeito da diminuição da produção de outras culturas com a expansão de seu cultivo (COELHO et al. 2006; VONGVISOUK *et al.* 2014). Egeskog *et al.* (2011) ainda destaca a possibilidade de parcerias com outras culturas agropecuárias, como no caso de produtores de leite de Pontal (SP) que se beneficiam de resíduos provenientes da produção local de etanol como aditivo à fertilizantes, produzindo pastagens de melhor qualidade e gerando elevação na produção de leite.

Portanto, no que se refere à questão conhecida na literatura da área como “*Food vs. Fuel*”, as conclusões diretas de efeitos nocivos sobre a produção e preços de alimentos podem ser bastante simplistas, distorcendo a realidade e os desafios para a produção sustentável de bioenergia (MOHR; RAMAN, 2013). Embora se reconheça em muitos trabalhos a possibilidade de competição pelo fator terra e possíveis conflitos, Mohr e Raman (2013) ressaltam que também deve-se ponderar sobre a interdependência entre combustíveis e produção de alimentos (combustível e energia são importantes insumo agrícolas) e até possibilidade de uso dos resíduos da produção de etanol como fertilizantes de menor preço.

Com relação às áreas de preservação ambiental e áreas de floresta, a literatura avalia que o crescimento das lavouras canavieiras se deu, em sua maioria, pela assimilação áreas antes destinadas à pecuária extensiva, em geral pouco eficiente na relação entre hectares e produção (COELHO et al., 2006; BANERJEE, MACPHERSON, ALAVAPATI, 2012; FERREIRA-FILHO, 2013). As áreas de preservação da Amazônia Legal também são pouco influenciadas de modo direto pela cultura, devido à baixa adaptabilidade da cana-de-açúcar à região (COELHO, 2006). No estudo de Banerjee, Macpherson e Alavapati (2012), estima-se que um crescimento de 121% na área plantada de cana-de-açúcar, conforme projetados pela UNICA em 2008, resultaria em um crescimento relativamente muito pequeno no desflorestamento, 0,16%, não se sobrepondo, segundo os autores, aos benefícios gerados pela mitigação da emissão de gases de efeito estufa gerados pela substituição de combustíveis fósseis por etanol.

A elevação da participação estrangeira no setor sucroenergético também vem sendo um tema bastante discutido na questão da terra, dada a influencia do setor no crescimento da participação estrangeira na posse das mesmas. Desde 2005, segundo levantamento da

Datagro², cujos dados foram publicados na mídia especializada, a presença de estrangeiros na produção subiu de 6% em 2006 para cerca de 30% em 2012. As empresas produtoras de açúcar e etanol no Brasil se utilizam de duas principais formas de obtenção da cana-de-açúcar: a produção gerenciada pela própria unidade industrial e a compra de cana-de-açúcar de fornecedores especializados, além das formas híbridas, que incluem parcerias, arrendamentos e outros arranjos (BASTOS, 2013, MORAES, 1999). Atualmente o setor apresenta alta verticalização, onde cerca de 60% da cana total moída é proveniente de culturas próprias, dada às características de alta especificidades locais, temporais e de ativos do setor (NEVES, 1998; MORAES, 1999; MAPA, 2013). Na figura 3, apresenta-se a evolução dessa proporção para o estado de São Paulo.

Figura 2.4 – Evolução da proporção de origem da cana-de-açúcar no estado de São Paulo

Fonte: Moraes e Zilberman (2014)

Segundo Sauer e Leite (2012), a compra, pelo capital estrangeiro, de unidades de processamento agroindustrial e de vastas propriedades rurais carece de maior regulação por parte do governo federal. Para estes autores, os crescentes investimentos em ativos fundiários ameaçam a segurança e a soberania alimentar, concentram a produção agropecuária em poucas commodities e favorecendo “monopólios” na produção de alimentos e agroenergias. Em consonância com tais argumentos, em 2010 a Advocacia-Geral da União (AGU), na competência de dar orientação jurídica de instituições do Poder Executivo, definiu uma nova interpretação da legislação de terras, limitando a compra e arrendamento de propriedades

² Dados disponíveis em: < <http://www.unica.com.br/unica-na-midia/38837884920319033149/estrangeiros-sao-a-nova-geracao-de-usineiros-/>>. Acesso em 18/10/2013.

rurais brasileiras por estrangeiros e até de empresas brasileiras controladas por capital estrangeiro, objetivando defender o desenvolvimento e a soberania nacional (BRASIL, 2010).

A introdução deste novo aspecto institucional vem dividindo especialistas da área agrícola (HEGE; PEIXOTO; VIEIRA-FILHO, 2012; SAUER; LEITE, 2012), debate que também está em pauta no Congresso Nacional, que busca apresentar propostas de lei para uma regulamentação efetiva que evite o atual cenário de mudanças na interpretação da legislação vigente, de modo a dar maior segurança institucional e jurídica neste processo.

Sobre a transição de culturas, Carvalho e Marin (2011) abordam que no contexto do município de Itapuranga (GO), a chegada do Proálcool na região na década de 80 elevou os preços das terras dos pequenos agricultores, o que serviu de incentivo para a venda das pequenas propriedades. As terras situadas em áreas próximas às grandes propriedades e que resistiram à venda, foram praticamente cercadas pela cana. Ferrante e Barone (2011) destacam que em São Paulo, a expansão da cana se deu inclusive sobre assentamentos de famílias sem terra, em parcerias que, segundo o autor, são contraditórias com relação ao objetivo das ações de reforma agrária promovidas pelo governo, que visam a agricultura familiar e com base em produtos destinados a alimentação.

Mas cabe destacar que no contexto brasileiro a questão sobre a posse de terras é menos preocupante no que tange a expansão da produção de bioenergia de origem agrícola, dado que as transferências, vendas ou arrendamentos de terra são realizados de maneira voluntária e garantidos em lei (GERMAN, SCHONEVELD; PACHECO, 2011). No contexto africano, a temática torna-se mais complexa devido às fragilidades institucionais locais e a grande população em situação vulnerável dependente de produtos oriundos da agricultura local (HANFF; DABAT; BLIN, 2011).

Amiguna, Musangob e Stafforda (2011) relatam que a produção de cana-de-açúcar em Gana vem expandindo-se em áreas cuja posse da terra não é formal, gerando a marginalização e migração de produtores rurais menos favorecidos. German, Schoneveld e Pacheco (2011) também avaliam que no caso de Gana e Zâmbia, os processos de produção agrícola em larga escala estão sujeitos a uma série de problemas relacionados à maior informalidade e irregularidades a regulamentação de posse e uso de terras, tornando os pequenos produtores tradicionais mais vulneráveis. Por outro lado, Watson (2011), ao avaliar dados do *Geographic Information Systems* (GIS) para países da África Austral, constata que existem cerca de seis milhões de hectares de terras disponíveis e adequadas à produção de bioenergia para a expansão do setor nos países da região, desconsiderando-se nessa análise as áreas de reserva ambiental ou de produção de alimentos. Dessa forma, a autora conclui que existe ainda um

amplo potencial de expansão do setor agroenergético no país sem se incorrer impactos negativos provenientes da substituição de culturas.

De modo geral, os estudos avaliados nesta revisão mostram aparentes contradições com relação as conclusões acerca dos problemas relacionados à questão da transformação territorial e propriedades de terras. A transição de cultura geralmente não é vista como um problema social direto, mas seus impactos indiretos ainda mostram-se controversos, no que diz respeito à preços dos alimentos; vulnerabilidade de culturas tradicionais e agricultores familiares; e preços e disponibilidade de terra. Assim, percebe-se a necessidade de se melhor avaliar e promover políticas de gestão da terra, com o fim de reconciliar e propiciar a promoção de sinergias entre diferentes usos da terra, como para alimentos e combustíveis (MOHR; RAMAN, 2013). Para o contexto brasileiro, devido à quantidade de terras disponíveis e instituições mais bem definidas com relação à propriedade de terras, verifica-se que a questão social relacionada à de posse de terras é menos contraditória, existindo um relativo consenso sobre a pequena escala do impacto direto proveniente da expansão do cultivo de cana-de-açúcar.

2.3.3 Economia Local e Distribuição de Renda

A expansão do setor sucroenergético cria novas possibilidades de desenvolvimento econômico para áreas rurais, que em geral são bastante defasadas em relação a seus indicadores socioeconômicos quando comparados aos das áreas urbanas ou industriais.

Na literatura da área, de modo geral, reporta-se o aspecto da presença das usinas como um fator gerador de crescimento endógeno nos municípios (SHIKIDA; SOUZA, 2009). Além da relação direta advinda da geração de empregos, conforme destacado na seção 2.3.1 deste estudo, são verificados efeitos sobre o setor comercial e de serviços locais, urbanização, renda, expansão populacional e crescimento da arrecadação municipal (SHIKIDA; SOUZA, 2009; CHAGAS; TONETO-JR; AZZONI, 2012; OLIVEIRA; FERREIRA; ARAÚJO, 2012; SATOLO, BACCHI, 2013).

Com relação ao aspecto de renda agregada, as conclusões dos estudos avaliados relatam impactos positivos ou não significativos da presença do setor. Oliveira, Ferreira e Araújo (2012) avaliam que a expansão da cana-de-açúcar sobre municípios do Centro-Oeste mineiro tem contribuído para o crescimento do PIB per capita destas localidades em um nível acima das médias regionais e estaduais. No estudo, é reportado que nas cidades avaliadas, entre 1999 e 2008, o crescimento foi de 224,69%, enquanto o crescimento do PIB da região Centro-Oeste de Minas Gerais foi de 179,2%, contra 182,06% no estado. Porém, com relação a estes dados,

o estudo em questão não avalia outros aspectos regionais ou de influência que poderiam viesar a análise mais direta e simplista de dados.

Entre os estudos de delineamento quase-experimentais, Deuss (2012) utilizou o método de *propensity score matching* (PSM) para avaliar o efeito da expansão do setor sucroenergético (tratamento) sobre o desenvolvimento econômico das regiões brasileiras. Como resultados, se verifica um efeito positivo o PIB *per capita*, notadamente nas regiões Centro-Sul (exceto São Paulo) e Nordeste. No estado de São Paulo, contudo, não se verificou efeito significativo (DEUSS, 2012). Satolo e Bacchi (2013), por outro lado, ao empreenderem uma análise de dados em painel espacial apenas para os municípios paulistas, verificam que o efeito da expansão de cana-de-açúcar sobre as áreas agrícolas, com a substituição de culturas ou áreas de pastagens, é positivo sobre o PIB *per capita* se essa expansão ocorre em uma área de até 23% do município. Este estudo, ao agregar a análise espacial, também avalia um impacto positivo da presença do setor sobre cidades vizinhas, ainda que em pequena escala. Tal transbordamento pode ser explicado pela atração migratória e pelo próprio aumento da renda local, que pode aumentar a demanda por produtos e serviços consumidos localmente, multiplicando o efeito positivo sobre a renda. Sobre este aspecto, Shikida e Souza (2009) argumentam que a presença de usinas e de lavouras canavieiras contribui para suavizar a evasão de pessoas do meio rural dos municípios, fato que pode ocorrer com a diminuição de áreas de agricultura familiar e outras culturas mais trabalho-intensivas.

Face aos benefícios avaliados nestes estudos, Sawyer (2008) destaca um possível efeito de concentração de renda, motivado pela expansão de uma cultura sobre grandes áreas. O autor argumenta que tanto no caso da cana manual, com condições de trabalho muitas vezes precárias, como na mecanizada, que extingue postos de trabalho, pode existir este impacto negativo em nível local.

No campo da redução das desigualdades regionais, Schaffel e Rovere (2010) avaliam que a expansão do setor tem exercido pouca influência. Tal fato justifica-se, segundo os autores, pela produção de etanol e açúcar serem concentradas, em sua maior parte, no estado de São Paulo. Mas os autores ressaltam que a expansão para novas áreas ainda é recente e sem grandes estudos de impacto. Dessa forma, os benefícios decorrentes das elevações de arrecadação de tributos e impostos municipais e estaduais, conforme relatado por Shikida e Souza (2009) e Chagas, Toneto-Jr e Azzoni (2012), e acréscimos de renda *per capita*, como destacado em Satolo e Bacchi (2013), atribuídos a uma maior presença do setor, ainda ficam reservados ou são avaliados a uma região do país que já apresenta bons indicadores socioeconômicos, quando comparados aos do país como um todo. Portanto, sugere-se a

necessidade de novas pesquisas que ampliem a análise para outros estados e novas regiões de expansão e que também avaliem os efeitos indiretos associados a tal fenômeno.

2.3.4 Desigualdade de gênero

Um aspecto de caráter social relevante, mas muitas vezes negligenciado em trabalhos da área, é a questão da desigualdade de gênero. Entre os estudos selecionados nesta revisão, poucos trabalhos abordaram este tópico especificamente, ou pelo menos tangenciaram este aspecto. A produção de biocombustíveis resulta em potenciais benefícios ou riscos socioeconômicos, conforme apontado em diversos estudos já relacionados neste trabalho, que podem ter potencialmente impactos diferentes entre os gêneros, notadamente no contexto geralmente desigual dos países em desenvolvimento.

Moraes (2007), ao analisar os dados da PNAD de 2006, relata a grande predominância do sexo masculino entre os trabalhadores formais do setor: média nacional de 8% de mulheres no Brasil e 11,9% no estado de São Paulo, principal região produtora do país. O mesmo estudo também destaca uma grande diferença salarial com relação ao gênero, onde as trabalhadoras chegam a ganhar, em média, 20,7% menos. Ribeiro e Ficarelli (2010) relatam que boa parte desse diferencial na renda entre os sexos tem origem no modelo de remuneração por produtividade, característico desse setor no Brasil. Segundo os autores, os homens chegam a ganhar até o dobro das mulheres em posições semelhantes, devido à força física. Dessa forma, as mulheres são naturalmente menos interessadas a atuarem no setor (RIBEIRO; FICARELLI, 2010). Moraes (2007) destaca que o pagamento por produção tem base legal: é prevista no artigo 457, § 10 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), bem como tem incontroversa aceitação doutrinária e jurisprudencial. Mas percebe-se ainda uma carência na literatura de estudos empíricos que analisem esse tipo de diferenciação salarial e renda do trabalho especificamente para o setor, ou compare esta realidade com a de outras culturas agrícolas.

Experiências internacionais também indicam que a expansão do cultivo de cana de açúcar não promove qualquer desenvolvimento relacionado a este aspecto. Duvenage *et al.* (2013), ao relatar os impactos no Zimbábue da produção de cana-de-açúcar voltada ao etanol, destaca que os novos projetos promoveram evoluções que a desigualdade de gênero, forte na região, não diretamente afetada pelo projeto. Ainda no contexto africano, Amiguna, Musangob e Stafforda (2011) abordam a questão da limitação da participação feminina no acesso a terra em diversos países da África Subsaariana. Neste contexto, os autores relatam que as mulheres são muitas vezes alocadas em terras marginais e de baixa qualidade, além de carecerem de

acesso a programas de crédito formais, limitando assim suas perspectivas de desenvolvimento ou participação na produção de insumos para produção de biocombustíveis. A expansão da destinação de terras para a produção de bioenergia pode, dessa forma, fazer com que o deslocamento parcial ou total das atividades agrícolas para terras cada vez mais marginais, gerando repercussões negativas para a capacidade das mulheres em atender às necessidades de seus agregados familiares (AMIGUNA; MUSANGOB; STAFFORDA, 2011).

A baixa atenção da questão de gênero nos estudos avaliados contrasta com a presença deste aspecto nas avaliações e definições de critérios e padrões para certificações de sustentabilidade social (a serem melhor discutidas na próxima seção). Portanto, evidencia-se uma lacuna para estudos futuros.

2.3.5 Projetos de avaliação, sustentabilidade e certificações

Diante dos controversos efeitos ambientais, econômicos e sociais decorrentes da expansão da produção de bioenergia de base agrícola, os processos de certificação e programas de sustentabilidade podem ser uma ferramenta crucial para a produção de dados concretos, avaliações contínuas, trazer ao setor o apoio de novos investidores e agentes, além de fomentar perspectivas de internacionalização do mercado para o produto (WILKINSON; HERRERA, 2010).

A certificação pode também incentivar a promoção de um modo de produção inclusiva de etanol entre todos os *stakeholders* envolvidos, prevenindo a ocorrência possível de ônus às comunidades locais de regiões produtoras (LEHTONEN, 2011). Estudos como o de Corbière-Nicollier, Blanc e Erkman (2011) ressaltam a vantagem comparativa na produção de etanol pelo Brasil relativamente a outros países, mas sugerem que no contexto da importação de produtos de origem agrícola faz-se necessário o estabelecimento critérios mínimos de sustentabilidade social e ambiental para a cadeia produtiva, principalmente no que tange aos direitos dos trabalhadores dos países em desenvolvimento, para a aceitação dos produtos junto aos consumidores finais e o cumprimento de regras de importação e comércio internacional.

Nesse contexto, as maiores empresas produtoras de açúcar e álcool, responsáveis pela maior parte da criação de novas unidades industriais e a expansão da produção de etanol no interior do Brasil, vêm buscando implementar ou já estão em estágio avançado de programas sociais e de sustentabilidade, a fim de mitigar o risco de imagem que possam impedir o seu capacidade de acessar potenciais mercados de exportação (NEWBERRY, 2013). Os debates e as iniciativas que levam o desenvolvimento destes programas de sustentabilidade e/ou certificação geralmente são desenvolvidos em meio a iniciativas multilaterais, provenientes

dos diferentes *stakeholders* envolvidos no processo produtivo dos biocombustíveis (MOHR; BAUSCH, 2013).

Para a produção de etanol, a literatura reporta como iniciativas mais relevantes de certificação e critérios padronizados: *Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB); *Better Sugarcane Initiative* (BSI - BONSUCRO); *Global Bioenergy Partnership* (GBEP); *Renewable Transport Fuels Obligation* (RTFO); ISO 13065 - *sustainability criteria for bioenergy*; *Verified Sustainable Ethanol Initiative* (VSEI). Por comporem normatizações recentes, algumas estão em processo de construção ou atualização. O Quadro 2.3 resume os aspectos sociais tratados e avaliados entre estas iniciativas de certificação e avaliação listadas, conforme reportado na literatura ou documentos provenientes de fontes oficiais:

	RSB	BSI	GBEP	RTFO	ISO 13065	VSEI
Desempenho econômico	X	X	X		X	
Impactos econômicos na comunidade local	X		X			
Benefícios sociais a comunidade	X		X			
Eficiência e balanço energético	X	X	X			
Direitos humanos	X	X			X	
Uso da terra	X		X	X	X	
As condições de trabalho	X	X	X	X	X	X
Saúde e segurança	X	X	X	X		X
Liberdade de associação e negociação (contratos)	X	X	X	X		
Discriminação (gênero)	X	X	X	X		
Salários	X	X	X	X		X
Jornada de trabalho	X	X		X		X
Trabalho infantil	X	X	X	X		X
Trabalho forçado	X	X	X	X		X
Educação, formação e desenvolvimento de capacidades		X	X			
Segurança Alimentar	X		X			

Quadro 2.3 – Aspectos sociais considerados nos processos de certificação e avaliação

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Scarlat e Dallemand (2011) e informações complementares de RSB (2011), Bonsucro(2014), GBEP (2011).

Os desenvolvimentos dessas iniciativas ainda são considerados recentes pela literatura científica aqui destacada, o que se evidencia pela grande quantidade de diferentes abordagens, requisitos, critérios e padrões diferentes de certificação, o que pode levar a inconsistências e dificuldades em harmonizar resultados (SCARLAT; DALLEMAND, 2011).

Com relação à definição de critérios envolvendo a questão social, existe ainda a dificuldade no cumprimento de padrões, critérios ou mesmo obtenção de dados confiáveis para análise, dada as grandes diferenças e particularidades regionais de cada país ou área de aplicação (CORBIÈRE-NICOLLIER; BLANC; ERKMAN, 2011; SCARLAT; DALLEMAND, 2011).

Mohr e Bausch (2013) buscaram, por meio de uma análise exploratória baseada em entrevistas semi-estruturadas com representantes de diversos segmentos envolvidos na produção de etanol no Brasil, as consequências do aumento da produção de etanol no contexto dos produtores certificados e, com isso, avaliar se o controle de indicadores dos processos de certificação vinha reduzindo os possíveis impactos negativos provenientes do setor. Os autores concluem que há evidências de que as normas e padrões internacionais de fato ajudam a evitar efeitos negativos diretos relacionados a cadeia produtiva do etanol, principalmente no que diz respeito às condições de trabalho. Por outro lado, os autores destacam que a maior tendência à mecanização, devido ao cumprimento de padrões e normas para a certificação, pode gerar o desemprego de uma grande quantidade de trabalhadores imigrantes dedicados ao corte de cana, conforme também relatado em Moraes (2007).

Quando se propõe maneiras de medir a sustentabilidade, socioeconômica ou não, é importante reconhecer que uma grande quantidade de indicadores, com diferentes métodos e escopos de avaliação, mas não sintéticos e objetivos, podem ser pouco informativos aos tomadores de decisão. Segundo Dale *et al.* (2013) exigências onerosas e pouco práticas para informações podem dissuadir a adoção de práticas mais sustentáveis. Dessa forma, o acordo sobre algumas medidas comuns de avaliação do sistema de bioenergia é essencial para o desenvolvimento de mercados de energia limpa. No entanto, alguns contextos exigem indicadores originais e outros requerem informações que ou não estão disponíveis ou têm alto custo de obtenção (DALE *et al.*, 2013). Jumbe *et al.* (2009) destacam que a imposição de normas internacionais para biocombustíveis pode ser de difícil alcance para países africanos, onde a disponibilidade de tecnologias ou mecanização da produção é menor, dependendo assim de um maior importe internacional para o estabelecimento da produção nestas regiões em desenvolvimento.

Posto isso, percebe-se a importância ainda existente do desenvolvimento de uma maneira prática, consistente, viável e comparável para se avaliar a sustentabilidade dos sistemas de bioenergia, notadamente no que tange aos aspectos socioeconômicos, com o fim de se avançar em direção dos objetivos que os indicadores se propõem. Também se avalia que o atual modelo de controle de indicadores desenvolvidos ainda é ineficiente em mensurar e avaliar

impactos indiretos da produção (DAM; JUNGINGER; FAAIJ, 2010; MOHR; BAUSCH, 2013).

2.4 Conclusões

A interlocução entre os 46 trabalhos recuperados, tecida nas categorias temáticas apresentadas neste estudo, indica que algumas questões relacionadas aos impactos socioeconômicos resultantes do aumento do uso de etanol combustível e da substituição de culturas pela expansão do cultivo de cana-de-açúcar ainda apresentam-se como desafiadoras ao estágio atual das pesquisas em âmbito mundial. No Brasil verifica-se uma maior quantidade de trabalhos desenvolvidos, evidenciado pela representação de quase 40% com relação à origem dos estudos recuperados.

Os resultados apontam para uma predominância de estudos de caso de enfoque regional, que são importantes para a análise e compreensão de realidades particulares de forma detalhada, mas que são limitados em caracterizar os impactos de sua expansão para o setor de modo mais abrangente. Tal fato pode ser decorrente das particularidades institucionais, econômicas e sociais de cada país e região em que se avalia a expansão da produção de etanol e cana-de-açúcar, o que dificulta ou inviabiliza análises menos restritivas espacialmente.

As temáticas mais exploradas relacionam-se às dimensões de trabalho e uso da terra. Para o caso brasileiro, identifica-se que novos estudos são necessários diante dos atuais contextos que vêm se desenvolvendo dentro destes escopos de análise; como a proibição da queima de cana-de-açúcar; as mudanças no mercado de trabalho provenientes do processo de mecanização; alterações institucionais ligadas à posse e arrendamento de terras; expansão sobre novas áreas de cultivo.

Também é interessante se observar a existência de resultados divergentes entre análises qualitativas; quantitativas, notadamente sob diferentes níveis geográficos. Os estudos de abordagem quantitativa avaliados, com o uso de métodos econométricos, de equilíbrio geral ou com coleta de dados com análise crítica, tendem a apresentar um cenário mais positivo, quando comparados aos estudos de caso. Verifica-se também, de modo geral, uma relativa carência de estudos que avaliem impactos indiretos e efeitos do tipo “transbordamento” do setor sobre indicadores socioeconômicos de regiões próximas ou outros setores econômicos.

A abordagem utilizada e o material recuperado neste estudo apresenta um recorte atual da literatura científica, constituindo a possibilidade de uma maior compreensão sobre como são tratados os impactos socioeconômicos provenientes da expansão do setor sucroenergético.

Mas ressalta-se que a opção metodológica de limitar este estudo a artigos científicos de bases de dados indexadas no período de análise avaliado, com o fim de se compor uma amostra de trabalhos com maior relevância e visibilidade no contexto científico, pode ser vista como uma limitação do trabalho, por não abordar estudos mais recentes apresentados em anais de congresso ou desenvolvidos em teses e dissertações e ainda não publicados em periódicos.

Este estudo também não teve como objetivo esgotar o assunto em questão, mas sim oferecer um suporte para que sejam desenvolvidos novos trabalhos, sob diferentes referenciais e abordagens possam ser desenvolvidos e auxiliem no entendimento dos impactos da expansão e desenvolvimento sustentável do setor sucroenergético.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2013**. Brasília:Ministério de Minas e Energia, 2013. 232 p.
- AMIGUN, B.; MUSANGO, J. K.; STAFFORDA, W. Biofuels and sustainability in Africa. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Nova York, v.15, n. 2, p. 1360-1372, 2011.
- ARAÚJO, G. C.; MENDONÇA, P. S. M. Análise do processo de implantação das normas de sustentabilidade empresarial: um estudo de caso em uma agroindústria frigorífica de bovinos. **Revista de Administração Mackenzie**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 31-56, 2009.
- BANERJEE, O.; MACPHERSON, A. J.; ALAVALAPATI, J. Toward a policy of sustainable Forest Management in Brazil: A Historical Analysis. **The Journal of Environment & Development**, Santa Barbara, v. 18, n. 2, p. 130-153, 2009.
- CHAGAS, A. L. S.; TONETO-JR, R.; AZZONI, C. R. A Spatial Propensity Score Matching Evaluation of the Social Impacts of Sugarcane Growing on Municipalities in Brazil. **International Regional Science Review**, Philadelphia, v. 35, n. 1, p. 48-69, 2012.
- CARVALHO, S. P.; MARIN, O. B. Agricultura familiar e agroindústria canavieira: impasses sociais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.49, n.3, p. 681-707, 2011.
- CASTRO, S. S.; KLAUS, A.; SILVA, A. A.; BORGES, V. M. S. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia,v. 30, n. 1, p. 171-191, 2010.
- COELHO, S. T. ; GOLDEMBERG, J. ; LUCON, O. ; GUARDABASSI, P. . Brazilian sugarcane ethanol: lessons learned. **Energy Sustainable Development**, Springfield, v. 10, p. 26-39, 2006
- DALE, V. H.; EFROYMSON, R.A.;KLINE, K. L.; LANGHOLTZ, M. H.; LEIBY,P.N.; OLADOSU, G. A.; DAVIS, M. R.; DOWNING, M. E.; HILLIARD, M. R. Indicators for assessing socioeconomic sustainability of bioenergy systems: A short list of practical measures. **Ecological Indicators**, Nova York, v. 26, p. 87-102, 2013.
- DAM, J. V.; JUNGINGER, M.; FAAIJ, A.P.C. From the global efforts on certification of bioenergy towards an integrated approach based on sustainable land use planning. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Netherland, v.14, n.9, p.2446-2452, 2010.
- DEUSS, A. The economic growth impacts of sugarcane expansion in Brazil: an inter-regional analysis. **Journal of Agricultural Economics**, Londres, v. 63, n. 3, p. 528–551, 2012.
- DUVENAGE, I.; LANGSTON, C.; STRINGER, L. C.; DUNSTAN, K. Grappling with biofuels in Zimbabwe: depriving or sustaining societal and environmental integrity? **Journal of Cleaner Production**, Gold Coast, v. 42, p. 132-140, 2013.

EGESKOG, A.; BERNDEN, G.; FREITAS, F.; GUSTAFSSON, S.; SPAROVEK, G. Integrating bioenergy and food production: a case study of combined ethanol and dairy production in Pontal, Brazil. **Energy for Sustainable Development**, Toronto, v.15, n.1, p. 8-16, 2011.

FAO, **Sugarcane potentials**, Roma, 2005. 41p. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/AGL/agll/gaez/ds/ds.htm>>. Acesso em: 16 out. 2014.

FERRANTE, V. L. S. B.; BARONE, L. A. "Parcerias" com a cana-de-açúcar: tensões e contradições no desenvolvimento das experiências de assentamentos rurais em São Paulo. **Sociologias**, Porto Alegre, v.13, n.26, p. 262-305, 2011

FERREIRA FILHO, J. B. S. Food security, the labor market, and poverty in the Brazilian bio-economy. **Agricultural Economics**, West Sussex, v. 44, p. 85-93, Nov 2013

GALIANO, A. D. M.; VETTORASSI, A.; NAVARRO, V. L. Trabalho, saúde e migração nos canaviais da região de Ribeirão Preto (SP), Brasil: o que percebem e sentem os jovens trabalhadores? **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 51-64, 2012.

GALVÃO, C. M.; SAWADA, N. O.; TREVIZAN, M. A. Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, v.12, n.3, p. 549-556, 2004.

GASPARATOS, A.; LEHTONEN, M.; STROMBERG, P. Do we need a unified appraisal framework to synthesize biofuel impacts? **Biomass and Bioenergy**, Aberdeen, n.50, p. 75-80, 2013.

GERMAN, L.; SCHONEVELD, G. C.; PACHECO, P. Local social and environmental impacts of biofuels: Global comparative assessment and implications for governance. **Ecology and Society**, Nova York, v. 16, n.4, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5751/ES-04516-160429>>. Acesso em: 16 out. 2014.

GONÇALVES, D. B. Considerações sobre a expansão recente da lavoura canavieira no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n.10, p. 70-82, 2009.

GONÇALVES, R. J. A. F.; ROGRIGUES, M.; MENDONÇA, R. Modernização energética e desenvolvimento do setor sucroalcooleiro: reestruturação produtiva do capital e precarização do trabalho nas áreas de cerrado. **Revista Percursos**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 53-72, 2010.

HOFFMANN, R. Segurança alimentar e a produção de etanol no Brasil. **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 13, p. 1-5, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Agrícola Municipal** – Culturas temporárias e permanentes. Banco de dados agregados: sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=18&i=P>>. Acesso em: 16 out. 2013.

JUMBE, C.B.L. , Msiska, F.B.M., Madjera, M. Biofuels development in Sub-Saharan Africa: Are the policies conducive? **Energy Policy**, Chattanooga, v. 37, n. 11, p. 4980–4986, 2009.

MANGOYANA, R. B.; SMITH, T. F.; SIMPSON, R. A systems approach to evaluating sustainability of biofuel systems. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Nova York, v. 25, p. 371-380, 2013.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecological Applications**, Pasadena, v.18, n.4, p. 885–898, 2008.

MARTINEZ, S. H. et al. Analysis of socio-economic impacts of sustainable sugarcane-ethanol production by means of inter-regional Input-Output analysis: Demonstrated for Northeast Brazil. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Nova York, v. 28, p. 290-316, 2013.

MOHR, A.; BAUSCH, L. Social sustainability in certification schemes for biofuel production: an explorative analysis against the background of land use constraints in Brazil. **Energy, Sustainability and Society**, Austria, n.6, v.3, p.1-14, 2013

MOHR, A.; RAMAN, S. Lessons from first generation biofuels and implications for the sustainability appraisal of second generation biofuels. **Energy Policy**, Chattanooga, v. 63, p. 114-122, Dec 2013.

MORAES, M. A. F. D. D. O mercado de trabalho da agroindústria canavieira: desafios e oportunidades. **Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 4, p. 605-619, 2007-12 2007.

MORAES, M. Perspective: lessons from Brazil. **Nature**, Nova York, v. 474, n. 7352, p. S25-S25, 2011.

MORAES, M. A. F. D.; GUILHOTO, J. J. M.; COSTA, C. C. Impactos sociais do aumento de demanda de etanol hidratado versus gasolina C na economia brasileira. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, p. 45-57, 2013

MORAES, M. S.; LOPES, J. C. C.; PRIULI, R. M. Questões socioeconômicas, laborais e de saúde na cadeia produtiva do agronegócio da cana-de-açúcar na região do Noroeste Paulista. **Saúde e Sociedade**. São Paulo, v. 49, n.3, p. 681-707, 2011.

MORAES, M. A. F. D; ZILBERMAN, D. **Production of ethanol from sugarcane in Brazil**. Springer, Londres: Springer, 2014. 221 p.

NARDY, V.; GURGEL, A. C. Impactos da liberalização do comércio de etanol entre Brasil e Estados Unidos sobre o uso da terra e emissão de CO₂. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v.23, n.3, p. 693-726, 2013.

OLIVEIRA, E. G.; FERREIRA, M. E.; ARAÚJO, F. M. Diagnóstico do uso da terra na região Centro-Oeste de Minas Gerais, Brasil: a renovação da paisagem pela cana-de-açúcar e seus impactos socioambientais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.24 n. 3, p. 545-556, 2012.

PACKER, A. L. Os periódicos brasileiros e a comunicação da pesquisa nacional. **Revista USP**, São Paulo, n. 89, p. 26-61, 2011 .

PISSINATO, B. **A cultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo entre 1950 e 2010: evolução histórica da área e da produtividade**. 2011. 161 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

REN. **Renewables 2012 Global Status Report**. REN21 Secretariat. Paris, 2012. 172 p.

RIBEIRO, H.; FICARELLI, T. R. A. Sugarcane Burning and Perspectives for Harvesters in Macatuba, Sao Paulo. **Saude & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 48-63, 2010.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 11.241, de 19 de Setembro de 2002. Dispõe sobre eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 20 set. 2002. p. 02

SATOLO, L. F. ; BACCHI, M. R. P. . Impacts of the Recent Expansion of the Sugarcane Sector on Municipal per Capita Income in São Paulo State. **ISRN Economics**, Cairo, v. 2013, p. 1-14, 2013

SCARLAT, N.; DALLEMAND, J. F. Recent developments of biofuels/bioenergy sustainability certification: A global overview. **Energy Policy**, Chattanooga, v. 39, n. 3, p. 1630–1646, 2011.

SCORSOLINI-COMIN, F. **Guia de orientação para iniciação científica**, São Paulo: Atlas, 2014. 184 p.

SHIKIDA, A.; SOUZA, E. C. Agroindústria canavieira e crescimento econômico local. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília, v.47, n.3, p. 569-600, 2009

SILVA, M. A. M. Produção de alimentos e agrocombustíveis no contexto da nova divisão mundial do trabalho. **Revista Pegada**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 63-80, 2008.

SMEETS, E. et al. The sustainability of Brazilian ethanol - An assessment of the possibilities of certified production. **Biomass & Bioenergy**, Nova York, v. 32, n. 8, p. 781-813, 2008.

STETLER, C. B.; MORSE, D.; RUCKI, S.; BROUGHTON, S.; CORRIGAN, B.; FRITZGERALD, J.; GIULIANO, K., HAVENER, P., SHERIDAN, E. A. Utilization-focused integrative reviews in a nursing service. **Applied Nursing Research**, Nova York, v. 11, n. 4, p. 195-206, 1998.

VONGVISOUK, T.; MERTZ, O.; THONGMANIVONG, S.; HEINIMANN, A.; PHANVILAY, K. Shifting cultivation stability and change: Contrasting pathways of land use and livelihood change in Laos. **Applied Geography**, Copenhagen, v. 46, p 1–10, 2014.

WILKINSON, J.; HERRERA, S. Biofuels in Brazil: Debates and impacts. **The Journal of Peasant Studies**. Londres, v. 37, n. 4, p. 749–768, 2010.

3 AVALIAÇÃO DE IMPACTO SOCIOECONÔMICO DA EXPANSÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO EM MUNICÍPIOS PAULISTAS

Resumo

Este estudo busca avaliar o efeito da expansão do setor sucroenergético sobre indicadores sociais dos municípios paulistas. Para tal, se construiu um painel com dados de todos os 645 municípios do estado, entre os anos de 2005 e 2011, e se utilizou o índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) como indicador síntese de situação socioeconômica. Por meio de um modelo de painel espacial dinâmico, com o uso do Método de Momentos Generalizado em Sistema (GMM-SYS) para inferência, verifica-se que o efeito positivo do setor está associado à presença da usina de moagem, tanto no próprio município quanto em proximidades. Já com relação à expansão do cultivo de cana-de-açúcar, a evidência empírica aponta uma relação negativa com o IFDM. Sugere-se, por fim, estudos que avaliem estes efeitos de modo desagregado, com o fim de se obter uma melhor compreensão do fenômeno em questão.

Palavras-chave: Agroenergia; Cana-de-açúcar; Etanol; Painel espacial dinâmico

Abstract

This study aims to assess the effect of the expansion of the sugarcane industry on social indicators of cities of São Paulo. A balanced panel was built with data from all 645 municipalities in the state, between the years 2005 and 2011, and used the Municipal Development FIRJAN index (IFDM) as an indicator of socioeconomic status synthesis. Through a dynamic spatial panel model, using the System Generalized Method of Moments (GMM-SYS) to infer, it appears that the positive effect of industry is associated with the presence of the industrial plant, both in the same town as in the vicinity. As to the expansion of sugarcane cultivation, the empirical evidence points to a negative relationship with IFDM. It is suggested new studies that assess these effects disaggregated to obtain a better understanding of the phenomenon.

Keywords: Bioenergy; Sugarcane; Ethanol; Spatial dynamic panel

3.1 Introdução

A cultura canavieira tem grande importância na formação histórica da economia brasileira e na consolidação de seu elo com mercado global, tendo sido o açúcar primeiro produto de origem agrícola a ser exportado e comercializado em larga escala no mercado europeu. Atualmente, o Brasil é maior produtor de cana-de-açúcar (490 milhões de toneladas/ano – safra 2011/2012) e exportador mundial (US\$ 15 bilhões) de derivados do setor sucroenergético (açúcar e etanol), setor este cujo crescimento vem sendo catalisado na história recente por incrementos na produção e consumo de biocombustíveis (UNICA, 2013).

Desde a cessão da intervenção governamental na produção do setor sucroenergético em 1999, se verificou um grande crescimento da demanda por etanol combustível e açúcar, conforme pode ser verificado na Figura 3.1. No caso da demanda por etanol hidratado,

impulsionada pelo advento dos veículos bicompostíveis em 2003, registra-se aumento de 4.603.588m³ vendidos pelas distribuidoras em 2000 para 10.816.694m³ em 2013, ou seja, expansão de 235% da demanda neste período, o que ampliou significativamente a importância da dinâmica do setor na economia brasileira (MORAES; GUILHOTO; COSTA, 2013; ANP, 2013; MORAES; ZILBERMAN, 2014)

Figura 3.1 – Produção de cana-de-açúcar e derivados nas safras de 1975/1976 a 2011/2012

Fonte: Moraes e Zilberman (2014)

Este cenário de crescimento foi acompanhado pela perspectiva de criação de um mercado global de etanol, com o comprometimento de vários países, importantes consumidores de combustíveis fósseis como Estados Unidos e China, com acréscimos de etanol à gasolina, em função da necessidade de redução da emissão de gases do efeito estufa (GEE) e desenvolvimento de uma nova matriz energética renovável, compromissos ratificados no protocolo de Kyoto que entrou em vigor em 2005 (REN, 2012). Segundo Conejero, Neves e Pinto (2010), projeções indicavam que para serem colocadas em prática tais metas de uso do etanol, seriam demandados mundialmente cerca de 200 bilhões de litros de etanol até 2020.

Posto isso, na paisagem agrícola brasileira se observa a significativa ampliação do cultivo canavieiro por meio da incorporação de novas áreas principalmente oriundas da substituição de áreas de plantio de café, culturas alimentares tradicionais e/ou áreas de pastagens (GONÇALVES, 2009; PISSINATO, 2014). Mesmo no atual ciclo de crise do setor de etanol,

que vem sofrendo com a política de preços controlados e desonerações tributárias sobre a gasolina observados desde 2010, que impactam negativamente as vendas de etanol hidratado, a área total plantada em hectares de cana-de-açúcar passou de 4.879.841 hectares, ou 9,4% das áreas brasileiras destinadas à lavouras temporárias e permanentes em 2000, para 9.752.328 hectares em 2012, chegando à representatividade de 14,1% da área total, tendo a proporção de cana-de-açúcar destinada a açúcar ou etanol tendo se mantido quase constante, apresentando pouca oscilação no período (IBGE, 2013; MORAES; ZILBERMAN, 2014).

Historicamente concentrada no Nordeste e Centro-Sul do país, a dinâmica recente da expansão sobre novas áreas de cultivo se deu de maneira mais expressiva sobre áreas das regiões Sudeste e Centro-Oeste, conforme resumido na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Evolução da Área Plantada de Cana-de-açúcar por Região, de 2005 a 2012, em mil hectares

Região	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Δ% 2005/12
Centro-oeste	543	593	689	888	1.053	1.191	1.421	1.539	183%
Nordeste	1.131	1.135	1.191	1.277	1.202	1.235	1.230	1.217	8%
Norte	21	24	26	28	33	34	50	53	152%
Sudeste	3.667	4.158	4.589	5.368	5.908	6.032	6.229	6.247	70%
Sul	454	483	592	649	650	671	686	697	54%
Total	5.815	6.393	7.087	8.211	8.846	9.165	9.617	9.752	68%

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2013)

Diante deste contexto de transformação das paisagens agrícolas e da expansão do setor sucroenergético, há uma demanda por especial atenção de diversos estudos na busca pela avaliação dos impactos decorrentes deste processo, de cunho ambiental, econômico e social (MANGOYANA, SMITH E SIMPSON, 2013; RIBEIRO, 2013). Em nível nacional, várias evidências na literatura sugerem que a expansão da produção de cana-de-açúcar e etanol vem gerando benefícios líquidos ao país, sobretudo na geração de emprego, renda, e no balanço de emissões de gases de efeito estufa (MORAES, 2007; TONETO-JR.; LIBONI, 2008; HOFFMAN, 2006; CHAGAS, TONETO-JR, AZZONI, 2012; SATOLO; BACCHI, 2013). Já em nível regional de análise, por vezes encontramos divergências com relação às conclusões acerca dos benefícios gerados nas regiões produtoras.

Satolo e Bacchi (2013) avaliam os efeitos da expansão canavieira no estado de São Paulo, por meio dos impactos no PIB real *per capita* dos municípios paulistas. Com o uso de um modelo de painel espacial dinâmico, o estudo evidencia a existência de uma relação positiva sobre o nível de renda per capita e sobre sua distribuição. Chagas, Toneto-Jr e Azzoni (2012) buscaram identificar os efeitos que a produção de cana-de-açúcar tem sobre os indicadores

sociais das regiões produtoras utilizando Índice de Desenvolvimento Humano municipal (IDH-M) como indicador síntese das condições sociais locais. Por meio do método de *propensity score matching* espacial, estes autores concluem que a presença do setor nos municípios avaliados não é relevante para determinar suas condições sociais, seja para melhor ou para pior.

Bacchi e Caldarelli (2015) também empreenderam uma análise de dados em painel, buscando identificar as externalidades positivas relacionadas à expansão do setor sucroenergético por meio do Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM). Os autores apresentam evidências de que a expansão do setor sucroenergético no estado de São Paulo gerou efeitos positivos sobre o emprego e a renda, mas não se observou impactos positivos expressivos sobre a saúde e a educação.

Em outros estudos de abordagem mais qualitativa disponíveis na literatura, ainda se reporta a precariedade dos empregos gerados, os riscos à saúde dos trabalhadores rurais e as más condições de acolhimento do trabalhador imigrante, o que sugere a ocorrência de impactos negativos em nível local, evidenciando que as regiões produtoras podem até arcar com algum ônus proporcionalmente maior que o bônus gerado pelo setor (MARTINELLI, FILOSO, 2008; RIBEIRO, FICARELLI, 2010; GALIANO, VETTORASSI, NAVARRO, 2012).

Apesar da importância e das aparentes contradições em resultados, percebe-se na literatura uma relativa escassez no número de estudos voltados à avaliação e análise dos impactos sociais decorrentes desse processo, em contraste com a maior exploração dos aspectos ambientais e econômicos (GASPARATOS; LEHTONENB; STROMBERGC, 2013; RIBEIRO, 2013; MANGOYANA, SMITH E SIMPSON, 2013).

Portanto, este presente estudo busca contribuir com a avaliação da relação entre a expansão do setor sucroenergético e indicadores socioeconômicos em nível localizado, analisando os efeitos decorrentes da expansão canavieira recente e da presença de usinas sobre os municípios produtores e proximidades. De modo mais particular, este trabalho avaliará o efeito socioeconômico por meio do índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM), indicador síntese que acompanha anualmente o desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros, conforme empreendido por Bacchi e Caldarelli (2015). Para tal, se construiu um modelo de painel espacial, utilizando como unidades de observação os 645 municípios do estado de São Paulo, com dados para os anos de 2005 a 2011.

Com relação ao trabalho de Bacchi e Caldarelli (2015), o presente estudo limita-se ao escopo de análise do índice agregado, mas a estende com a adição de controles espaciais e

dinâmicos, que possibilita avaliar os efeitos indiretos (transbordamento) para as proximidades dos municípios produtores e também de longo prazo. Com relação ao estudo empreendido por Satolo e Bacchi (2013), a convergência existe com relação à metodologia utilizada, mas se opta neste presente estudo pela avaliação de um índice sintético de avaliação de desenvolvimento socioeconômico municipal (Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - IFDM), enquanto que no referido estudo avalia-se um indicador de renda como *proxy* de bem-estar (PIB *per capita*).

A hipótese norteadora deste estudo é que a expansão produtiva do setor sucroenergético também é geradora de desenvolvimento socioeconômico nas regiões produtoras em nível local, tanto sobre o município produtor quanto aos municípios próximos por meio de efeitos indiretos, assim como verificado na literatura em nível nacional. A avaliação considerou os efeitos diretos e indiretos dos setores agrícola e industrial.

3.2 A dinâmica da expansão recente do cultivo de cana-de-açúcar

Ao se observar o mapa da expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil entre os anos de 2005 e 2011 (Figura 3.2), observa-se um crescimento concentrado do setor sucroenergético principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. Segundo Moraes e Zilberman (2014), a expansão ocorreu principalmente sobre estas áreas por apresentarem condições climáticas e infra-estrutura mais adequada à adaptação da cultura. Fatores como a queda de preços de grãos, câmbio valorizado, elevação da remuneração da cana-de-açúcar e a implantação de novas usinas, verificados no período entre 2004 e 2008, também impulsionaram este movimento de transição de culturas, notadamente sobre a região Centro-sul (SILVA-NETO, 2004; CASTRO *et al.* 2010).

Figura 3.2 – Mapa da expansão da cultura canavieira nos municípios brasileiros: percentual de área destinada à agricultura ocupada pelo cultivo de lavoura temporária de cana-de-açúcar (2005 e 2011)

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da Pesquisa Agrícola Municipal (IBGE, 2014).

A expansão sobre áreas próximas às já tradicionais também se justifica pela alta especificidade locacional e temporal da cultura, uma vez que a cana oriunda de áreas de mais de 50 km de distância da usina já é considerada economicamente inviável ao processo produtivo, pelos elevados custos de frete e da necessidade da cana ser esmagada rapidamente (em até 48h), sob o risco de perda da qualidade e potencial energético, além da necessidade de investimentos nas lavouras com prazo médio de recuperação em cinco anos (NEVES, 1998; MORAES, 1999). As usinas para esmagamento da cana também são ativos muito específicos e de elevado valor, com realocação pouco provável para outras atividades.

Na Figura 3.3, representa-se a expansão em São Paulo, principal região produtora e objeto de análise deste presente estudo. Verifica-se que entre 2005 e 2011, as áreas da cultura de cana-de-açúcar expandiram-se principalmente no sentido oeste, noroeste e norte do estado.

Figura 3.3 – Mapa da expansão da cultura canavieira nos municípios paulistas: percentual de área destinada à agricultura ocupada pelo cultivo de lavoura temporária de cana-de-açúcar (2005 e 2011)

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da Pesquisa Agrícola Municipal (IBGE, 2014).

Na Tabela 3.2, verifica-se que São Paulo concentra a maior área em hectares destinada à lavoura temporária de cana-de-açúcar, sendo quase seis vezes maior que a área de Minas Gerais, segundo maior estado em área de produção. Cabe destacar também o expressivo crescimento recente da expansão da cultura nos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás

Tabela 3.2 – Área, em mil hectares, destinada a produção de lavoura temporária de cana-de-açúcar nos cinco principais estados produtores, de 2005 a 2012

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Δ% 2005/11
SP	3.085	3.498	3.890	4.542	4.977	5.071	5.216	5.173	68%
MG	349	431	497	610	716	747	831	883	153%
GO	200	238	278	416	524	579	698	733	267%
PR	405	433	539	595	595	626	642	656	62%
MS	137	153	192	253	286	399	496	559	308%

Fonte: Pesquisa Agrícola Municipal (IBGE, 2014)

O crescimento da produção de cana-de-açúcar se dá de maneira mais intensa no pós ano 2000, período no qual se observou, dentre alterações institucionais mais significativas, a cessão da intervenção governamental no setor, o advento dos veículos bicompostíveis, e também o crescimento do interesse de organizações internacionais em fusões e aquisição de ativos de produção (MORAES, 1999; PINTO, 2012; MORAES *et al.*, 2013). O crescimento da produção canavieira foi motivado pelo aumento da demanda tanto do etanol combustível, quanto do açúcar, produto este que historicamente o Brasil tem grande representatividade no mercado global (MARTINEZ-FILHO; BURNQUIST; VIAN, 2006). Na figura 3.4, verifica-

se que mesmo diante do grande aumento de produção de cana-de-açúcar a participação da destinação entre açúcar e etanol nacional manteve-se praticamente estável: na safra 2004/05, 50,4% da produção de cana foi direcionada ao etanol e 49,6% para açúcar; na safra 2012/2013, os percentuais foram de 50,5% e 49,5%, na mesma ordem (UNICA, 2014 *apud* MORAES; ZILBERMAN, 2014).

Figura 3.4 – Evolução do *share* de destinação da cana-de-açúcar (entre etanol e açúcar)

Fonte: Moraes e Zilberman (2014)

Entre os anos de 2007 e 2008, com o bom momento que passavam as empresas do setor, reporta-se na literatura o aumento do interesse de novas empresas de capital estrangeiro, com a formação de grandes grupos internacionais na produção e distribuição do produto (BEIRAL, 2011; PINTO, 2012). Porém, se observou a partir de 2009 um período de crise e maior cautela de investimentos no setor sucroenergético. Sobre este aspecto, vários fatores são apontados na literatura como limitadores ao setor: a política de controle de preços da gasolina executada pela Petrobrás desde 2009; alterações constantes e pouco previsíveis no percentual de mistura de álcool anidro na gasolina C; taxações impostas à exportação; impostos federais; incentivos preferenciais governamentais à outras fontes energéticas; incremento crescente dos custos trabalhistas; taxa de câmbio e juros voláteis e altos; restrições à posse de terras por estrangeiros (BOYCE, 2013; SOLOWIEJCZYK; COSTA, 2013; MORAES; ZILBERMAN, 2014). A Tabela 3.3 reflete este momento de supressão gradual de investimentos na área industrial. Também é possível avaliar no número de usinas criadas entre 2005 e 2013 a predominância dos investimentos no estado de São Paulo. Na Figura 3.4 são apresentados os

municípios com a presença de usinas, onde também é possível perceber como a dinâmica de crescimento espacial do setor ocorre em áreas próximas a já tradicionais, conforme já verificado na Figura 3.2, correspondente à produção agrícola.

Tabela 3.3 – Número de novas usinas construídas entre 2005 e 2009

	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	Total
GO	2	1	4	10	4	2	1	-	24
MG	3	2	6	4	5	3	-	-	23
MS	-	2	1	3	7	-	2	2	17
MT	-	2	1	-	-	1	-	-	4
PR	-	-	2	-	1	-	-	-	3
RJ	-	-	-	-	-	1	-	-	1
SP	4	12	11	13	4	2	-	-	46
Total	9	19	25	30	21	9	3	2	118

Fonte: Moraes e Zilberman (2014)

Figura 3.5 – Municípios com a presença de usinas/destillarias de cana-de-açúcar (2005 e 2011)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do Anuário da Cana (2006;2012)

Certamente o crescimento em importância e capacidade produtiva do setor sucroenergético vem influenciando na geração de renda nos municípios e proximidades. Para São Paulo, segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2014), em parceria com a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), no segmento primário da agricultura a participação da cana-de-açúcar passou de 45,8% de representatividade na composição do valor bruto de produção em 2008 para 58% em 2013. Para as indústrias de base agrícola, o setor de açúcar e etanol representava 25,1% do PIB da indústria de base agrícola para 27,2% em 2013. A tabela 3.4 apresenta as médias de PIB *per capita* dos municípios paulistas, evidenciando que a presença o setor sucroenergético pode gerar benefícios com relação ao produto interno dos mesmos, conforme verificado em Bacchi e Satolo (2013).

Tabela 3.4 – Média de PIB *per capita* dos municípios paulistas em 2011

Média de PIB <i>per capita</i> dos municípios paulistas (todos os 645 municípios)	22.546
PIB <i>per capita</i> de municípios cuja a área de cana-de-açúcar sobre a área agrícola do município representa:	
Até 20%	21.880
acima de 20% até 40%	23.588
acima de 40% até 60%	22.989
acima de 60% até 80%	23.192
acima de 80%	24.805
Municípios com a presença de Usinas	25.329

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do IBGE e do Anuário da Cana 2012

Dado este breve retrato, onde foi apresentada a dinâmica de expansão do setor no período de análise deste presente estudo, a próxima seção trata dos aspectos metodológicos utilizados para se empreender a análise sobre como estas mudanças vêm influenciando no índice de desenvolvimento socioeconômico dos municípios paulistas.

3.3 Procedimento Metodológico

A análise empreendida neste estudo toma como base modelos de painel, considerando também aspectos dinâmicos e o controle espacial. A opção pela especificação econométrica baseada em dados de painel se justifica pelo maior número de possibilidades com relação as informações contidas na base de dados construída para o estudo, quando se compara aos dados em cortes transversais (*cross-section*) ou séries temporais (ELHORST, 2001). Com mais informações sobre o fenômeno em estudo, os modelos de análise de dados em painel permitem a exploração tanto da dimensão temporal quanto da dimensão de corte transversal, elevando-se os graus de liberdade e, por consequência, aumenta eficiência da estimação (ALMEIDA, 2013). Outra vantagem associada a este tipo de metodologia é possibilidade de se contornar o problema de omissão de variáveis explicativas, associadas a efeitos não observáveis (ou não mensuráveis), que são considerados constantes ao longo do tempo.

Ao se incorporar a análise espacial, também se considerou neste estudo a dimensão geográfica dos impactos socioeconômicos analisados. Segundo Almeida (2013), todo processo que se dá no espaço está sujeito à primeira Lei de Tobler, ou primeira Lei da Geografia, que destaca o papel da proximidade para a interação espacial entre os fenômenos, ou dependência espacial. A dependência espacial trata-se, portanto, de um caso específico de *cross-sectional dependence*, problema que aflora quando as unidades de corte transversal (ou municípios, no caso deste estudo) não são independentes entre si, justamente por apresentarem padrão de dependência espacial, o que viola algumas hipóteses básicas de

Gauss-Markov, gerando viés e inconsistência em modelos econométricos tradicionais estimados pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários (ALMEIDA, 2013).

A razão para que uma observação esteja associada a outra observação, dependendo de sua localização, deve-se ao comportamento do agente econômico, que define sua escolha ótima levando em conta as condições de mercado local, comparando outras regiões, e também distâncias entre regiões (ELHORS, 2001). No contexto agrícola, a escolha da produção de uma determinada cultura, em uma determinada localidade, pode ser avaliada como a resposta ótima do produtor com relação às condições físicas e de mercado presentes onde se localizam as áreas de cultivo. Chagas (2012) e Satolo (2012) foram estudos pioneiros em introduzir controles espaciais em modelos de painel para estudos relacionados ao setor sucroenergético, no contexto brasileiro e com o uso de dados municipais. Estes estudos evidenciaram que a dispersão regional da produção de cana-de-açúcar implica na existência de uma relação espacial entre os dados dos municípios analisados, como pode ser verificado visualmente nas Figuras 3.1, 3.2 e 3.4.

Neste estudo, as observações de corte transversal são municípios do estado de São Paulo, principal estado produtor de cana-de-açúcar (UNICA, 2014). Nas próximas subseções, serão expostos os métodos utilizados (3.3.1; 3.3.2; 3.3.3; 3.3.4; 3.3.5); os dados utilizados nas estimativas (3.3.6, 3.3.7) e o modelo proposto para análise (3.3.8).

3.3.1 Autocorrelação espacial global

Para se empreender a análise de um processo que envolva um modelo econométrico-espacial, primeiramente é necessária uma análise exploratória dos dados, de modo a se tirar conclusões sobre a existência ou não de padrões sistemáticos de associação no espaço. Na literatura da área, uma das estatísticas para teste mais disseminadas é estatística I de Moran (CARVALHO; ALBUQUERQUE, 2011). Conforme Almeida (2013), algebricamente, esta estatística proposta por Moran (1948) é dada por uma medida de autocovariância na forma de produto cruzado:

$$I = \frac{n}{S_0} \left(\frac{\mathbf{z}'\mathbf{W}\mathbf{z}}{\mathbf{z}'\mathbf{z}} \right) \quad (1)$$

Em notação matricial, em que n é o número de regiões; $\mathbf{z}$ é a matriz com os valores variável de interesse; $\mathbf{W}\mathbf{z}$ representa os valores médios da variável de interesse padronizada nos vizinhos, definida conforme a matriz de ponderação espacial $\mathbf{W}$; e S_0 é soma de todos os

elementos da matriz de pesos espaciais $\mathbf{W}$. O termo do numerador de (1) é autocovariância espacial, composta pelo produtos cruzados $\mathbf{z}'\mathbf{W}\mathbf{z}$.

A hipótese nula a ser testada é a de aleatoriedade espacial. O I de Moran tem o valor esperado $E(I) = -[1/(n - 1)]$ e o valor calculado deve ser igual ao seu valor esperado dentro dos limites da significância estatística, se a variável testada for independente do valor encontrado nas regiões vizinhas (CLIFF;ORD, 1981 *apud* ALMEIDA, 2013). No caso de independência espacial, recomenda-se o uso de modelos econométricos tradicionais, de modo a não causar problemas decorrentes de erro de especificação pela inclusão de variáveis irrelevantes (ALMEIDA, 2013). Para inferência, aplica-se o I de Moran das unidades de corte transversal para cada período, conforme proposto por Elhorst (2010).

3.3.2 Modelos Espaciais

Sendo confirmada autocorrelação espacial, existem na literatura diferentes abordagens metodológicas possíveis para se empreender a estimação. A alternativa mais recorrente (e utilizada neste artigo) é a introdução no modelo de matrizes espaciais ($\mathbf{W}$), na forma de variáveis defasadas espacialmente, que isoladamente, ou em conjunto no modelo, consigam captar e controlar tais efeitos (ALMEIDA, 2013). Partindo-se de um modelo básico, em notação matricial³:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad , \quad \boldsymbol{\varepsilon} \sim \text{Normal}(0, \sigma^2 \mathbf{I}_n) \quad (2)$$

Em que $\mathbf{Y}$ é o vetor n por 1 de variáveis dependentes; $\mathbf{X}$ é a matriz n por k de variáveis explicativas exógenas; $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor k por 1 de coeficientes da regressão; e $\boldsymbol{\varepsilon}$ é o vetor n por 1 de termos de erro aleatório, com distribuição normal e variância constante.

Incorporando-se defasagens espaciais, podemos enunciar um modelo espacial geral:

$$\mathbf{Y} = \rho \mathbf{W}\mathbf{Y} + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{W}\mathbf{X}\boldsymbol{\tau} + \boldsymbol{\xi} \quad (3)$$

$$\boldsymbol{\xi} = \lambda \mathbf{W}\boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad \text{ou} \quad \boldsymbol{\xi} = \gamma \mathbf{W}\boldsymbol{\varepsilon} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (4)$$

As defasagens espaciais são apresentadas pelos termos $\mathbf{W}\mathbf{Y}$, quando a variável dependente apresenta interação nas regiões vizinhas; $\mathbf{W}\mathbf{X}$, na ocorrência de interação nas variáveis independentes; $\mathbf{W}\boldsymbol{\xi}$, no caso de erros correlacionados; e $\mathbf{W}\boldsymbol{\varepsilon}$ quando há correlação de erro em nível local. As matrizes de ponderação $\mathbf{W}$ não necessariamente são iguais no modelo

³ Para mais detalhes, ver Almeida (2013)

(ALMEIDA, 2013). O quadro 3.1 resume, a partir das equações (3) e (4), as possibilidades de modelos espaciais que podem ser empreendidos conforme as defasagens utilizadas e os efeitos causados pela não inclusão das mesmas⁴:

Modelo	Defasagens	Parâmetros	Implicação
Defasagem Espacial (SAR)	WY	$\rho \neq 0; \tau = 0; \lambda = 0; \gamma = 0$	Viés
Erro Autorregressivo (SEM)	Wξ	$\rho = 0; \tau = 0; \lambda \neq 0; \gamma = 0$	Ineficiência
Defasagem com Erro Autorregressivo (SAC)	WY e Wξ	$\rho \neq 0; \tau = 0; \lambda \neq 0; \gamma = 0$	Viés e Ineficiência
Erro de Média Móvel (SMA)	Wε	$\rho = 0; \tau = 0; \lambda = 0; \gamma \neq 0$	Ineficiência
Regressivo Cruzado Espacial (SLX)	WX	$\rho = 0; \tau \neq 0; \lambda = 0; \gamma \neq 0$	Viés
Regressivo Cruzado Espacial com Erro de Média Móvel (SLXMA)	WX e Wε	$\rho = 0; \tau \neq 0; \lambda = 0; \gamma \neq 0$	Viés e Ineficiência
Durbin Espacial (SDM)	WY e WX	$\rho \neq 0; \tau \neq 0; \lambda = 0; \gamma = 0$	Viés
Defasagem com Erro de Média Móvel (SARMA)	WY e Wε	$\rho \neq 0; \tau = 0; \lambda = 0; \gamma \neq 0$	Viés e Ineficiência
Durbin Espacial do Erro (SDEM)	WX e Wξ	$\rho \neq 0; \tau = 0; \lambda \neq 0; \gamma = 0$	Viés e Ineficiência
Geral Espacial (GSM)	WY, WX, Wξ e Wε	$\rho \neq 0; \tau \neq 0; \lambda \neq 0; \gamma \neq 0$	Viés e Ineficiência

Quadro 3.1 – Modelos econométricos espaciais conforme defasagens espaciais incluídas

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Almeida (2013), p. 182, e Cardoso, Bittencourt e Porsse (2013)

3.3.3 Painel Espacial

O desenvolvimento da área de econometria espacial em painel de dados ainda é relativamente recente, mas seu uso vem sendo crescente em número de estudos empíricos que utilizam tal abordagem, motivados pelas vantagens do uso de dados em painel, que oferecem aos pesquisadores mais possibilidades do que os dados puramente do tipo *cross-section* ou de séries temporais⁵, e pela necessidade de se acomodar a heterogeneidade espacial não observada ou a forma funcional incorreta, no caso em que os dados apresentam característica de autocorrelação espacial (ELHORST, 2001; ALMEIDA, 2013; CARDOSO; BITTENCOURT; PORSSE, 2013). Para modelar a dependência espacial entre as observações, o modelo pode assumir a forma de um processo autorregressivo espacial, na forma de erro espacial, ou lags espaciais (ELHORST, 2001).

Partindo-se do modelo linear básico, em notação matricial:

⁴ Para uma descrição formal detalhada e a demonstração dos efeitos da omissão das defasagens espaciais, ver Almeida (2013).

⁵ Para uma descrição formal mais detalhada, ver Wooldridge (2003)

$$Y_{it} = \mathbf{X}'_{it}\boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{it} \quad , \quad \varepsilon \sim \text{Normal}(0, \sigma^2) \quad (5)$$

Em que $i=1,2,\dots,N$ refere-se as unidades espaciais; $t=1,2,\dots,T$ refere-se às unidades de tempo; Y_{it} é a variável dependente; $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor k por 1 de coeficientes da regressão; $\mathbf{X}$ é a matriz n por k de variáveis explicativas exógenas; e ε_{it} é o termo de erro aleatório, com distribuição normal e variância constante.

Este tipo de modelo representado por (5) é o tipo de análise conhecida na literatura por *pooled*, que assume a inexistência de efeitos específicos não observáveis no tempo e os parâmetros estimados são comuns para todas as unidades de observação (WOOLDRIDGE,2003). A estimação é realizada Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), e admite-se que o termo de erro não é correlacionado com os regressores $Cov(X_{it}, \varepsilon_{it}) = 0$ (WOOLDRIDGE,2003).

No modelo apresentado em (5), nota-se que não se considera componentes espaciais, ou outros efeitos omitidos (por indisponibilidade ou dificuldade de obtenção de dados, por exemplo) mas que podem exercer influência significativa sobre a variável dependente, incorrendo-se o risco de se produzir resultados inconsistentes e viesados (ELHORST, 2001).

A dependência espacial, quando identificada, pode ser incorporada ao modelo tanto pela introdução de defasagens espaciais das variáveis dependentes e independentes, quanto pelo termo autorregressivo do erro, construindo-se em modelos do tipo SAR, SEM, SAC, SLX, SLXMA, SDM, SARMA, SDEM e GSM, conforme já apresentado no Quadro 3.1 (ELHORST, 2014; ALMEIDA, 2013). Com relação aos outros efeitos omitidos, uma forma de se controlar é pela introdução de uma variável (μ_i) representando o efeito destas variáveis omitidas:

$$Y_{it} = \delta \mathbf{W}\mathbf{Y}_t + \mathbf{X}'_{it}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{W}\mathbf{X}'_{it}\boldsymbol{\tau} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Nesse caso, a estimação assume que a heterogeneidade das unidades (efeito das variáveis omitidas) é captada por (μ_i). Este tipo de modelo pode ser estimado como Efeito Fixo, em que a heterogeneidade não observada se manifesta nos interceptos; ou Efeito Aleatório, em que a heterogeneidade não observada se manifesta no componente de erro (ALMEIDA, 2013). Segundo Cameron e Trivedi (2005), a escolha entre a estimativa por efeito fixo ou efeito aleatório se baseia na análise de dois critérios fundamentais: (i) se as unidades de corte transversal são parâmetros da população, ou seja, todas as unidades são contempladas na amostra; (ii) ausência de correlação entre os efeitos (individuais ou temporais) e os

regressores. Segundo Wooldrige (2003), a segunda definição é a mais utilizada na econometria moderna, sendo usual tratar efeito aleatório como sinônimo de não correlação entre as variáveis explicativas observadas e os efeitos não observados. Para se testar tal condição, usualmente se utiliza na literatura o teste de Hausman (1978), para se comparar as estimativas de efeito aleatório e fixo.

No caso da análise empreendida neste estudo, onde são utilizados dados de todos os municípios do estado de São Paulo, previamente selecionados e não provenientes de seleção aleatória, já espera-se que escolha do modelo de Efeito Fixo seja a mais apropriada, devido a característica do painel em questão (JUDSON; OWEN, 1996). Porém, serão estimados modelos de efeito fixo e aleatório e aplicado o teste de Hausman para se verificar a adequação do modelo avaliado.

3.3.4 Modelos de Efeito Fixo Espacial

O modelo de efeito fixo estendido para incluir a correlação espacial pode ser especificado como.

Para erro autorregressivo:

$$Y_{it} = \mathbf{X}'_{it}\boldsymbol{\beta} + \mu_i + \varphi_t \quad (7)$$

$$\varphi_t = \boldsymbol{\delta}\mathbf{W}\varphi_t + \varepsilon \quad ; E(\varepsilon_t) = 0; E(\varepsilon_t\varepsilon_t') = \sigma^2\mathbf{I}_n \quad (8)$$

Para lag espacial na variável dependente e/ou nas variáveis independentes:

$$Y_{it} = \boldsymbol{\delta}\mathbf{W}\mathbf{Y}_{it} + \mathbf{X}'_{it}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{W}\mathbf{X}'_{it}\boldsymbol{\tau} + \mu_i + \varepsilon_t \quad (9)$$

$$E(\varepsilon_t) = 0; E(\varepsilon_t\varepsilon_t') = \sigma^2\mathbf{I}_n$$

Onde δ é o termo de erro autorregressivo e as demais variáveis conforme já apresentadas.

A presença das variáveis defasadas espacialmente torna a estimação dos modelos mais complexa. Segundo Almeida (2013), a presença das variáveis com componente espacial no lado direito da regressão assemelha-se ao problema de variáveis endógenas, pois a variável defasada espacialmente incluída no modelo potencialmente apresenta correlação com o erro.

Na literatura de painel espacial, comumente reporta-se o uso de estimadores baseados em máxima verossimilhança (ELHORST, 2001; LEE; YU, 2010). Porém, o modelo de Efeito Fixo pode ser estimado de modo consistente quando T é suficientemente grande (ELHORST, 2014). A literatura indica que o estimador de Máxima Verossimilhança (MLE) do componente autorregressivo (*within*) é viesado e inconsistente no caso de n tendendo ao

infinito com T fixo e limitado, pela existência de um problema referenciado na literatura como “parâmetro incidental”⁶, que é o caso do painel de dados balanceado construído para o presente estudo (NICKELL, 1981 *apud* LEE; YU, 2014). Dessa forma, um modo apontado na literatura de contornar o problema é com o uso do Método de Momentos Generalizado (GMM⁷), proposto por Arellano e Bond (1991), utilizado neste trabalho em sua extensão Método de Momentos Generalizado em Sistema (GMM-SYS), proposto por Blundell e Bond (1998) e brevemente apresentado na subseção seguinte (LEE; YU, 2014).

3.3.5 Método de Momentos Generalizado (GMM)

Realizados os testes de autocorrelação espacial global das variáveis (no caso deste estudo, com o uso do I de Moran) e incluídos os controles espaciais necessários aos modelos, a hipótese de exogeneidade estrita é violada. Além disso, a especificação do modelo proposto para este estudo também se baseia na suposição de que o nível de desenvolvimento socioeconômico corrente do município tende a influenciar na dinâmica do nível de desenvolvimento socioeconômico do próximo período, também gerando endogeneidade e quebra de pressupostos dos estimadores de MQO. A inclusão da defasagem, além de controlar a possível dinâmica no modelo, considerando a possível existência de correlação entre os valores passados da variável dependente e os valores contemporâneos das demais variáveis explicativas, também permite mensurar os efeitos de longo prazo sobre a variável dependente. (MEYRELLES-FILHO; JAIME-JR, 2009; SANTOS, 2009).

Dessa forma, a literatura da área indica como maneira mais apropriada para estimação o uso do Método de Momentos Generalizado (GMM), proposto por Arellano e Bond (1991), utilizado neste trabalho em sua extensão Método de Momentos Generalizado em Sistema (GMM-SYS), proposto por Blundell e Bond (1998) (LEE; YU, 2014). O tratamento instrumental a todas as variáveis endógenas, obtido por meio do GMM-SYS, pode corrigir a endogeneidade da variável dependente defasada espacialmente, bem como as demais variáveis explanatórias potencialmente endógenas (KUKENOVA; MONTEIRO, 2009).

⁶ Em tradução livre do inglês “*incidental parameter*”, discutido em Neyman e Scott (1948).

⁷ Se optou pelo uso da sigla proveniente do inglês Generalized Method of Moments, dada sua ampla utilização na literatura.

De modo a apresentar brevemente o estimador de GMM proposto por Arellano e Bond (1991)⁸, mas neste caso estendido para a análise espacial, podemos tomar como base o modelo descrito em (9), adicionando-se a defasagem temporal da variável dependente:

$$Y_{it} = \rho Y_{it-1} + \delta W_t Y_{it} + X'_{it} \beta + W_t X'_{it} \tau + \mu_i + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$E(\mu_i) = E(\varepsilon_{it}) = E(\mu_i \varepsilon_{it}) = 0 \quad (11)$$

Sendo ρ o parâmetro autorregressivo do modelo AR(1) proposto, sendo $|\rho| < 1$ e os demais termos conforme já anteriormente descrito. Considerando $E(\varepsilon_{it} \varepsilon_{is}) = 0, \forall t \neq s$, e $E(Y_{i0} \varepsilon_{it})$ uma condição de início, de acordo com o procedimento do GMM, o termo de efeito individual pode ser suprimido reescrevendo a equação em diferença de primeira ordem:

$$\Delta Y_{it} = \rho \Delta Y_{it-1} + \delta \Delta W Y_{it} + \Delta X_{it} \beta + \Delta W X_{it} \tau + \Delta \varepsilon_{it} \quad (12)$$

Inicialmente, pensando-se no problema da endogeneidade provocada pela variável defasada temporalmente (podendo ser estendido à endogeneidade espacial), para $t=3$, Y_{i1} é um instrumento altamente correlacionado com ΔY_{i2} , mas não correlacionado com ΔY_{it} . Dessa forma, podemos enunciar essa condição de momento para (12):

$$\begin{aligned} E(Y_{it-\tau} \Delta \varepsilon_{it}) &= 0, \text{ para } t = 3, \dots, T \text{ e } 2 \leq \tau \leq t-1 \\ E(Y_{it-2} \Delta \varepsilon_{it-1} - Y_{it-1} \Delta \varepsilon_{it}) &= 0, \text{ para } t = 4, \dots, T \end{aligned} \quad (14)$$

Na forma matricial, temos:

$$E(\mathbf{Z}_i' \bar{\mathbf{u}}) = 0 \quad (15)$$

Sendo $\bar{\mathbf{u}}$ é um vetor $(T-2)$ igual a $(\Delta \varepsilon_{i3}, \Delta \varepsilon_{i4}, \dots, \Delta \varepsilon_{iT})'$ e $\mathbf{Z}_i$ uma matriz $(T-2) \times m$ definida por :

$$\mathbf{Z}_i = \begin{bmatrix} Y_{i1} & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & Y_{i1} & Y_{i2} & \dots & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \dots & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & Y_{i1} & \dots & Y_{i,T-2} \end{bmatrix} \quad (16)$$

⁸ Para uma apresentação mais detalhada, ver Arellano e Bond (1991), Blundell e Bond (1998), Wooldridge (2003); Baltagi (2005), Kukenova e Monteiro (2009).

O estimador de GMM, tomando-se estas condições, minimiza a distância quadrática de $\Delta \varepsilon Z A_n Z' \Delta \varepsilon$, sendo A_n uma matriz de pesos, de modo que (KRETZMANN, 2014):

$$\widehat{\rho}_{dif} = (\overline{y}_{-1}' Z A_n Z' \overline{y}_{-1})^{-1} \overline{y}_{-1}' Z A_n Z' \bar{y} \quad (17)$$

Sendo $\overline{y}_{-1}$ um vetor $(T - 2)$ igual a $(\Delta y_{i3}, \Delta y_{i4}, \dots, \Delta y_{iT})$; Z uma matriz $m \times N(T - 2)$ igual a $(Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$.

Em geral, os pesos ótimos são dados por: $A_n = (N^{-1} \sum_{i=1}^N Z_i' \widehat{\mathbf{u}} \widehat{\mathbf{u}}' Z_i)^{-1}$, sendo esse o estimador GMM em dois passos, onde $\widehat{\mathbf{u}}$ são os resíduos de uma estimação inicial consistente (KRETZMANN, 2014).

Em extensão ao estimador brevemente apresentado, Blundell e Bond (1998) verificaram que no caso de T baixo e parâmetro autorregressivo alto, os valores defasados tornam-se instrumentos fracos nas equações em diferença do GMM-DIF. Deste modo, estes autores propuseram a inclusão de restrições adicionais sobre as condições iniciais, de modo que valores defasados podem ser utilizados como instrumentos para a equação em nível. Dessa forma, a matriz de instrumentos, antes denominada por Z_i , passa a ser definida:

$$\mathbf{Z}_i^+ = \begin{bmatrix} Z_i & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Delta Y_{i1} & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \Delta Y_{i3} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \Delta Y_{i,T-1} \end{bmatrix} \quad (17)$$

A estimação, conforme descrita em (17), mas empreendida utilizando a matriz $\mathbf{Z}_i^+$ define o estimador GMM-SYS em dois passos, sob as seguintes restrições de momento adicionais:

$$\begin{aligned} E(\Delta Y_{i,t-1} \varepsilon_{it}) &= 0, \text{ para } t = 3, \dots, T \\ E(\Delta X_{i,t-1} \varepsilon_{it}) &= 0, \text{ para } t = 3, \dots, T \\ E([W_{t-\tau} Y_{i,t-1}] \Delta \varepsilon_{it}) &= 0, \text{ para } t = 3, \dots, T \text{ e } 2 \leq \tau \leq t - 1 \end{aligned} \quad (18)$$

As estimativas geradas pelo estimador GMM-SYS dependem da validade dos instrumentos empregados na identificação das variáveis endógenas, a ser verificada neste estudo pelo teste de *Sargan*. A consistência do estimador depende da validade das condições de momento, que depende da suposição de ausência de correlação serial dos resíduos em

nível. O teste de Arellano-Bond será utilizado neste estudo para verificar a correlação dos resíduos em nível.

3.3.6 Descrição dos dados

Os dados utilizados para a análise empreendida neste estudo compõem um painel balanceado, formado por dados anuais dos 645 municípios do estado de São Paulo, para o período de 2005 a 2011, compreendendo 4515 observações para cada variável.

O indicador utilizado para a análise do impacto socioeconômico da expansão do setor sucroenergético foi o Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM), que monitora anualmente o desenvolvimento socioeconômico de municípios brasileiros, sob as dimensões de educação, saúde, e emprego e renda, compondo um indicador agregado, conforme resumido no Quadro 3.2.

IFDM		
Emprego & Renda	Educação	Saúde
Geração de emprego formal	Matrículas na educação infantil	Número de consultas pré-natal
Absorção de mão de obra local	Abandono do ensino fundamental	Óbitos infantis por causas mal-definidas
Geração de renda formal	Distorção de idade-série no ensino fundamental	Óbitos infantis por causas evitáveis
Salários médios do emprego formal	Média de horas aula diárias no ensino fundamental	Internação sensível à atenção básica (ISAB)
Desigualdade	Resultado do IDEB no ensino fundamental	

Quadro 3.2 – Resumo dos componentes do IFDM

Fonte: Firjan (2014)

O IFDM pode ser compreendido como uma *proxy* para o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) que é amplamente utilizado na literatura como indicador sintético da realidade socioeconômica vivenciada pela população dos municípios (GUIMARÃES; JANNUZZI, 2005). O uso do IFDM se justifica pela periodicidade em que o índice é divulgado (anual), enquanto o IDH-M para todos os municípios tem frequência decenal (em conjunto com o Censo Demográfico).

Os dados referentes às áreas agriculturáveis ocupadas por cana-de-açúcar da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM); a área total dos municípios; o Produto Interno Bruto per capita municipal (PIB – Municipal); e a estimativa de população residente são fornecidos pelo IBGE (2014). A taxa de urbanização foi obtida pela Fundação Sistema Estadual de Análise de

Dados – SEAD (2014). A densidade populacional dos municípios foi construída, dividindo-se a população residente pela área total dos municípios em km² (IBGE, 2014). A variável binária que indica a presença de usina nos municípios, assumindo valor 1 (um), caso o município possua usina; e 0 (zero), caso contrário, foi construída com base em dados do Anuário da Cana, referentes aos anos de 2005 a 2011⁹. O software estatístico utilizado foi o STATA, em sua versão 12.0.

O Quadro 3.3, apresentado a seguir, resume as variáveis consideradas neste estudo, as siglas utilizadas, os sinais esperados nas regressões (conforme apontado na literatura), as referências de estudos empíricos consultados que utilizam as mesmas variáveis para análises semelhantes e, por fim, a fonte de obtenção dos dados.

Variável (sigla)	Sinal esperado	Referência	Fonte de dados
PIB per capita (<i>PIBpc</i>)	+	(SATOLO; BACCHI, 2013)	IBGE (2014)
Taxa de analfabetismo (<i>%Analf</i>)	-		IBGE (2014)
Taxa de urbanização (<i>%Urb</i>)	+		SEAD (2014)
Densidade Populacional (<i>Densidade</i>)	+	(BACCHI; CALDARELLI, 2015)	Construída pelo autor, com base em dados do IBGE (2014)
Área de cultivo de cana sobre a área total do município (<i>%ÁreaCana</i>)		(CHAGAS; TONETO-JR; AZZONI, 2012; CHAGASBACCHI; CALDARELLI, 2015)	IBGE (2014)
Variável Binária para a presença de Usinas (<i>DUsina</i>)		(SATOLO; BACCHI, 2013; BACCHI; CALDARELLI, 2015)	Construída pelo autor, com base em dados do Anuário da Cana-de-Açúcar (2005;2006;2007;2008; 2009;2010;2011)
Área dos estabelecimentos agropecuários (lavouras temporárias e permanentes) sobre o total de área do município (<i>%ÁreaAgro</i>)	+	(SATOLO; BACCHI, 2013)	IBGE (2006)

Quadro 3.3 - Variáveis utilizadas no estudo, referências e fonte de dados

Fonte: elaborado pelo autor.

⁹ Período de análise limitado conforme a disponibilidade de informação do IFDM até a realização deste estudo.

3.3.7 Definição da Matriz espacial

A matriz de pesos espaciais é uma matriz quadrada ($n \times n$) que contém uma medida de relacionamento de cada unidade de observação local sobre outra. No caso deste estudo, cada elemento da matriz, w_{ij} , indica o peso espacial que relaciona um município j e um município i .

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 0 & w_{kj}(d_{k,j}) & \dots & w_{kl}(d_{k,l}) \\ w_{jk}(d_{j,k}) & 0 & \dots & w_{jt}(d_{j,t}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{lk}(d_{l,k}) & w_{lj}(d_{l,j}) & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (19)$$

A definição e escolha de critérios para a matriz de ponderação espacial é controversa na literatura, pois, de modo geral, é exógena e definida de forma arbitrária pelo pesquisador, dado que não existe um teste formal para sua definição (PLAIGIN, 2009 *apud* ALMEIDA, 2013). O tipo de matriz mais comumente utilizada na literatura da área são as construídas a partir de pesos espaciais construídos por meio de características geográficas (TYSZLER, 2006). Neste caso, a composição dos pesos espaciais apoia-se no critério de proximidade, que pode ser definido de acordo com a contiguidade e/ou a distância geográfica segundo uma determinada métrica. Neste estudo, utilizamos uma matriz de ponderação espacial ($\mathbf{W}$) definida pelo critério de distância geográfica, baseada por centroides, calculada por meio da distância euclidiana inversa definida a partir dos dados de coordenadas de latitude e longitude dos municípios avaliados fornecidos pelo IBGE (2014). Tal opção pela matriz de distâncias geográficas deve-se a evidências encontradas na literatura de um menor poder de explicação das matrizes de contiguidade com o crescimento do tamanho da amostra (TYSZLER, 2006). A multiplicação da matriz $\mathbf{W}$ por um vetor de variável gera uma nova variável, defasagem espacial da original, que, ao ser incluída no modelo, capta a influência dos vizinhos sobre o município avaliado.

3.3.8 Modelo proposto para a análise

Para cumprir com o objetivo proposto no estudo, foi construído um modelo de modo a se avaliar o impacto das variáveis que fazem referência ao setor sucroenergético sobre os indicadores socioeconômicos dos municípios paulistas. Conforme exposto na subseção 2.4.6, a variável dependente avaliada é o índice FIRJAN de desenvolvimento municipal. As séries de dados utilizados foram todas transformadas em logaritmo, exceto a variável binária que se refere à presença de usina de cana de açúcar no município ($DUsina$) e as que estavam em valores percentuais. Desta forma, os valores dos coeficientes estimados podem ser interpretados como elasticidades.

Os modelos que se propõem serem estimados neste estudo podem ser expressos por:

$$\begin{aligned}
 IIFDM_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 W IIFDM_{it} + \alpha_2 lPIBpc_{it} + \alpha_3 \%ÁreaCana_{it} \\
 & + \alpha_4 W \%ÁreaCana_{it} + \alpha_5 DUsina_{it} + \alpha_6 W DUsina_{it} \\
 & + \alpha_7 \%Urb_{it} + \alpha_8 W \%Urb_{it} + \alpha_9 \%Analf_{it} + \alpha_{10} W \%Analf_{it} \\
 & + \alpha_{11} lDensidade_{it} + \alpha_{12} W lDensidade_{it} + \alpha_{13} \%ÁreaAgro_{it} \\
 & + \alpha_{14} W \%ÁreaAgro_{it} + \alpha_{15} L1. IIFDM + \varepsilon_{it}
 \end{aligned} \tag{10}$$

Sendo:

IIFDM: Índice FIRJAN consolidado de desenvolvimento Municipal (em transformação logarítmica);

lPIBpc: PIB per capita a preços correntes;

%ÁreaCana: percentual de área ocupada por lavouras de cana-de-açúcar com relação à área total dos municípios;

DUsina: dummy indicando a presença de usina de cana-de-açúcar na cidade – (1) para a existência de usina; (0) para inexistência;

%Urb: taxa de urbanização;

%Analf: taxa de analfabetismo;

lDensidade: densidade populacional

%ÁreaAgro: percentual de área agrícola do município sobre sua a área total.

As variáveis acrescidas do prefixo W e L1 indicam, respectivamente, as defasagens espaciais e temporais (uma unidade de tempo) das mesmas. Além da variável *IIFDM* defasada, a variável *lPIBpc* foi a única tratada como potencialmente endógena, utilizando-se como instrumento seu próprio valor defasado, adotando-se como hipótese a relação de dupla causalidade entre as variáveis. A adequação dos instrumentos utilizados foi verificada pelo teste de Sargan. A defasagem espacial das variáveis consideradas endógena à variável dependente e utilizadas como instrumento foram omitidas do modelo proposto, conforme indicado na literatura da área (SATOLO, 2012).

3.4 Resultados e discussão

A Tabela 3.2 apresenta estatísticas descritivas das variáveis consideradas neste estudo. Foram consideradas 4515 observações para cada variável, o que compreende dados dos 645 municípios do estado de São Paulo, pelo período de sete anos (2005 a 2011) de análise. Por tratar-se de uma análise de dados em painel, a análise estatística descritiva presente na Tabela

3.5 está decomposta nas dimensões *within* (variância entre os municípios) e *between* (variação média no tempo entre os municípios).

Tabela 3.5 – Análise descritiva das variáveis utilizadas (período de 2005 a 2011)

(continua)

Variável		Média	Desvio-padrão	Min	Max	Observações
<i>IFDM</i>	total	0,74	0,072	0,482	0,983	N = 4515
	<i>between</i>		0,062	0,573	0,904	n = 645
	<i>within</i>		0,036	0,582	0,895	T = 7
<i>%ÁreaCana</i>	total	0,18	0,215	0,000	0,934	N = 4515
	<i>between</i>		0,206	0,000	0,898	n = 645
	<i>within</i>		0,062	-0,243	0,530	T = 7
<i>%Urb</i>	total	0,83	0,145	0,232	1,000	N = 4515
	<i>between</i>		0,144	0,242	1,000	n = 645
	<i>within</i>		0,016	0,636	1,029	T = 7
<i>%Analf</i>	total	0,08	0,028	0,000	0,171	N = 4515
	<i>between</i>		0,026	0,014	0,166	n = 645
	<i>within</i>		0,009	-0,072	0,162	T = 7
<i>PIBpc</i>	total	16.808,58	15289,410	3524,970	287367,4	N = 4515
	<i>between</i>		14010,800	5111,773	179227,4	n = 645
	<i>within</i>		6142,028	-80214,190	124948,5	T = 7
<i>%ÁreaAgro</i>	total	0,43	0,301	0	1	N = 4515
	<i>between</i>		0,301	0	1	n = 645
	<i>within</i>		0	0,431	0,431	T = 7

Tabela 3.5 – Análise descritiva das variáveis utilizadas (período de 2005 a 2011)

(conclusão)

Variável		Média	Desvio-padrão	Min	Max	Observações
<i>Densidade</i>	total	301,74	1200,887	3,714	12915,250	N = 4515
	<i>between</i>		1201,087	3,943	12702,410	n = 645
	<i>within</i>		37,910	-463,532	1187,132	T = 7

A correlação espacial global entre as variáveis utilizadas neste estudo (já em transformação logarítmica, conforme serão utilizadas nos modelos) foi verificada pelo cálculo do I de Moran, conforme apresentado na Tabela 3.6. O teste foi realizado com dados anuais para cada variável, dado que a matriz W se mantém igual para todos os períodos. Os resultados indicam que todas as variáveis apresentaram relação de dependência espacial a 5% significância, notadamente nas variáveis referentes às áreas de produção agrícola (*%ÁreaCana* e *%ÁreaAgro*), conforme esperado, indicando a necessidade de se incluir a defasagem espacial das mesmas nos modelos.

Tabela 3.6 – Teste do I de Moran para autocorrelação espacial global

(continua)

Ano	Variável	I	E(I)	sd(I)	z	p-valor
2005	<i>IIFDM</i>	0.077	-0.002	0.003	27.352	0.000
	<i>IPIBpc</i>	0.055	-0.002	0.003	19.975	0.000
	<i>%ÁreaCana</i>	0.185	-0.002	0.003	65.430	0.000
	<i>DUsina</i>	0.038	-0.002	0.003	14.029	0.000
	<i>%Urb</i>	0.067	-0.002	0.003	23.943	0.000
	<i>%Analf</i>	0.129	-0.002	0.003	45.808	0.000
	<i>IDensidade</i>	0.275	-0.002	0.003	96.933	0.000
	<i>%ÁreaAgro</i>	0.209	-0.002	0.003	73.757	0.000
2006	<i>IIFDM</i>	0.063	-0.002	0.003	22.660	0.000
	<i>IPIBpc</i>	0.054	-0.002	0.003	19.576	0.000
	<i>%ÁreaCana</i>	0.188	-0.002	0.003	66.436	0.000
	<i>DUsina</i>	0.038	-0.002	0.003	13.893	0.000
	<i>%Urb</i>	0.067	-0.002	0.003	23.928	0.000
	<i>%Analf</i>	0.158	-0.002	0.003	55.942	0.000
	<i>IDensidade</i>	0.276	-0.002	0.003	97.310	0.000
	<i>%ÁreaAgro</i>	0.209	-0.002	0.003	73.757	0.000

Tabela 3.6 – Teste do I de Moran para autocorrelação espacial global

						(conclusão)
Ano	Variável	I	E(I)	sd(I)	z	p-valor
2007	<i>IIFDM</i>	0.075	-0.002	0.003	26.926	0.000
	<i>IPIBpc</i>	0.054	-0.002	0.003	19.569	0.000
	<i>%ÁreaCana</i>	0.198	-0.002	0.003	69.840	0.000
	<i>DUsina</i>	0.039	-0.002	0.003	14.079	0.000
	<i>%Urb</i>	0.066	-0.002	0.003	23.804	0.000
	<i>%Analf</i>	0.148	-0.002	0.003	52.342	0.000
	<i>IDensidade</i>	0.272	-0.002	0.003	95.798	0.000
	<i>%ÁreaAgro</i>	0.209	-0.002	0.003	73.757	0.000
2008	<i>IIFDM</i>	0.068	-0.002	0.003	24.451	0.000
	<i>IPIBpc</i>	0.049	-0.002	0.003	17.648	0.000
	<i>%ÁreaCana</i>	0.204	-0.002	0.003	71.776	0.000
	<i>DUsina</i>	0.040	-0.002	0.003	14.378	0.000
	<i>%Urb</i>	0.066	-0.002	0.003	23.605	0.000
	<i>%Analf</i>	0.117	-0.002	0.003	41.590	0.000
	<i>IDensidade</i>	0.273	-0.002	0.003	96.092	0.000
	<i>%ÁreaAgro</i>	0.209	-0.002	0.003	73.757	0.000
2009	<i>IIFDM</i>	0.068	-0.002	0.003	24.451	0.000
	<i>IPIBpc</i>	0.040	-0.002	0.003	14.639	0.000
	<i>%ÁreaCana</i>	0.212	-0.002	0.003	74.615	0.000
	<i>DUsina</i>	0.038	-0.002	0.003	13.723	0.000
	<i>%Urb</i>	0.212	-0.002	0.003	74.615	0.000
	<i>%Analf</i>	0.147	-0.002	0.003	51.944	0.000
	<i>IDensidade</i>	0.273	-0.002	0.003	96.195	0.000
	<i>%ÁreaAgro</i>	0.209	-0.002	0.003	73.757	0.000
2010	<i>IIFDM</i>	0.070	-0.002	0.003	25.166	0.000
	<i>IPIBpc</i>	0.036	-0.002	0.003	13.168	0.000
	<i>%ÁreaCana</i>	0.218	-0.002	0.003	76.887	0.000
	<i>DUsina</i>	0.038	-0.002	0.003	13.751	0.000
	<i>%Urb</i>	0.064	-0.002	0.003	23.106	0.000
	<i>%Analf</i>	0.159	-0.002	0.003	56.201	0.000
	<i>IDensidade</i>	0.274	-0.002	0.003	96.522	0.000
	<i>%ÁreaAgro</i>	0.209	-0.002	0.003	73.757	0.000
2011	<i>IIFDM</i>	0.072	-0.002	0.003	25.677	0.000
	<i>IPIBpc</i>	0.039	-0.002	0.003	14.098	0.000
	<i>%ÁreaCana</i>	0.221	-0.002	0.003	77.988	0.000
	<i>DUsina</i>	0.035	-0.002	0.003	12.926	0.000
	<i>%Urb</i>	0.064	-0.002	0.003	22.934	0.000
	<i>%Analf</i>	0.144	-0.002	0.003	50.978	0.000
	<i>IDensidade</i>	0.274	-0.002	0.003	96.618	0.000
	<i>%ÁreaAgro</i>	0.209	-0.002	0.003	73.757	0.000

*teste unicaudal ($\alpha=0,05$)

Fonte: resultados do estudo

Dessa forma, o modelo (10) foi estimado como modelos de Efeitos Fixos, Efeitos Aleatórios e pelo Método de Momentos Generalizado em Sistema (GMM-SYS) e os resultados são apresentados na Tabela 3.7 e no APÊNDICE B. Embora se sugira na literatura a melhor adequação do modelo GMM-SYS, as estimativas produzidas pelo modelo de Efeito Fixo e Aleatório serviram, para além de se observar mudanças nas estimativas entre os modelos estimados, a realização do Teste de Hausman, que permitiu avaliar se o tratamento dos efeitos não observados como fixos é o mais adequado. Os estimadores de efeitos fixos e aleatórios estão apresentados no APÊNDICE B presente na seção de apêndices deste estudo.

Dois modelos GMM-SYS foram estimados em dois passos, com matriz de variância-covariância de estimadores robustos à heterocedasticidade (Tabela 3.7). O primeiro modelo considera todas as variáveis explicativas em (10), já no segundo foram eliminadas algumas variáveis menos estatisticamente significativas, visando melhor ajuste.

Tabela 3.7 – Estimativas para o modelo (10)

Resultados para o Modelo (16)				
Variáveis	GMM-SYS (Modelo1)		GMM-SYS (Modelo2)	
	Coef.	P> z	Coef.	P> z
LIIIFDM	0,260	0,000	0,264	0,000
IPIBpc	0,023	0,001	0,026	0,000
WIIFDM	0,619	0,000	0,634	0,000
%Áreacana	-0,040	0,056	-0,041	0,043
W%Áreacana	0,023	0,795	-	-
DUsina	0,020	0,021	0,018	0,030
WDUsina	0,059	0,327	0,086	0,052
%Urb	0,030	0,639	0,040	0,521
W%Urb	-0,245	0,119	-0,352	0,003
%Analf	-0,130	0,257	-0,143	0,233
WAnalf	0,287	0,686	-	-
IDensidade	0,020	0,000	0,019	0,000
WIDensidade	-0,003	0,835	-	-
%ÁreaAgro	0,084	0,002	0,081	0,002
W%Áreaagro	-0,116	0,008	-0,101	0,004
Constante	-0,156	0,429	-0,085	0,571
Instrumentos eq. em diferença		$IIFDM_{t-2}$, $WIIFDM_{t-2}$, $IPIBpc_{t-2}$		
Instrumentos eq. em nível		$\Delta IIFDM_{t-1}$, $\Delta IPIBpc_{t-1}$, $\Delta WIIFDM_{t-1}$		
Teste de Wald				
Wald (Prob>chi2)	475,71		481,86	
Prob > chi2	0,0000		0,0000	
Teste de Sargan				
Prob > chi2	0,0005		0,0006	
Teste de Arellano-Bond:				
m_1 Prob>z	0,0000		0,0000	
m_2 Prob>z	0,0043		0,0058	

Fonte: resultados do estudo.

O resultado do teste de Wald indica que o conjunto de variáveis explicativas é adequado para prever o comportamento da variável dependente. O teste de Sargan indica a adequação dos instrumentos utilizados e os testes de autocorrelação de primeira e segunda ordem (estatística m_1 e m_2 de Arellano-Bond) indicam ausência de autocorrelação. O teste de Hausman (APÊNDICE B) indica que os estimadores do modelo por efeitos aleatórios são inconsistentes, sendo o tratamento por efeito-fixo mais adequado.

Nos parágrafos seguintes serão comentados os resultados obtidos, buscando confrontá-los, sempre que possível, com os resultados de outros estudos de avaliação de impacto socioeconômico da expansão do setor sucroenergético já desenvolvidos. No entanto, cabe observar previamente que as metodologias e variáveis utilizadas e também os períodos de análise variam, em menor ou maior grau, entre os estudos, impossibilitando uma comparação direta.

A significância estatística do parâmetro estimado para a *IIFDM* defasada no tempo (*LIIFDM*) sugere que a especificação dinâmica utilizada foi apropriada e que há a inércia do valor do IFDM entre os períodos de tempo, com elasticidade aproximada de 26%, tanto no modelo 1 quanto no modelo 2. Também se avalia a significância da defasagem espacial da variável dependente, o que indica que o desenvolvimento socioeconômico avaliado pelo IFDM nos municípios é fortemente influenciado pelo desenvolvimento dos municípios nas proximidades, com elasticidade de para o modelo 2. Satolo e Bacchi (2013) também verificam grande influência regional quando avaliam o desenvolvimento a partir do PIB *per capita*, com elasticidade de 28%. Tal diferença na dimensão entre os coeficientes justifica-se pelos diversos aspectos socioeconômicos que compõem o IFDM, o que impede uma comparação direta entre os dois estudos: além de aspectos relacionados à renda, mais diretamente associados ao PIB *per capita*, o IFDM abarca aspectos relacionados à saúde e educação (Quadro 3.2), que afetam diretamente as proximidades, diante dos deslocamentos populacionais existentes entre os municípios.

Os sinais dos outros coeficientes mostraram-se coerentes com o esperado inicialmente, conforme Quadro 3.3 (seção 3.3.6), porém nem todos se mostraram com evidências significativas para se estabelecer efeitos causais a 5% de significância. Com relação aos coeficientes das variáveis de interesse do estudo, o efeito direto do percentual de área ocupada por cana-de-açúcar ($\%ÁreaCana$) mostra-se significativo até 5% no modelo 2, apresentando elasticidade negativa de 4,2% com relação ao índice de desenvolvimento (IFDM). O efeito indireto ($W\%Áreacana$) não apresentou significância e não foi considerado no modelo 2. Para o setor industrial, verifica-se resultado significativo positivo: 1,82% para o efeito

contemporâneo direto para a presença da usina no IFDM do município ($DUsina$); e 9% de efeito indireto ($WDUsina$), elasticidades com relação ao índice de desenvolvimento (IFDM)¹⁰.

O resultado negativo do efeito direto contemporâneo da expansão do cultivo de cana-de-açúcar sobre a área do município ($\%ÁreaCana$) no IFDM pode ser avaliado como resultado da redução de postos de trabalho, em virtude da ampliação de tecnologia no setor produtivo, conforme verificado por Oliveira (2009).

No estado de São Paulo, com a mudança institucional provocada pela Lei Estadual n. 11.241/2002, que regulamenta a proibição da queima pré-colheita de forma gradual até 2031, se incentivou o processo de mecanização, tornando a cadeia produtiva do etanol da principal região produtora do país menos trabalho intensiva (SÃO PAULO, 2002; FERREIRA-FILHO, 2013). Apesar das vantagens claras associadas às melhorias das condições de trabalho com redução do corte manual, o uso de uma máquina na colheita substitui, em média, o posto de trabalho de 80 cortadores (SMEETS *et al.*, 2008). Em decorrência desse processo de transformação gradual, Moraes (2007), avaliando dados de 2000 a 2005, já destaca que o crescimento dos empregados formais das usinas de açúcar (101,9%) e destilarias de álcool (88,4%) foi relativamente maior do que o dos trabalhadores rurais envolvidos com a produção de cana-de-açúcar (16,2%).

Confrontando-se a estudos empíricos com maior proximidade metodológica, Bacchi e Caldarelli (2015), ao avaliarem a elasticidade do aumento da área de cana de açúcar sobre o IFDM com dados de painel para os anos de 2005 a 2009 e uso de Efeitos Fixos, encontram evidência significativa de baixa elasticidade da variável de expansão da área de cultivo de cana de açúcar sobre o IFDM. Satolo e Bacchi (2013) encontram evidências de efeito positivo direto sobre o PIB *per capita*, mas negativos de quando se aumenta a importância econômica das lavouras de cana-de-açúcar nos municípios com a substituição de culturas, sem a ampliação da área agropecuária dos municípios.

Cabe considerar que no presente estudo não se considerou qualquer diferenciação sobre qual tipo de área que se deu a expansão do cultivo de cana de açúcar, que poderia ser sobre área de pastagens, cultivo de outras culturas, silvicultura, áreas de florestas, entre outras possibilidades, nem se considerou quaisquer *quantis* de expansão. Satolo e Bacchi (2013) evidenciam que os efeitos positivos ou negativos podem ser diferentes com relação a estes

¹⁰ Sendo a variável dependente descrita em logaritmo, a variação da *dummy* sobre a variável dependente foi transformada para a interpretação direta desta função semi-logarítmica por meio de $(e^{\beta} - 1)$, sendo β o parâmetro encontrado diretamente na regressão.

aspectos. Segundo os autores, quando a expansão da área de cana-de-açúcar não ocorre exclusivamente na substituição de culturas, mas sim em conjunto com a expansão da área agropecuária total, o impacto pode ser positivo com relação a renda. Os autores também avaliam um impacto positivo quando a expansão ocorre em até 22,19% do território municipal.

Por outro lado, o efeito avaliado para a presença da usina no IFDM do município (*DUsina*) na cidade medido é de elasticidade aproximada de 1,82%, além do efeito indireto (*WDUsina*) com elasticidade de 9% ao índice avaliado com relação às proximidades. Verifica-se que, de modo geral, estes resultados são convergentes com Bacchi e Caldarelli (2015), no que tange a associar o efeito positivo da expansão do setor à presença de usina/destilarias, ou seja, de que a agregação de valor à atividade agrícola é que traz benefícios socioeconômicos significativos para a população da área de abrangência.

Na literatura verificam-se diversos estudos que associam os efeitos positivos locais do setor, onde a presença das usinas é avaliada como um fator gerador de crescimento endógeno nos municípios (SHIKIDA; SOUZA, 2009). Além da relação direta advinda da geração de empregos, são verificados efeitos sobre o setor comercial e de serviços locais, urbanização, renda, expansão populacional e crescimento da arrecadação municipal (SHIKIDA; SOUZA, 2009; CHAGAS; TONETO-JR; AZZONI, 2012; OLIVEIRA; FERREIRA; ARAÚJO, 2012; SATOLO, BACCHI, 2013).

Importante observar o alto efeito transbordamento da presença de usinas. Tal resultado pode ser avaliado diante dos deslocamentos econômico-populacionais existentes entre os municípios, tendo em vista a evidência do desenvolvimento socioeconômico municipal no estado ser fortemente relacionado entre os municípios do estado (63% de elasticidade aproximada para a variável *WIFDM*, com significância estatística a 5%). A presença de usinas/destilarias reflete principalmente no conjunto de atividades de prestação de serviço para as mesmas, como transporte, manutenção, maquinários, entre outros (Chagas, 2009). Tercio (2006) avalia que regionalmente a implantação de usinas gera demanda principalmente pelo setor siderurgia, máquinas e tratores, construção civil e outros serviços metalúrgicos, dinamizando a economia regional.

Os municípios vizinhos aos com presença de usinas de cana-de-açúcar podem beneficiar-se por apresentarem economias mais diversificadas e menos dependentes do setor sucroenergético, podendo, por vezes suprir as necessidades de consumo de insumos, produtos e serviços dos municípios produtores. Pode-se também destacar que usinas e destilarias encontram-se em áreas rurais dos municípios avaliados, que podem ter uma ligação maior

com as áreas urbanas de municípios vizinhos do que do próprio município produtor, tanto para o suprimento de mão-de-obra quanto para serviços relacionados, seja por questões relacionadas à estruturas e/ou maior proximidade ou facilidade de acesso com relação à usina. Verifica-se na literatura uma carência de estudos que avaliem mais qualitativamente este aspecto.

A evidência estatística de dinâmica temporal da variável *IIFDM* permite também estimar elasticidades de longo prazo, utilizando $\hat{\beta}_{LP} = \hat{\beta}_{CP} / (1 - \hat{\alpha}_{15})$, sendo $\hat{\alpha}_{15}$ o parâmetro estimado para o *IFDM* defasado no tempo e $\hat{\beta}$ os parâmetros estimados para as demais variáveis explicativas (SANTOS, 2009). Fazendo isso, para a variável de área plantada de cana-de-açúcar tem-se de acordo com o modelo 2 estimado uma elasticidade contemporânea de 0,04, estima-se que a elasticidade de longo prazo para a variável de área plantada de cana-de-açúcar seja de aproximadamente redução de 5,8% no IFDM para um choque de aumento de 10% na representatividade de área plantada de cana. Já para a presença de usinas, a elasticidade estimada de longo prazo é positiva em aproximadamente 2,5% de efeito direto e 12,5% de efeito sobre as proximidades.

3.5 Conclusões

Este estudo teve como objetivo avaliar a relação entre a expansão do setor sucroenergético e indicadores socioeconômicos em nível localizado, analisando os efeitos decorrentes da expansão do setor sobre os municípios produtores e proximidades. As evidências empíricas apresentadas neste estudo indicam que a presença do setor sucroenergético gera impacto dicotômico entre o segmento industrial e o segmento primário com relação ao no índice de desenvolvimento socioeconômico avaliado (IFDM). A presença de usinas traz benefícios socioeconômicos considerável sobre a população local do município, conforme já verificado em outros trabalhos, mas este presente estudo ressalta o efeito significativo sobre o desenvolvimento socioeconômico de proximidades, o que evidencia a importância do setor sobre o desenvolvimento de outras atividades econômicas de modo direto e indireto. Já com relação à expansão da cultura agrícola, há a evidência de um efeito negativo relativamente pequeno ao índice de desenvolvimento socioeconômico local.

Este estudo avalia o efeito do setor sucroenergético sobre o desenvolvimento socioeconômico dos municípios paulistas sobre um indicador sintético de condição social (IFDM). Cabe ressaltar que tal escolha tem como limitação a impossibilidade de se conhecer especificamente quais são os efeitos causados pelo setor. Além disso, o período de análise, limitado pela disponibilidade de dados, pouco capta as novas realidades que vêm se

desenhando neste contexto, como a crise recente, que pode estar impactando negativamente municípios muito dependentes economicamente do setor.

Os resultados deste presente estudo sugerem a necessidade de análises mais detalhadas e desagregadas, quantitativas e qualitativas, que avaliem de forma mais específica os efeitos diretos e indiretos do setor sobre outras atividades econômicas, nas economias locais e, notadamente, em proximidades dos municípios produtores, com o fim de se elevar a compreensão acerca deste fenômeno.

Referências

AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás e biocombustíveis 2013**. Rio de Janeiro, 2013.

ALMEIDA, E. **Econometria Espacial Aplicada**. 2ª ed. Campinas: Alinea, 2013. 498 p.

ARELLANO, M; BOND, S. Some tests of Especification for Panel Data: Monte Carlo evidence and application to Employment Equations. **The Review of Econometrics Studies**, Oxford, v. 58, n. 2, p. 227-297, 1991.

BACCHI, M. R. P; CALDARELLI, C. . Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo entre 2005 e 2009. **Nova Economia**, Belo Horizonte. No prelo 2015.

BEIRAL, P. R. S. **O mercado brasileiro de etanol: concentração e poder de mercado sob a ótica da Nova Organização Indústria Empírica**. 2011. 108 p. Dissertação (Mestrado em em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

BOYCE, A. Investindo no setor sucroenergético: caminhos e perspectivas. **Ethanol Summit 2013**. Disponível em < <http://www.ethanolsummit.com.br/arquivos/apresentacoes-dia-28/11h-sala-mercados-investimentos/alan-boyce.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2014.

BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restriction in dynamic panel data models. **Journal of Econometrics**, Atlanta, v.87, p. 115-143, 1998.

CASTRO, S. S.; KLAUS, A.; SILVA, A. A.; BORGES, V. M. S. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 30, n. 1, p. 171-191, 2010.

CAMERON, A.C; TRIVEDI, P.K. **Microeconometrics: Methods and Applications**. New York: Cambridge University Press, 2005. 1034 p.

CARDOSO, L. C. B.; BITTENCOURT, M. V. L.; PORSSE, A. A. Demanda por combustíveis leves no Brasil: uma abordagem utilizando painéis espaciais dinâmicos. **ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA**, 41., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: ANPEC, 2010. 42p.

CARVALHO, A. X. Y.; ALBUQUERQUE, P. H. M. **Tópicos em econometria espacial para dados cross-section**. Rio de Janeiro: IPEA, 2011. 42 p. (Texto para discussão, 1508).

CHAGAS, A. L. S.; TONETO, R.; AZZONI, C. R. A. Spatial Propensity Score Matching Evaluation of the Social Impacts of Sugarcane Growing on Municipalities in Brazil. **International Regional Science Review**, Philadelphia, v. 35, n. 1, p. 48-69, 2012

CONEJERO, M. A. ; NEVES, M. F. ; PINTO, M. J. A. Environmental Scenarios for Mandatory Bio-fuel Blending Targets: An Application of Intuitive Logics. **Future Studies Research Journal**, Londres, v. 2, p. 99-136, 2010.

ELHORST, J. P. Panel data models extended to spatial error autocorrelation or a spatially lagged dependent variable. **University of Groninger Research Report**, Groninger, 2001.

GALIANO, A. D. M.; VETTORASSI, A.; NAVARRO, V. L. Trabalho, saúde e migração nos canaviais da região de Ribeirão Preto (SP), Brasil: o que percebem e sentem os jovens trabalhadores? **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional** , São Paulo, v. 37, n. 125, p. 51-64, 2012.

GASPARATOS, A; LEHTONEN, M; STROMBERG, P. Do we need a unified appraisal framework to synthesize biofuel impacts? **Biomass and Bioenergy**, Aberdeen, n.50, p. 75-80, 2013.

GONÇALVES, D. B. Considerações sobre a expansão recente da lavoura canavieira no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n.10, p. 70-82, 2009.

HAUSMAN, J.A. Specification test in econometrics. **Econometrica**, Nova York, v.46, n.6, p. 1251-1272, 1978.

HOFFMANN, R. Segurança alimentar e a produção de etanol no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 13, p. 1-5, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Agrícola Municipal** – Culturas temporárias e permanentes. Banco de dados agregados: sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=18&i=P>>. Acesso em: 16 de out. 2013.

JUDSON, R.; OWEN, A. Estimating dynamic panel data models: a guide for macroeconomics. **Economic Letters**, Leicester, n.90, p. 1-44, 1999.

KRETZMANN, C.K. **Análise da evolução diferenciada dos salários e empregos entre as regiões metropolitanas e não metropolitana do estado de São Paulo no período de 1998 a 2012**. 2014. 131 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

LEE, F.; YU, J. GMM estimation of spatial dynamic panel data models with fixed effects. **Journal of Econometrics**, Nova York, v.180, n.2, p. 174-197, 2014.

LEE, F.; YU, J. Estimation of spatial autoregressive panel data models with fixed effects. **Journal of Econometrics**, Nova York, v.154, p.165-185, 2010.

TONETO-JR, R.; LIBONI, L. B. Evolução recente do mercado de trabalho da cana-de-açúcar no Brasil (1995-2006). **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v.10, n.8, p. 455-474, 2008.

MANGOYANA, R. B.; SMITH, T. F.; SIMPSON, R. A systems approach to evaluating sustainability of biofuel systems. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Nova York, v. 25, p. 371-380, 2013.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecological Applications**, Pasadena, v.18, n.4, p. 885–898, 2008.

MARTINES-FILHO, J; BURNQUIST, H. L.; VIAN, C. E. F. Bioenergy and the Rise of Sugarcane-Based Ethanol in Brazil. **Choices**, Georgia, v.21, n.2, p.91-96, 2006.

MEYRELLES-FILHO, S. F.; JAYME-JR, F. G. Mobilidade de capitais e crescimento econômico: uma análise empírica dinâmica com dados em painel. **Revista Economia**, Brasília, v.10, n.4, p.789-815, 2009.

MORAES, M. A. F. D. D. O mercado de trabalho da agroindústria canavieira: desafios e oportunidades. **Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 4, p. 605-619, 2007-12 2007.

MORAES, M. A. F. D.; GUILHOTO, J. J. M.; COSTA, C. C. Impactos sociais do aumento de demanda de etanol hidratado versus gasolina C na economia brasileira. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, p. 45-57, 2013.

MORAES, M. A. F. D; ZILBERMAN, D. **Production of ethanol from sugarcane in Brazil**. Springer, Londres: Springer, 2014. 221 p.

MORAES, M. S.; LOPES, J. C. C.; PRIULI, R. M. Questões socioeconômicas, laborais e de saúde na cadeia produtiva do agronegócio da cana-de-açúcar na região do Noroeste Paulista. **Saúde e Sociedade**. São Paulo, v. 49, n.3, p. 681-707, 2011.

PINTO, M. J. A. **Investimentos diretos estrangeiros no setor sucroenergético**. 2012. 168 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

PISSINATO, B. **A cultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo entre 1950 e 2010: evolução histórica da área e da produtividade**. 2011. 161 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

REN. **Renewables 2012 Global Status Report**. REN21 Secretariat. Paris, 2012. 42p.

RIBEIRO, B. E. Beyond commonplace biofuels: Social aspects of ethanol. **Energy Policy**, Chattanooga, v. 57, p. 355-362, 2013.

RIBEIRO, H.; FICARELLI, T. R. A. Sugarcane Burning and Perspectives for Harvesters in Macatuba, São Paulo. **Saude & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 48-63, 2010.

SATOLO, L. F. ; BACCHI, M. R. P. . Impacts of the Recent Expansion of the Sugarcane Sector on Municipal per Capita Income in São Paulo State. **ISRN Economics**, Cairo, v. 2013, p. 1-14, 2013

SANTOS, M. J. Dinâmica temporal da criminalidade: mais evidências sobre o "efeito inércia" nas taxas de crimes letais nos estados brasileiros. **Revista EconomiA**, Brasília, v. 10, n.1, p. 169-194, 2009.

SILVA-NETO, S. P. Expansão da demanda sustenta produção. In: AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2004. 794 p.

SOLOWIEJCZYK, A.; COSTA, R. P. F. O controle de preço da gasolina pode ser fatal. **Agroanalysis**, v. 82, 2013. Disponível em: <http://www.agroanalysis.com.br/materia_detalhe.php?idMateria=1415> Acesso em: 18 out. 2013.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **Unicadata**. Disponível em <<http://www.unicadata.com.br/index.php?idioma=1>> Acesso em: 17 out. 2013.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of Cross-Sectional and Panel Data.**, London: MIT Press, 2003. 735 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Correlação entre as variáveis utilizadas no modelo (10)

Variáveis	<i>lIFDM</i>	<i>WlIFDM</i>	<i>lPIBpc</i>	<i>%ÁreaCana</i>	<i>W%ÁreaCana</i>	<i>DUsina</i>	<i>WDUsina</i>	<i>%Urb</i>	<i>W%Urb</i>	<i>%Analf</i>	<i>WAnalf</i>	<i>lDensidade</i>	<i>WlDens</i>	<i>%ÁreaAg</i>	<i>W%ÁreaAg</i>
<i>lIFDM</i>	1,000														
<i>WlIFDM</i>	0,277	1,000													
<i>lPIBpc</i>	0,534	0,390	1,000												
<i>%Áreacana</i>	0,188	0,174	0,195	1,000											
<i>W%Áreacana</i>	0,207	0,669	0,317	0,331	1,000										
<i>DUsina</i>	0,249	0,052	0,219	0,458	0,137	1,000									
<i>WDUsina</i>	0,134	0,431	0,209	0,283	0,824	0,112	1,000								
<i>%Urb</i>	0,422	0,133	0,291	0,305	0,114	0,190	0,086	1,000							
<i>W%Urb</i>	0,264	0,730	0,340	0,183	0,531	0,065	0,375	0,224	1,000						
<i>%Analf</i>	-0,471	-0,095	-0,307	0,012	0,005	-0,093	0,031	-0,470	-0,173	1,000					
<i>WAnalf</i>	-0,103	-0,215	-0,052	0,025	0,179	0,027	0,233	-0,097	-0,430	0,271	1,000				
<i>lDensidade</i>	0,412	0,143	0,245	-0,071	-0,051	-0,031	-0,101	0,555	0,254	-0,633	-0,329	1,000			
<i>WlDensidade</i>	0,125	0,316	0,103	-0,064	-0,215	-0,054	-0,332	0,114	0,504	-0,258	-0,896	0,390	1,000		
<i>%ÁreaAgro</i>	0,176	0,071	0,145	0,693	0,254	0,319	0,221	0,199	0,080	-0,015	0,024	-0,084	-0,098	1,000	
<i>W%ÁreaAgro</i>	0,092	0,122	0,047	0,297	0,595	0,128	0,547	0,053	0,115	0,023	0,133	-0,130	-0,336	0,389	1,000

APÊNDICE B - Estimação do modelo (10) por efeitos-fixos e efeitos aleatórios

Variáveis	Efeitos-Fixos		Efeitos Aleatórios	
	Coef.	P> z	Coef.	P> z
<i>LIIIFDM</i>	-0,828	0,000	0,582	0,000
<i>IPIBpc</i>	-0,027	0,187	0,021	0,002
<i>WIIIFDM</i>	-	-	-	-
<i>%Áreacana</i>	-0,004	-0,080	-0,016	0,008
<i>W%Áreacana</i>	0,028	0,000	0,000	0,000
<i>DUsina</i>	0,099	0,000	0,016	0,003
<i>WDUsina</i>	-0,008	0,001	0,000	0,000
<i>%Urb</i>	-0,047	0,845	0,019	0,010
<i>W%Urb</i>	0,009	0,175	0,000	0,000
<i>%Analf</i>	0,162	0,581	-0,381	0,058
<i>WAnalf</i>	-0,162	0,011	0,005	0,001
<i>IDensidade</i>	0,186	0,008	0,006	0,001
<i>WIDensidade</i>	-0,041	0,000	0,000	0,000
<i>%ÁreaAgro</i>	omitida		-0,006	0,005
<i>W%Áreaagro</i>	omitida		0,000	0,000
<i>Constante</i>	-	-	-0,350	0,027
Teste de Hausman				
<i>Prob > chi2</i>	0,0000			