UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

ANÁLISE PROSPECTIVA DO PADRÃO DE EXPANSÃO DO SETOR
SUCROENERGÉTICO BRASILEIRO: UMA APLICAÇÃO DE MODELOS
PROBABILÍSTICOS COM DADOS GEOREFERENCIADOS

Marcelo Melo Ramalho Moreira

Orientador: Prof. Dr. Marcos Sawaya Jank

São Paulo

2008

Profa. Dra. Suely Vilela
Reitora da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Carlos Roberto Azzoni
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. José Joaquim Martins Guilhoto
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Dante Mendes Aldrighi
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

MARCELO MELO RAMALHO MOREIRA

**ANÁLISE PROSPECTIVA DO PADRÃO DE EXPANSÃO DO SETOR
SUCROENERGÉTICO BRASILEIRO: UMA APLICAÇÃO DE MODELOS
PROBABILÍSTICOS COM DADOS GEOREFERENCIADOS**

Dissertação apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Sawaya Jank

São Paulo

2008

Moreira, Marcelo

Análise prospectiva do padrão de expansão do setor sucroenergético brasileiro: uma aplicação de modelos probabilísticos com dados georeferenciados / Marcelo Moreira. -- São Paulo, 2008.

150 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2008

Bibliografia.

1. Indústria sucroalcooleira 2. Cana-de-açúcar 3. Biocombustíveis
4. Álcool como combustível 5. Simulação 6. Geografia agrária I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade II. Título.

CDD – 338.17361

**Aos meus pais e ao Lino (*in memoriam*),
sem os quais nada seria possível.
À Gaby eu dedico, pelo carinho.**

AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Marcos Sawaya Jank, pela dedicação e entusiasmo demonstrados ao longo de todas as etapas dessa caminhada.

Ao Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais – ICONE, representado pelo Gerente Geral André Meloni Nassar, por todo o apoio concedido para a realização da pesquisa.

À professora Cinthia Cabral da Costa, que me ajudou a desviar dos diversos obstáculos que se colocaram ao longo do caminho.

Ao professor João Furtado pelos diversos conselhos e pelo entusiasmo no tema de pesquisa.

Ao professor Fernando Botelho pela atenção e observações pertinentes ainda nas primeiras etapas do trabalho.

A todos os amigos do ICONE pelas diversas idéias colaborações.

Ao Guilherme Bastos e demais membros da Agroconsult pelas inúmeras dicas e tempo dedicado para me ajudar a compreender as peculiaridades da produção agrícola no Brasil.

Ao Aluysio Asti pelo incentivo ao tema, ainda antes do início da pesquisa.

Aos demais professores do Departamento de Economia da Faculdade de Economia Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – FEA/USP.

Ao Paulo Ferracioli, a quem devo o interesse nas questões do comércio internacional.

Às “chefas” do BNDES, Lavínia Barros de Castro e Helena Tenório Veiga de Almeida.

À Fernanda Baruel pela ajuda nas correções e edição final do trabalho.

Aos meus irmãos Renata, Rafael e Julien.

À família Mendes Carvalho, em especial à Mônica, Thiago e Vítor pela acolhida carinhosa na cidade de São Paulo.

Ao Sandro Peixoto e Gustavo Taouil, amigos do curso de Economia das Instituições e Desenvolvimento com quem tive privilégio de dividir apartamento além de compartilhar diversas opiniões.

Aos demais amigos que fiz durante o mestrado, pelo apoio nas horas de estudo e lazer.

À minha família de Fortaleza, representada pela minha avó Yolanda, pela oportunidade de crescer em um ambiente de carinho e dignidade.

À minha família do Rio de Janeiro, representada pela minha avó Nadir, por nunca deixar faltar a alegria.

À Zeca, Ana e Socorro, minha família de domingo.

A todos os amigos que deixei no Rio de Janeiro, que me recebem tão bem sempre que volto à cidade natal.

“Já se conhecia bastante do Brasil para esperar que nele a cana-de-açúcar se daria bem.”

Caio Prado Júnior, sobre as perspectivas da colonização brasileira em 1930.

“Derramar cachaça em automóvel é a coisa mais sem graça de que já ouvi falar”

Raul Seixas

RESUMO

Com as perspectivas de crescimento do comércio internacional de biocombustíveis, quando o Brasil tornando-se um líder natural no mercado de etanol, diversas questões têm sido colocadas acerca da sustentabilidade da expansão do setor sucroenergético brasileiro: quais os principais impactos ambientais, sociais e econômicos de um cenário de exportação de volumes significativos de etanol? Quais regiões seriam mais afetadas? Essa expansão pode ser vista como uma ameaça a áreas de grande interesse ambiental? As áreas com impactos ambientais mais intensos serão também as áreas com maiores impactos socioeconômicos? O estudo descreve a evolução recente do setor sucroenergético no Brasil, identificando as regiões mais dinâmicas e os principais fatores condicionantes da localização e expansão espacial da produção de cana-de-açúcar. Além da descrição histórica, a identificação dos fatores condicionantes é fundamentada em elementos teóricos da Teoria Neoclássica e Nova Economia Institucional. Em seguida, é desenvolvido um cenário prospectivo que simula os impactos de uma maior abertura do mercado norte-americano de etanol, tendo como base metodologia econométrica. Os resultados são comparados com o período base. Dentre os condicionantes da localização da produção sucroenergética, o estudo identificou a rentabilidade da produção de cana-de-açúcar, a rentabilidade das demais culturas (como custo de oportunidade), os custos de transporte dos produtos da cana-de-açúcar, a aptidão climática, a disponibilidade de terras, a aptidão para mecanização nas terras disponíveis, além das externalidades positivas e negativas geradas pelo próprio setor. Os estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul foram identificados como de maior dinâmica recente e com maior potencial para a expansão da cana-de-açúcar no futuro próximo. Os estados de Mato Grosso e Tocantins também foram incluídos no estudo prospectivo, dadas as expectativas atuais sobre as regiões de maior potencial de expansão da agropecuária como um todo. A simulação do cenário elevou a produção de cana-de-açúcar em 171 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, o que é equivalente a 13,8 bilhões de litros de etanol anidro (45% e 88% em relação ao período base). A receita adicional gerada pela expansão da produção de etanol foi de R\$ 14,8 bilhões (101% em relação ao período base). A área colhida aumentou 2,16 milhões de hectares (47% em relação ao período base). O número de empregos gerados depende muito do nível de mecanização e da qualidade do emprego. Esse número variou entre 149 mil e 48 mil novos postos de trabalho. Os efeitos indiretos ou induzidos não foram contabilizados, o que pode ampliar ainda mais o impacto do exercício sobre o emprego e a renda. A análise regional mostrou que a expansão geraria impactos socioeconômicos significativos e espacialmente difusos, enquanto os impactos ambientais seriam mais concentrados nas regiões tradicionais. A concentração dos impactos ambientais ocorre porque as áreas de maior expansão são aquelas que combinam condições favoráveis de rentabilidade clima e logística e, ao mesmo tempo, já são altamente ocupadas por outras atividades agrícolas. A dispersão dos impactos socioeconômicos dá-se parcialmente pelo nível de desenvolvimento regional das novas áreas de expansão. Sob tal óptica, recomenda-se que os setores público e privado nacionais busquem articulações que permitam a eliminação de barreiras às exportações brasileiras de etanol, promovendo o desenvolvimento socioeconômico conciliado ao uso racional dos recursos ambientais.

ABSTRACT

With expectations of a growing international market for biofuels, where Brazil would be a natural leader in the ethanol, several questions arise regarding the sustainability of Brazilian ethanol expansion: what would be the environmental, social and economic impacts of sugarcane expansion in a scenario of significant ethanol exports? What regions would be more affected? Should this expansion be interpreted as a threat to areas of significant environmental interest? Are the regions with greater environmental impacts the same regions where social and economic impacts are most intense? This study describes the evolution of the Brazilian sugarcane sector; identifies the most dynamic regions for further sugarcane expansion and the main factors that determine the mill's location. Besides the historical description, the analysis relies on elements of the Neoclassical and New Institutional Economics Theory. Based on econometric analysis, the study develops a scenario that simulates the elimination of US ethanol main trade barriers. The results are compared to the base period. The study has found that the main factors determining mills location are the net return of sugarcane activity, net return of the other crops (as opportunity costs), transportation costs of the sugarcane products, weather suitability, land availability, soil and relief conditions (suitable for mechanization) and positive and negative externalities of the other mills. The states of São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Goiás and Mato Grosso do Sul are identified as the most dynamic states for sugar cane production. The states of Mato Grosso and Tocantins were also included in the simulations due to their growing importance reflected in the latest expectations on the progress of the agricultural frontier in Brazil. The scenario simulation found that sugarcane production would increase by 171 million tons, which is converted on 13.8 billion liters of anhydrous ethanol (45% and 88% of the base period, respectively). The greater prices and quantities resulted in an increase of R\$ 14.8 billion of the value of the ethanol production (101% of the base period). Harvested area increased by 2.16 million hectares (47% of the base period). The number of new jobs depends on the mechanization levels of sugarcane harvesting, and on the quality of jobs created. The result ranges between 48 thousand to 149 thousand new jobs. The indirect and induced effects were not taken into account, which may lead to greater impacts in the result. The regional analysis has shown that the expansion generates significant socioeconomic impacts that are well distributed, while environmental impacts are more concentrated on traditional sugarcane areas. The concentration of environmental impacts occurs because the areas of greater expansion are the ones that combine favorable conditions of profitability, climate and logistics, and, at the same, where land availability is already a major restriction. The dispersion of socioeconomic impacts is explained by the different and relatively lower levels of development of the new expansion areas. From this perspective, it is recommended that public and private sectors look for political strategies that enable greater access to the US market, since this access could help generate socioeconomic development, in line with the rational use of environmental resources.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	2
LISTA DE TABELAS.....	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE GRÁFICOS.....	6
1. INTRODUÇÃO	7
1.1. O problema e sua importância	7
1.2. Objetivo	9
1.3. Estrutura do trabalho	10
2. BREVE HISTÓRICO DA LAVOURA CANAVIEIRA NO BRASIL	11
2.1. A formação da configuração atual da agroindústria canavieira.....	11
2.1.1. 1530 a 1930: Das sesmarias a criação do IAA.....	11
2.1.2. 1530 a 1580: Ocupação do território nacional	12
2.1.3. 1580 a 1930: Estagnação, perda de competitividade e o surgimento das usinas...	13
2.1.4. 1930-1970: Da criação do IAA às vésperas do Proálcool	15
2.1.5. 1970- 1988: auge e declínio do Programa Nacional do Álcool	20
2.1.6. 1988-2001: Desregulamentação do setor sucroalcooleiro.....	23
2.2. O ressurgimento do álcool carburante e a expansão do setor sucroenergético.....	28
2.2.1. Contexto.....	28
2.2.2. Mercado interno	31
2.2.3. Mercado internacional.....	34
2.2.4. Expansão recente da indústria sucroalcooleira no Brasil	40
2.2.5. Tendências de médio e longo prazo	49
3. DETERMINANTES DA LOCALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	
NACIONAL DE ALCOOL NO BRASIL.....	57
3.1. Referencial	57
3.1.1. Fatores estáticos	57
3.1.2. Fatores dinâmicos.....	63
3.1.3. Características regionais da produção de etanol	66
4. METODOLOGIA DE ESTUDO	75
4.1. Estudos relacionados	75
4.2. O método proposto	80
4.2.1. Metodologia de análise.....	81
4.3. O cenário e as premissas.....	83
4.4. Os modelos econométricos	87
4.5. As variáveis e suas limitações.....	91
5. RESULTADOS E ANÁLISE	99
5.1. Estimativa do modelo.....	99
5.1.1. Parâmetros estimados	99
5.1.2. Ajuste do Modelo.....	102
5.2. Simulações	107
5.2.1. Cana-de-açúcar.....	107
5.2.2. Demais variáveis de interesse	110
6. CONCLUSÕES	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
ANEXOS	138

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP: Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis
APP: Área de Preservação Permanente
ATR: Açúcar Total Recuperável
BEN: Balanço Energético Nacional
CDPA: Comissão de Defesa da Produção do Açúcar
CO₂: Dióxido de Carbono
COPERSUCAR: Cooperativa Central de Produtores de Açúcar e Álcool de São Paulo
CTA: Centro de Tecnologia Aeroespacial
CTC: Centro de Tecnologia Canavieira
DENATRAN: Departamento Nacional de Trânsito
DPA: Divisão Político Administrativa do Brasil
ETBE: Etil Tributil Etano
EUA: Estados Unidos da América
FAO: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
FAPRI: *Food and Agricultural Policy Research Institute*
FOB: *Free On Board*
GEE: Gases de Efeito Estufa
IAA: Instituto do Açúcar e do Álcool
IAC: Instituto Agrônômico de Campinas
ICONE: Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais
IDEA: Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial
IEA: *International Energy Agency*
ILUC: *Indirect Land Use Change*
INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change*
LUC: *Land Use Change*
MTBE: Meta Tributil Etano
ODC: *Other duties and Charges*
OPEP: Organização dos Países Produtores de Petróleo
OECD: *Organization for Economic Co-Operation and Development*
PAM: Pesquisa Agrícola Municipal
PPM: Pesquisa Pecuária Municipal

RFA: *Renewable Fuels Association*

RFS: *Renewable Fuels Standard*

RIDESA: Rede Inter-universitária de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro

SIDRA: Sistema IBGE de Recuperação Automática

UNICA: União da Indústria da Cana-de-açúcar

UE: União Européia

WEC: *World Energy Council*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção, exportação estoque e consumo aparente de açúcar centrífugo no período 1935-65 (médias quinquenais, em mil toneladas métricas)	17
Tabela 2 Misturas carburante (álcool anidro/ gasolina)	18
Tabela 3 Evolução da produção (em tonelada) e percentual exportado nas principais regiões produtoras de açúcar	20
Tabela 4: Produção, importação estoques e demanda de etanol nos EUA (milhões de litros).36	
Tabela 5: Produção de álcool no Brasil entre as safras 2001/02 e 2007/08 (mil m ³).....	41
Tabela 6: Produção nacional de açúcar no período 2001/02 a 2007/08	42
Tabela 7: Processamento de cana-de-açúcar por estado no período 2001/02 a 2007/08	44
Tabela 8: Área colhida para todos os usos de cana-de-açúcar no período de 2001 a 2007 (mil ha)	46
Tabela 9: Número e dedicação das usinas nas safras 2004/05 a 2007/08	47
Tabela 10: Projeções selecionadas para 2015	50
Tabela 11: estimativa de emprego nos setores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool no estado de São Paulo.....	55
Tabela 12: Custo de carregamento e transporte de cana-de-açúcar crua (granel), Período de 27/10/2007 a 23/11/2007	58
Tabela 13: Custo de carregamento e transporte de cana-de-açúcar queimada (granel) Período de 27/10/2007 a 23/11/2007	59
Tabela 14: Custo de oportunidade (em termos de custo logístico) do transporte de cana em diferentes distâncias (R\$ por ha)	60
Tabela 15: Indicadores de custo de frete rodoviário para o etanol.....	63
Tabela 16: Rendimento de ATR por tonelada de cana-de-açúcar na safra 2007/08.....	69
Tabela 17: Número de automóveis emplacados e respectivo percentual em dezembro 2006..	71
Tabela 18: Número de usinas e produção por UF.....	92
Tabela 19: classificação da produtividade da cana (ton/ha)	95
Tabela 20: Variáveis do estudo, sinal esperado e justificativa	97
Tabela 21: Resultados dos modelos linear, <i>Tobit</i> , <i>Poisson</i> , <i>Probit</i> e <i>Logit</i>	101
Tabela 22: Receita adicional da expansão de produção de etanol (R\$ mil e percentual).....	118
Tabela 23: Empregos por estado, atuais e simulados em diferentes padrões tecnológicos....	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais destinos da exportação brasileira de etanol (litros).....	39
Figura 2: Localização das usinas construídas, em implantação e em estudo (estados selecionados)	54
Figura 3: Modelo Conceitual de Matriz de Transportes de Transferências.....	61
Figura 4: Mapa potencial das áreas para produção de cana-de-açúcar sem irrigação.....	67
Figura 5: Produtividade (ton/ha) revelada e localização das usinas de cana-de-açúcar do Centro-Sul	68
Figura 6: Distância retilínea entre municípios e distribuidora mais próxima.....	73
Figura 7: Probabilidade de ocorrência de usina por município	103
Figura 8: Percentual da área colhida sobre a área total do município.....	112
Figura 9: Percentual expansão da área colhida sobre área de pastagens.....	113
Figura 10: Efeito parcial convertido em produção de álcool anidro por município (litros)...	116
Figura 11: Percentual de empregos gerados sobre empregos formais de 2005	121

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução dos preços do barril de petróleo, de 1970 a 2007.....	26
Gráfico 2: Evolução da produção e importação brasileira de petróleo, de 1970 a 2006.....	26
Gráfico 3: Valor FOB médio das exportações de açúcar (US\$/ton), de 1970 a 2007	27
Gráfico 4: Evolução das vendas anuais de veículos leves por combustível, de 1970 a 2007 ..	27
Gráfico 5: Evolução dos destinos do etanol, de 1970 a 2006	27
Gráfico 6: Percentual de ATR destinado a produção de açúcar, etanol anidro e hidratado, de 1970/71 a 2006/07	28
Gráfico 7: Metas de consumo de etanol nos EUA	38
Gráfico 8: Tonelada de cana observada e prevista pelo modelo tobit por mesorregião (milhões de toneladas).....	106
Gráfico 9 Efeito parcial sobre a produção de cana-de-açúcar por mesorregião (milhões de toneladas)	109

1. INTRODUÇÃO

1.1. O problema e sua importância

A escalada e a instabilidade dos preços do petróleo nos anos recentes, aliadas aos esforços globais para a redução de Gases de Efeito Estufa (GEE), levaram diversos países e blocos econômicos a procurarem alternativas para diversificar suas matrizes energéticas. Busca-se, assim, substituir o petróleo por outras fontes de energia, preferencialmente renováveis. Entre outras alternativas, os biocombustíveis destacam-se por terem uma tecnologia já disponível além de uma logística razoavelmente desenvolvida se comparado aos demais renováveis. Por diversas razões, dentre elas questões de segurança energética, ambientais e relacionadas com decisões de política agrícola, optou-se, até recentemente, por incentivar preferencialmente a produção doméstica de biocombustíveis nos próprios países consumidores.

Há mais de três décadas, o etanol é amplamente consumido como combustível em motores do Ciclo Otto no Brasil. O Programa Nacional do Alcool (Proálcool), iniciado em meados da década de 1970, teve como consequência o desenvolvimento do mercado brasileiro, levando o país a atingir elevada escala e competitividade na produção de etanol. O Programa permitiu também a instalação de uma infra-estrutura adequada para a comercialização de etanol hidratado puro, paralela à comercialização de gasolina misturada com 20 a 25% de etanol anidro nos postos de combustíveis.

Após uma fase de descrédito no programa e declínio do consumo de etanol no Brasil, em 2003, a indústria automobilística desenvolveu uma estratégia que iria mudar a dinâmica do setor: os veículos *flex*. Permitindo aos proprietários escolher livremente entre os dois combustíveis, os veículos *flex* foram amplamente aceitos no mercado. A relação de preços, na maioria das vezes favorável ao etanol, fez seu consumo disparar nos anos recentes.

Em 2007, a cana-de-açúcar passou a figurar como a segunda mais importante fonte de energia da matriz energética brasileira, ficando apenas atrás do petróleo (BRASIL, 2008b). O Valor Bruto da Produção do setor cana-de-açúcar atingiu cerca de R\$ 21,2 bilhões em 2007, sendo inferior apenas ao valor do setor de carne bovina e da soja (CNA, 2008). O número de empregos formais também cresceu significativamente. Apenas entre 2000 e 2005, ainda sem

contabilizar os empregos gerados nos anos de maior expansão da produção de cana-de-açúcar para fins energéticos, foram criados 340 mil novos empregos formais no setor sucroalcooleiro (MORAES, 2007).

Até pouco tempo reconhecido como uma das soluções para mitigar os efeitos do aquecimento global, os biocombustíveis passaram a ser acusados, em artigos científicos, organizações e fóruns internacionais e pela mídia, de causar o desmatamento, aumentar os preços dos alimentos e até de ameaçar a segurança alimentar mundial. Mesmo as análises que ponderaram adequadamente as tendências mundiais de expansão de demanda por alimentos e preço internacional do petróleo falham na hora de separar as diferentes matérias-primas agrícolas e métodos de produção de biocombustíveis. A consequência dessas agregações foi, de modo geral, prejudicial ao etanol brasileiro, uma vez que seu desempenho em termos de impactos sócio-ambientais é significativamente superior aos demais.

O debate científico recente convergiu para o cálculo de emissões líquidas de GEE, que passou a incluir as emissões causadas pela mudança do uso da terra. O conceito de mudança de uso da terra relaciona-se com as emissões de GEE, pois essas dependem não apenas do tipo de insumo utilizado para a produção do biocombustível, mas também do uso do solo anterior à conversão para a produção de biocombustíveis.

Ao comparar as emissões evitadas pelo etanol brasileiro com as emissões provocadas pelo desmatamento de diferentes tipos de vegetação nativa, criou-se uma relação causal teórica entre produção de etanol e desmatamento, sendo, dessa forma, associado um balanço ambiental negativo para a produção de etanol no Brasil.

Tal percepção causou uma revisão das expectativas em relação ao mercado de etanol como um todo, e só não foi mais intensa no Brasil graças à já consolidada expansão do consumo interno de etanol hidratado.

Essa associação, porém, não necessariamente representa a dinâmica de ocupação e uso do solo observada no setor sucroenergético brasileiro. A literatura mostra que a expansão da cultura canavieira atendeu, ao longo da história, ao interesse público para a garantia da soberania do território nacional e, mais tarde, pela necessidade de assegurar o abastecimento energético do país. Ao interesse privado, atendeu à maximização da rentabilidade das

atividades agropecuárias. Essa expansão, no entanto, teve sempre impacto muito limitado em áreas que são hoje de grande interesse ambiental, como a Amazônia.

Verifica-se também que o avanço da cultura da cana-de-açúcar ocorreu preferencialmente na conversão de áreas já antropizadas do bioma Mata Atlântica e, mais recentemente, do Cerrado.

No entanto, muitas questões ainda não foram respondidas acerca das próximas etapas de expansão do complexo sucroenergético: quais os principais impactos ambientais, sociais e econômicos de um cenário de exportação de volumes significativos de etanol? Quais regiões seriam mais afetadas? Essa expansão pode ser vista como uma ameaça a áreas de grande interesse ambiental? As áreas com impactos ambientais mais intensos serão também as áreas com maiores impactos socioeconômicos?

Um estudo que seja capaz de identificar e mapear as áreas mais sensíveis ao desenvolvimento do mercado de etanol é de suma importância para uma análise mais precisa do balanço ambiental do etanol brasileiro. Somente a identificação dessas áreas irá permitir a avaliação adequada dos prováveis impactos sociais, ambientais e econômicos de uma nova expansão do setor sucroenergético no Brasil.

1.2. Objetivo

O objetivo principal desta dissertação é contribuir para a literatura científica com um estudo dedicado a analisar o padrão de expansão recente do setor sucroenergético e suas perspectivas.

Para atingir o objetivo, pretende-se:

1. Descrever a evolução recente do setor sucroenergético no Brasil, identificando as regiões mais dinâmicas.
2. Identificar os principais fatores condicionantes recentes da localização e expansão espacial da produção sucroenergética no Centro-Sul do país.

3. Com base em métodos quantitativos econométricos, desenvolver um cenário prospectivo que simule os impactos de uma maior abertura do mercado norte-americano de etanol.
4. Analisar os impactos ambientais, sociais e econômicos desse cenário de maior abertura comercial, avaliando o comportamento das variáveis: produção de cana-de-açúcar e etanol, área ocupada pela cultura, geração de emprego e renda.

A conclusão da análise poderá auxiliar a tomada de decisão de políticas de incentivo ou contenção ao desenvolvimento do setor.

1.3. Estrutura do trabalho

Além desta introdução, o estudo está dividido em cinco outros capítulos. No segundo, é feita a revisão bibliográfica e análise história da evolução do complexo sucroenergético no Brasil. No terceiro, são sintetizados os vetores de crescimento do setor, assim como apresentadas as características regionais do território selecionado para o exercício, permitindo a transição entre a revisão histórica e o exercício prospectivo. O quarto apresenta a metodologia proposta para o estudo prospectivo. No quinto, são apresentados os resultados do exercício. No sexto e último, são feitas as considerações finais e sugestões de estudos complementares.

2. BREVE HISTÓRICO DA LAVOURA CANAVIEIRA NO BRASIL

Neste capítulo, serão sintetizados os principais elementos históricos da evolução da agricultura canavieira, com ênfase nos elementos mais recentes, assim como algumas referências de análises prospectivas levantadas na revisão bibliográfica.

Este capítulo é dividido em dois subcapítulos. O primeiro sintetiza brevemente quase quinhentos anos de evolução do complexo sucroenergético, buscando identificar seus principais elementos condicionantes em cada momento histórico. O segundo faz uma análise mais detalhada do contexto internacional atual e da evolução regional da recente expansão.

2.1. A formação da configuração atual da agroindústria canavieira

A exploração de produtos de cana-de-açúcar é uma das mais antigas atividades produtivas no Brasil, precedida apenas pelo extrativismo de madeira para produção de tinta (Pau-Brasil). Desde sua implantação até os dias de hoje, a lavoura canavieira registrou evolução nem sempre contínua de processos, produtos, relações sociais, econômicas e ambientais. As relações de retroalimentação entre condições geográficas e processos econômicos foram definitivas para o estabelecimento da atual arquitetura setorial, de modo que a compreensão dessa evolução e, principalmente, das mudanças ocorridas nos últimos quarenta anos é essencial para o entendimento do tema tratado nesta dissertação.

A evolução da agroindústria canavieira foi dividida em quatro tópicos: o primeiro apresenta rapidamente a estrutura básica da agroindústria canavieira; o segundo mostra a evolução entre a criação do IAA e o início do Proálcool; o terceiro apresenta o auge e declínio do Proálcool; o quarto, e último tópico, dedica-se à descrição da estrutura recente do setor.

2.1.1. 1530 a 1930: Das sesmarias a criação do IAA

O longo período tratado neste tópico reúne diferentes fases com características significativamente diferenciadas.

Utilizando a classificação proposta por Andrade (1988), o período entre 1530 e 1930 pode ser dividido em três fases: a primeira fase - de 1530 a 1580 - é caracterizada pela necessidade de ocupação territorial do Brasil; a segunda - de 1580 a 1870 - é marcada pela gradual perda de competitividade brasileira no mercado açucareiro internacional. A última, que se inicia em 1870, é marcada pela tentativa de recuperação da competitividade nacional, resultando a intervenção estatal em 1930.

2.1.2. 1530 a 1580: Ocupação do território nacional

Como ressaltado em Andrade (1988), o início da agricultura canavieira no Brasil em 1530 deu-se no bojo de um objetivo maior da metrópole portuguesa, que era o de ocupar o território nacional e garantir sua soberania sobre a colônia. O sistema de Sesmarias, adotado por Portugal, condicionava a posse da terra ao seu aproveitamento econômico. Era necessário encontrar uma atividade econômica rentável na colônia que ocupasse principalmente as faixas litorâneas, mais vulneráveis a incursões estrangeiras.

Nessa época, o açúcar despontava com alto valor no mercado internacional e sua produção adaptar-se-ia com facilidade às condições brasileiras. Com tantas condições favoráveis, o açúcar tornou-se a principal atividade econômica nacional, e o Brasil ganhou rapidamente a posição de principal produtor mundial (PRADO JÚNIOR, 1986).

O trecho a seguir, retirado de Ramos (2007a), apresenta posição muito semelhante, tanto sobre as perspectivas do setor quanto em relação à sua importância na formação da nação brasileira como ela é hoje:

[...] evidencia como seu mercado (produção e consumo) expandiu-se muitíssimo no período das grandes descobertas, tendo se tornado uma das principais mercadorias da era mercantilista, envolvendo todas as metrópoles européias, com sua produção concentrada em áreas tropicais e sendo responsável pela busca e/ou ocupação de novas terras, que originaram invasões e guerras. Até o início do século XIX, o açúcar [...] reinava absoluto no comércio mundial. (RAMOS, 2007a, p.560).

O padrão produtivo era marcado pela intensa utilização de mão-de-obra indígena e pelas extensas porções de terras distribuídas pelos donatários das capitanias hereditárias aos

colonos¹. A ocupação territorial dessa fase ocorreu essencialmente nas terras férteis do litoral, particularmente do extremo-nordeste, recôncavo baiano e na planície litorânea, hoje ocupada pelo estado de Pernambuco (PRADO JÚNIOR, 1968).

2.1.3. 1580 a 1930: Estagnação, perda de competitividade e o surgimento das usinas

A segunda fase, mais duradoura e baseada agora na mão-de-obra escrava negra, iniciou-se em 1580, estendendo-se até 1870. Nela, os engenhos Bangüês tinham como característica a elevada divisão do trabalho e produção própria de energia, podendo ser de origem animal (engenhos trapiches) ou hidráulica (engenhos reais).

A evolução tecnológica nesse período aconteceu de maneira muito lenta, tanto na área industrial como na agrícola. Andrade (1988) cita como exemplo a longa duração da utilização da variedade de cana inferior (cana crioula), que só foi substituída pela variedade mais rentável (cana caiana) no início do século XIX. Esse anacronismo ocorreu com outros melhoramentos tecnológicos, como a tardia introdução do arado na parte agrícola e das caldeiras na parte industrial.

A terceira fase, que se inicia em 1870, é marcada pela tentativa de recuperação da competitividade do açúcar brasileiro no mercado internacional, resultando na estrutura produtiva hoje conhecida como usina. Ao final do século XIX, a hegemonia do açúcar brasileiro foi minada primeiramente pela concorrência com o açúcar das Antilhas e, em seguida, pela fabricação de açúcar de beterraba na Europa² (ANDRADE, 1988). Para Vian (2006), a escassez de inovações do período anterior levou à necessidade de um conjunto de medidas conjunturais e reformas estruturais para que a indústria açucareira brasileira saísse da posição delicada em que se encontrava frente ao mercado internacional.

A estratégia do governo federal consistia em uma desvalorização cambial e em incentivos à criação dos engenhos centrais. A desvalorização cambial daria mais fôlego ao setor exportador enquanto os engenhos centrais, unidades fabris fisicamente e gerencialmente

¹ Dadas as características da cana, ela somente seria rentável em grandes plantações o que, junto com a dificuldade de recrutamento de colonos para as novas terras, justificou esse tipo de estrutura fundiária. Para maiores detalhes, ver Prado Júnior (1968).

² Para Ramos (2007), além da competição de Cuba e Java, a produção subsidiada/ protegida do açúcar de beterraba ajuda a explicar a perda do mercado externo ao longo do século XIX.

separadas das lavoras, teriam a função de segmentar a produção de açúcar, permitindo a especialização industrial e agrícola. Os investimentos necessários para a instalação dos engenhos centrais seriam disponibilizados pelo capital estrangeiro enquanto os proprietários fundiários brasileiros cuidariam da produção de cana (RAMOS, 2007a). No entanto, mais do que a modernização do setor, observou-se durante essas seis décadas uma disputa entre três grupos da agroindústria canavieira: os proprietários dos Bangüês, os proprietários dos engenhos centrais e os usineiros.

Para Vian (2006), a utilização de equipamentos de segunda mão nos engenhos centrais do Nordeste impediu que a produtividade do setor aumentasse. Outro fator que determinou o malogro da iniciativa foi a não-aceitação por parte dos senhores de engenho da perda de controle de parte da produção de açúcar que, à época, estava intimamente ligada às relações de poder.

Para Ramos (2007a), essa tentativa tardia de modernização do setor sucroalcooleiro fracassou devido à estrutura de poder então vigente nos principais estados produtores de açúcar (Pernambuco, São Paulo e Rio de Janeiro). Os padrões de produção não mudariam muito com as usinas, limitando-se à ampliação de capacidade dos antigos engenhos. Para o autor, o advento da centrifugação (permitindo a produção de açúcar branco) seria a única inovação significativa registrada nesse período.

Face às limitações do mercado externo, a produção de açúcar voltou-se parcialmente para o suprimento do mercado interno, que crescia a taxas expressivas, principalmente em São Paulo, dada a expansão da cafeicultura na região. Diferente do mercado externo, que demandava essencialmente açúcar mascavo, o açúcar destinado ao consumo interno deveria ser refinado, sendo, assim, necessária a instalação de unidades processadoras de açúcar. Observou-se, então, intensa proliferação de unidades processadoras de açúcar em São Paulo no início do século XX. Essas unidades foram montadas, em sua maioria, por fazendeiros de café (financiadas com os lucros das exportações), grupos ligados ao comércio de açúcar e outros ramos da indústria de transformação.

Nessa mesma época, foram também montadas várias das grandes usinas como a Da Barra (em 1901), Albertina (em 1916), Furlan (em 1930), entre outras³ (VIAN, 2006). A distinção entre produtores paulistas e nordestinos passou a acentuar-se (embora a essência de integração entre usinas e produtores de cana se mantivesse em ambos os casos), assim como uma disputa pelas margens de comercialização entre os diversos grupos de uma mesma região.

A combinação de um mercado externo pouco favorável para escoamento de excedentes e sucessivos excessos de produção⁴ levou o complexo sucroalcooleiro a tentar diferentes arranjos organizacionais, obtendo desempenhos diferenciados (VIAN, 2006, p.18). Enquanto surgiam refinadoras no Centro-Sul, os usineiros nordestinos (liderados pelos comerciantes pernambucanos) esboçaram uma primeira tentativa de auto-organização, formando a Coligação do Açúcar em 1905. No ano seguinte, com a adesão de produtores da Bahia, Alagoas e Campos (RJ), formou-se a Coligação Açucareira do Brasil.

Após um breve sucesso na safra 1906/07, com manutenção artificial de preços altos, a busca do interesse individual gerou ações oportunistas, levando usineiros e armazenadores a venderem açúcar abaixo dos preços esperados e ao abandono da coligação. O fracasso da Coligação demonstrou a dificuldade do setor de criar e manter instituições fortes o suficiente para conter ações isoladas de comerciantes, produtores e armazenadores, em meio a interesses divergentes no âmbito regional ou individual.

2.1.4. 1930-1970: Da criação do IAA às vésperas do Proálcool

Com o aprofundamento das diferenças entre as regiões produtoras do Nordeste e da emergente agroindústria canavieira em São Paulo, o mercado interno passou a ser intensamente disputado. Diante de freqüentes crises de superprodução e da alta instabilidade de preços, uma intervenção estatal mais forte passou a ser não apenas necessária como também desejada por diversos atores privados (VIAN, 2006, p. 22).

³ Vian (2006) ressalta que muitos desses investidores já eram familiarizados com outras atividades (inclusive pequenas oficinas dedicadas à manutenção de equipamentos de secagem de café), facilitando tais tipos de empreendimentos.

⁴ As diversas crises de superprodução de café no período levaram vários fazendeiros a converter suas terras para a produção de cana-de-açúcar (Vian, 2006).

Com o apoio do setor, o Estado passou intervir de maneira mais direta no mercado sucroalcooleiro, instituindo a Comissão de Defesa da Produção do Açúcar (CDPA) em 1931, sucedida pelo Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) em 1933. A intervenção estatal abrangia toda a cadeia produtiva, incluindo ciclo produtivo, comercialização, fixação de preços e de cotas de produção, exportação e importação (UNICA, 2007b, p. 21). Cabia também ao IAA a função de fomento à diversificação da produção das usinas, fornecendo crédito para destilarias destinadas à produção de álcool⁵ (VIAN, 2006, p. 28).

Para Ramos (2007a, p. 568), a intervenção estatal tinha como primeiro e principal objetivo estabelecer o equilíbrio entre produção e consumo dos produtos do setor sucroalcooleiro. As cotas de produção de açúcar deveriam obedecer a critérios baseados na capacidade instalada das usinas e expectativas de ampliação do mercado consumidor. Os excessos de produção ficariam sob sua responsabilidade. As soluções para o excesso de produção de cana-de-açúcar consistiam essencialmente em estoques de açúcar, fabricação de álcool (anidro para mistura na gasolina e hidratado para uso industrial, doméstico e cosmético) e, ocasionalmente, exportação. As ampliações ou instalações de novas unidades deveriam ser previamente autorizadas pelo IAA, o que foi respeitado apenas parcialmente⁶. Em etapas posteriores, a instituição passou também a regulamentar as relações entre os atores do próprio setor canavieiro (principalmente usineiros e fornecedores de cana).

A reorganização da estrutura do setor agroindustrial - sem dúvida facilitadora da moderna indústria que hoje temos - deu-se logo no início dos anos 30 e só tornou-se possível pela intensa ação do Estado ao longo de pouco mais de seis décadas de forte intervenção pública (UNICA, 2007b, p. 20). Esse trecho evidencia a interpretação positiva que os usineiros tiveram desse período de intervenção⁷.

Segundo Alves (1998), a atuação do IAA na determinação de preços, produção de açúcar e álcool e distribuição de cotas garantiram a viabilização do parque açucareiro nordestino embora as vantagens competitivas paulistas já se pronunciassem. Essas últimas tinham maior

⁵ O IAA fomentava sua produção mediante instalação de destilarias centrais em lugares estratégicos, assim como financiamento de destilarias anexas às usinas (VIAN, 2006, p.28).

⁶ Segundo Vian (op. cit.), grandes grupos (especialmente paulistas) conseguiam aprovar diversos projetos de ampliação e, ao produzir acima da quantidade autorizada, o IAA concedia aumentos em suas cotas diante do fato consumado (VIAN, 2006, p.23).

⁷ É importante ressaltar que o trecho está se referindo especificamente ao período tratado neste tópico.

peso por estarem mais próximas do mercado consumidor, por possuírem parque industrial mais desenvolvido graças à industrialização mais intensa e suportada pela economia do café. Como podemos ver na Tabela 1⁸, apesar dos altos níveis dos estoques, a produção brasileira de açúcar manteve crescimento constante durante todo o período 1935-65. A produção de açúcar cresceu de menos de 700 mil toneladas no quinquênio 1935-39 para mais de 4,6 milhões de toneladas em 1965. No mesmo período, a média dos estoques manteve-se acima de 35% em cinco dos sete quinquênios estudados, sendo a menor média de 31% no período 1945-49. As exportações mantiveram-se baixas durante boa parte do período em análise, alcançando novo patamar apenas no final dos anos 1950, e, mais especificamente, a partir de 1960, quando os EUA bloquearam a entrada de açúcar cubano em seu território.

Tabela 1: Produção, exportação estoque e consumo aparente de açúcar centrifugado no período 1935-65 (médias quinquenais, em mil toneladas métricas)

Quinquênio	Produção	Exportação	Consumo aparente	Transformado em álcool	Estoque final/consumo (%)
1935-39	689,34	67,63	631,98	5,94	37,8
1940-44	875,60	43,54	814,37	9,67	36,4
1945-49	1.204,59	97,66	1.099,93	0,14	31,0
1950-54	1.782,97	96,56	1.582,96	0	33,6
1955-59	2.011,78	479,00	2.071,15	0	40,8
1960-64	3.280,81	567,61	2.675,17	0	45,1
1965	4.660,40	826,76	2.978,7	0	77,4

Fonte: dados do IAA, organizados por Ramos (2007a), com adaptações do autor.

À época, já se incentivava a produção (e consumo) de álcool anidro adicionado à gasolina, pois ele, além de ajudar a reduzir o excesso de produção de cana-de-açúcar, possibilitava a redução da perda de divisas internacionais pela aquisição de gasolina importada. A UNICA (2007b, p. 21) aponta que “[...] a produção de etanol seria uma alternativa viável para indústria açucareira.” O uso de álcool anidro misturado à gasolina surgiu principalmente como válvula de escape para diminuir os excedentes da cana-de-açúcar.⁹

A Tabela 2 apresenta a cronologia de medidas governamentais de incentivo ao consumo de etanol carburante. Nela, fica evidente a vanguarda brasileira no setor bioenergético. O etanol

⁸ Duas observações devem ser feitas para melhor compreensão da tabela 1. A primeira é que o estoque inicial não necessariamente é igual ao estoque inicial do ano seguinte. A segunda é que, por motivos discutidos no texto, registrou-se transformação de açúcar em álcool nos três primeiros quinquênios.

⁹ Cabe destacar que o álcool chegou inclusive a ser feita do próprio açúcar, sendo dessa forma registrada nos três primeiros quinquênios da tabela 1.

de cana-de-açúcar já era misturado em até 5% nos primeiros anos da década de 1930. Nos últimos anos do período em estudo, um quarto da gasolina C vendida nos postos era álcool anidro.

Tabela 2 Misturas carburante (álcool anidro/ gasolina)

Data do dispositivo Legal	Abrangência	Limite	Percentual fixado	Vigência
20/02/31		0 < > 5%		01/07/31
23/09/38		0 < > 5%		
01/07/31		0 < > 5%	2%	01/07/31
01/07/31	BR	0 < > 5%	3%	01/08/31
01/07/31		0 < > 5%	4%	01/09/31
01/07/31		0 < > 5%	5%	01/10/31
08/09/66			25%	09/09/66

Fonte Brasil (MAPA).

A produção de etanol, e particularmente a do álcool anidro, cresceu substancialmente nesse período, aumentando sua produção média (anidro e hidratado) em 10 vezes entre as safras dos quinquênios 1930/31-1934/35 e 1960/61-1965, sendo de 40 e 4002 mil m³, respectivamente (RAMOS, 2007a).

Em termos tecnológicos, a destilação continuou a ser feita a partir do melaço (mel rico) da cana e não de seu suco (garapa), sendo o álcool o principal subproduto do açúcar (VIAN, 2006; RAMOS, 2007a).¹⁰ As usinas do centro-sul começam a implantar destilarias anexas, o que lhes permitiu produzir o próprio álcool. Tal fato não ocorreu com a mesma frequência entre as usinas nordestinas. Na região Nordeste, o IAA atuava comprando o melaço para processá-lo em suas destilarias autônomas ou vendê-lo ao mercado externo.

Alves (1998) identifica a década de 1960 como o início da modernização da agroindústria canavieira, sob a tutela do Estado. Para a autora, era possível observar investimentos na modernização das instalações industriais e em experimentação agrícola¹¹. Novas variedades de cana precoce permitiram aumentar paulatinamente o período de safra, que inicialmente

¹⁰ O melaço é um líquido viscoso, resíduo da produção de açúcar. O álcool continuou a ser produzido como resíduo do açúcar até 1975.

¹¹ Nesse caso, deve ser destacado o apoio técnico do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

durava apenas três meses do ano. Nessa época, o setor passou também a investir na mecanização das atividades agrícolas¹².

Vian (2006) destaca também a evolução do setor no campo organizacional. Esse período marca o início do cooperativismo, em que usineiros passam a associar-se de modo a aumentar seu poder de barganha na comercialização de açúcar, então dominada pelas refinadoras. A Cooperativa Central de Produtores de Açúcar e Álcool de São Paulo (Copersucar) foi criada em 1959 com os objetivos de defender os interesses de suas associadas, que inclui a comercialização de açúcar e álcool (em suas etapas de recebimento, estocagem, financiamento e vendas), a construção de armazéns e reservatórios, além do adiantamento de recursos à produção (VIAN 2006). O autor (p. 29) descreve a Copersucar como um “caso de união e coordenação setorial bem-sucedido”, com o controle dos usineiros sobre todas as etapas de produção, desde a produção das máquinas até a comercialização do produto final.

Ao final desse período, o deslocamento do eixo de desenvolvimento sucroalcooleiro do Nordeste para as regiões do Centro Sul, especialmente São Paulo, é evidente. De acordo com Vian (2006, p. 25) existiam 187 usinas no Brasil em 1910, sendo 134 (72%) delas localizadas no Nordeste; 53, no Centro Sul; e apenas 12 dessas, em São Paulo. Embora o número de usinas aumentasse em São Paulo, quase dobrou em 1930 (20 usinas), o Nordeste manteve sua liderança, com 218 usinas. No início da década de 1960, o número de usinas em São Paulo saltou para 94 enquanto o Nordeste observava uma diminuição significativa, sendo registradas apenas 134 usinas.

Uma análise semelhante é feita em Ramos (2007a), que trata especificamente da produção de açúcar. Como podemos observar na Tabela 3, no início da década de 1930, grande parte da produção de açúcar era concentrada nos estados do Nordeste, especialmente Pernambuco. A produção paulista não passava de 87 mil toneladas, sendo, inclusive, inferior a do estado do Rio de Janeiro. Duas décadas depois, a produção paulista ultrapassa a produção de Pernambuco, tornando-se o principal estado produtor. Os períodos seguintes são marcados pela forte diferenciação de produção entre os estados do Sudeste e Nordeste, sendo a produção dos primeiros voltada essencialmente para o mercado interno enquanto a produção nordestina tornava-se cada vez mais dependente de um mercado externo favorável. Como

¹² A mecanização dá-se essencialmente no plantio e tratos culturais da cana. A colheita mecanizada passa a ser significativa apenas em períodos mais recentes.

podemos ver na Tabela 3, a produção paulista destacou-se principalmente nos últimos anos da série, sendo significativamente superior a todos os demais.

Tabela 3 Evolução da produção (em tonelada) e percentual exportado nas principais regiões produtoras de açúcar

Períodos	Pernambuco		Alagoas		São Paulo		Rio de Janeiro	
	Prod	% exp	Prod	% exp	Prod	% exp	Prod	% exp
1929/30-33/4	217.078	12,8	61.101	9,4	87.485	0,0	100.878	0,6
1934/5-38/9	228.402	13,6	66.856	11,4	128.787	0,0	133.040	0,0
1939/40-43/4	299.160	8,8	93.487	13,0	155.198	0,0	153.777	0,2
1944/5-48/9	372.974	17,2	112.162	13,4	261.293	0,1	207.060	4,6
1949/50-53/4	495.369	14,6	124.789	13,0	502.777	0,0	263.707	0,0
1954/5-58/9	655.132	35,6	198.300	30,2	978.278	15,4	317.056	7,8
1959/60-63/4	730.564	41,4	263.797	39,4	1389.271	10,2	387.316	5,8
1965-1964/5	792.286	61,3	309.657	53,6	1608.870	10,9	428.676	0,0

Fonte: IAA (anuário açucareiro e folhas avulsas), organizados por Ramos (2007a).

2.1.5. 1970- 1988: auge e declínio do Programa Nacional do Alcool

Nos tópicos anteriores, vimos que o açúcar era o principal produto do setor sucroalcooleiro, sendo relegado ao álcool um papel secundário; essencialmente de regulador. O conjunto de acontecimentos descritos nos parágrafos a seguir muda de forma significativa a percepção desse produto, deixando o álcool de ser apenas um subproduto do açúcar.

O período do “milagre” econômico (1968-73) é famoso na literatura econômica por coincidir altas taxas de crescimento do produto e controle inflacionário, além do controle do saldo do balanço de pagamentos. Esse período de “milagre” deixou também como herança para os governos seguintes o aumento da dependência de capitais externos e uma estrutura energética submissa à disponibilidade do petróleo que, por sua vez, era importado. Uma avaliação dos dados históricos do Balanço Energético Nacional (BEN) permite verificar que, entre os anos 1970 (primeiro ano da série) e 1973, a participação do petróleo no consumo total de energia saltou de 44% para mais de 54% (BRASIL, 2008b).

No mesmo ano em que o “milagre” econômico foi interrompido, os conflitos no Oriente Médio levaram a Organização dos Países Produtores de Petróleo (OPEP) a lançarem um embargo ao fornecimento de petróleo aos EUA. Os efeitos do embargo foram sentidos em todo o mundo. Como verificamos no Gráfico 1, os preços internacionais dessa *commodity* elevaram-se quase quatro vezes, passando de US\$ 3,29 para US\$ 11,58 em apenas um ano, constituindo-se assim o primeiro “choque” do petróleo.

O impacto desse choque foi duramente sentido nas contas externas nacionais. Entre 1973 e 1974, o valor das importações de combustíveis saltou de US\$ 600 milhões para mais de US\$ 2 bilhões (NATALE NETO, 2007, p.166). Por sua vez, um revés na tendência de crescimento no setor automobilístico, que fizera pesados investimentos no período de “milagre”, não aconteceria sem impactos significativos na economia nacional. Era, então, vital encontrar uma alternativa para mitigar a dependência estrutural da matriz energética brasileira ao petróleo importado.

A elevação de preços do açúcar, em meados da década de 1960, e as perspectivas de que esses preços permaneceriam firmes estimulou fortes investimentos em modernização e capacidade produtiva do setor canavieiro. Na década de 1970, a instabilidade de preços do açúcar aumentou, e as expectativas quanto ao preço no mercado internacional reverteram-se¹³. Verificamos no Gráfico 2 como a instabilidade de preços transforma-se em forte queda em 1975, gerando nova crise de superprodução no setor sucroalcooleiro.

Nesse contexto, surge o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), pelo decreto presidencial nº 76.595, de 14 de novembro de 1975. Nesse período inicial, optou-se pela utilização de álcool anidro misturado em pequenas quantidades na gasolina, substituindo o chumbo tetraetila. O programa não restringia a produção de etanol unicamente à cana-de-açúcar, sendo cogitadas diversas outras matérias-primas como a mandioca e restos florestais. No entanto, por apresentar melhores condições mercadológicas e disponibilidade de matéria-prima, a cana-de-açúcar firmou-se como principal matéria prima para o etanol brasileiro. A utilização de álcool carburante à base de cana-de-açúcar teria, assim, o objetivo de promover a utilização da capacidade ociosa das usinas de enfrentar os problemas do balanço de pagamento, além de contribuir para a redução da dependência energética nacional.

¹³ O Estado, representado pelo IAA, alternara a política de expansão de capacidade produtiva na década de 1960 para uma política de reestruturação setorial no início da década de 1970. Para mais detalhes, ver Guedes (2000).

Durante a primeira fase do Proálcool¹⁴ (de 1975 a 1979), o governo tornou disponíveis linhas de crédito subsidiadas para investimentos nas lavouras e indústrias¹⁵, estabeleceu preço de paridade entre açúcar e álcool (de modo a tornar o usineiro indiferente à produção de açúcar ou álcool), além de garantias de compra. Essas políticas possibilitaram significativo aumento da produção de álcool anidro, principalmente em destilarias anexas, atingindo três bilhões de litros por ano na safra 1979/80. Entretanto, as políticas de mitigação adotadas durante a primeira fase do Proálcool não lograram reduzir a dependência nacional de combustíveis importados, fato que ficou evidente no segundo choque do petróleo.

Como mostra o Gráfico 1, o segundo choque do petróleo mais que dobrou seus preços internacionais, passando de US\$ 14 em 1978 para mais de 31,61 em 1979. A nova crise no balanço de pagamentos fez o governo federal avançar para a segunda fase do Proálcool e adotar uma estratégia defendida já há algumas décadas no Centro de Tecnologia Aeroespacial (CTA): a produção e utilização em larga escala de automóveis que funcionassem apenas a álcool hidratado. Nessa fase, as medidas de incentivo ao consumo de álcool foram acompanhadas por uma estratégia centralizada para garantia seu suprimento.

Guedes (2000) identifica quatro principais medidas de estímulo ao consumo de etanol:

- Redução da IPI e IPVA (equivalentes na época à Taxa Rodoviária Única) para veículos a álcool;
- Isenção do IPI para táxis movidos a álcool;
- Fixação do preço limite do álcool a 65% do preço da gasolina (tornando a produção de álcool mais vantajosa);
- Mistura compulsória de 22% de álcool anidro à gasolina.

Os carros a álcool foram amplamente aceitos pelo público e pelas montadoras. A Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) publica anualmente os dados de produção e exportação de veículos no Brasil. Como observamos no Gráfico 4, as vendas de automóveis movidos a álcool hidratado cresceram significativamente a partir de

¹⁴ Convencionou-se chamar o período entre 1973-79 como a primeira fase do Proálcool, sendo os anos seguintes a 1979 classificados como segunda fase (RAMOS, 1991; SHIKIDA, 1997).

¹⁵ As taxas de juros nominais para investimentos variavam entre 15 e 17% ao ano, com período de pagamento de até 12 anos e até três anos de carência (VIAN, 2006).

1980, representando mais de 80% das vendas entre 1983 e 1988, chegando a mais de 93% das vendas de veículos leves novos em 1985 (ANFAVEA, 2008).

No campo produtivo, o Estado procurou aumentar a produção de álcool em destilarias autônomas, enquanto parte dos produtores paulistas (liderados pela Coopersucar) preferiam uma estrutura baseada em destilarias anexas. Essa diferença viria do grau de autonomia na decisão de produção dessas estruturas. O governo acreditava que a estrutura formada por destilarias autônomas teria maior capacidade de assegurar o abastecimento da frota automotiva a álcool, a qual vinha sendo estimulado, enquanto parte dos usineiros não queria perder o controle de parte significativa de sua produção.

Guedes (2000) identifica a expansão espacial desse período (i) nas regiões tradicionais (SP, PE, RJ, AL); (ii) para estados dotados de infra-estrutura razoável (MG, PR, PA, RN) e; (iii) estados sem tradição e sem infra-estrutura (GO, MT, MS). Já, segundo Vian (2003), a instalação das destilarias autônomas proporcionou a expansão em áreas de fronteira, que antes se dedicavam à produção pecuária de corte e café (Noroeste de São Paulo, Centro-Oeste, Paraná e Minas Gerais).

A revisão de literatura elaborada em Moraes e Rodrigues (2006) encontra divergências entre os autores que se dedicaram a estudar Proálcool. O alto custo social gerado pela necessidade de subsídios para sua implementação é o principal argumento dos críticos ao programa. Por outro lado, o controle das contas externas é um argumento forte entre os que defendem o programa. Ao analisarem a redução de custos ao longo da curva de aprendizagem no período 1975 – 2004, os autores avaliam que o programa foi capaz de reduzir os custos do biocombustível ao ponto deste se tornar competitivo com os combustíveis fósseis. Para os autores é inegável que a atual posição brasileira de líder mundial em etanol é resultado da intervenção governamental.

2.1.6. 1988-2001: Desregulamentação do setor sucroalcooleiro

A revisão acima mostra como a evolução da atividade sucroalcooleira foi marcada pela intervenção estatal, principalmente a partir da criação do IAA, em 1930. Conforme Vian (2006), a intervenção estatal tinha por objetivo manter o equilíbrio dos mercados, evitando descasamento entre oferta e demanda e contendo a volatilidade dos preços. O método de

cálculo dos preços, estabelecido pelo Estado e tendo como base o custo médio do setor, teria encaminhado ao isomorfismo institucional, sem grandes diferenciações de produtos ou processos (embora as diferenças regionais fossem evidentes), além de baixo aproveitamento de seus subprodutos. Segundo o autor, as empresas competiam basicamente por meio da busca de redução de custos (baixos salários) e melhores rendimentos em terras mais produtivas. Já a ampliação da produção era principalmente pautada na expansão extensiva (VIAN e BÉLIK, 2003).

O primeiro ano do período abordado neste tópico é um marco em dois pontos centrais do setor sucroalcooleiro: a crise de abastecimento de etanol para o mercado interno e o início do processo de retirada da intervenção estatal. Essas duas mudanças não são desconectadas e são reflexos de uma nova conjuntura política e econômica internacional, que forçaria mudanças permanentes na estrutura produtiva e administrativa nacional.

As sucessivas crises financeiras do Estado e o fraco desempenho econômico observado durante a década 1980 indicam o fim da política desenvolvimentista pautada na intervenção estatal. Os anos 1990 foram marcados pela retirada da participação do Estado na economia, com políticas dedicadas à manutenção da estabilidade macroeconômica, promoção da competitividade e liberalização comercial (GIAMBIAGI *et al*, 2004). O setor sucroalcooleiro não seria uma exceção a essa regra.

O processo de desestatização iniciara-se em 1989, quando foi abolido o uso de recursos do tesouro nacional para compra e venda de açúcar para exportação, e o Estado deixou de atuar nas operações de exportações de açúcar e álcool. No ano seguinte, o IAA, símbolo da intervenção Estatal, foi extinto por meio da Medida Provisória 151, de 15 de março de 1990¹⁶. Nos anos seguintes, ocorreram sucessivas liberalizações de preços de açúcar de vários tipos e etanol anidro. O processo de retirada da intervenção estatal avançou relativamente rápido e já estaria praticamente completo no final da década, com a liberalização dos preços da cana-de-açúcar, do açúcar *Standard* e do etanol hidratado em 1999 (UNICA, 2007b).

As condições que envolveram o período de desregulamentação não foram favoráveis ao setor, que experimentou limitações na demanda de seus dois principais produtos. Verificamos no

¹⁶ A Medida Provisória nº151, de 15 de março de 1990, foi transformada na lei nº 8.029, de 2 de abril de 1990.

Gráfico 2 que, embora o preço médio do açúcar recebido pelo exportador¹⁷ apresentasse uma trajetória de recuperação, a partir de 1887, essa trajetória reverter-se-ia em 1990. Nos anos seguintes, as condições para exportação eram desfavorecidas pelo aumento do protecionismo dos mercados consumidores, além de uma taxa de câmbio mantida artificialmente sobrevalorizada durante a fase de implantação do plano Real. No mercado interno, foram registrados períodos de excesso de oferta e as mais baixas cotações do preço do açúcar dos últimos 30 anos (VIAN, 2003).

O desempenho do consumo e produção nacional de álcool foi significativamente afetado pela crise de abastecimento interno do final da década de 1980. Diversos fatores contribuíram para essa crise e não existe consenso na literatura sobre qual deles seria o mais importante. Ichirrara (2007) identifica três principais fatores que levaram à crise de abastecimento no final da década de 1980:

- Redução de incentivos governamentais;
- Queda do preço internacional e aumento da exploração e refino nacional de petróleo, que levaram ao excesso de produção de gasolina;
- Perspectivas de ascensão dos preços internacionais do açúcar e conseqüente elevação do custo de oportunidade de produção de álcool.

O fato é que a crise de abastecimento de álcool, no final da década de 1980, quebrou a confiança de produtores e consumidores de veículos a álcool. O preço internacional do petróleo ficou relativamente estável durante a década de 1990, e o processo de desestatização do setor petrolífero, marcado pela retirada do monopólio estatal em 1997, melhorou as condições para investimentos no setor, inclusive para a própria Petrobras (GIAMBIAGI e MOREIRA, 1999). Como podemos observar no Gráfico 2, no início da década de 1990 a produção de petróleo já se igualava à importação. A produção passa a crescer a taxas expressivas a partir de 1995, diminuindo a “vulnerabilidade energética” na balança comercial. Diante de um contexto mais favorável aos carros a gasolina, as vendas de carros a álcool, que representavam 85% das vendas em 1988, foram reduzidas a 57% em 1989, chegando a apenas pouco mais de 12% em 1990. Como podemos ver no Gráfico 4, a participação dos carros a álcool nas vendas chegou a recuperar-se parcialmente nos anos 1993-94, mas praticamente

¹⁷ O preço médio recebido pelo exportador foi calculado dividindo o valor total das exportações de açúcar em dólar pelo valor total das exportações de açúcar em toneladas, para cada ano.

desapareceram a partir daí. O conseqüente sucateamento da frota a álcool reduziu a demanda por etanol hidratado ao longo da década de 1990. Observa-se, assim, no Gráfico 5, uma reversão das tendências, sendo o etanol hidratado superado pelo etanol anidro (misturado à gasolina) na virada do século. O álcool hidratado é parcialmente compensado pelo aumento do álcool anidro. Ao mesmo tempo, o excesso de produção reduziu os preços do álcool, revertendo parte da produção de cana para a produção (e exportação) de açúcar.

Vian (2006) destaca que a fase de desregulamentação coincide com uma mudança estrutural no padrão de concorrência do setor. O autor destaca a volta do capital estrangeiro e a diferenciação dos produtos, notadamente o açúcar líquido cristal e orgânico. O autor também registra a diversificação produtiva dos grupos, que passaram a investir em confinamento de gado, produção de suco de laranja, sendo que alguns passaram a atuar também no setor de máquinas e equipamentos.

Gráfico 1: Evolução dos preços do barril de petróleo, de 1970 a 2007

Fonte: British Petroleum - Statistical Review of World Energy (2008)

Gráfico 2: Evolução da produção e importação brasileira de petróleo, de 1970 a 2006

Fonte: Brasil - Balanço Energético Nacional 2007

Gráfico 3: Valor FOB médio das exportações de açúcar (US\$/ton), de 1970 a 2007

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da FAO e Brasil – Aliceweb (BRASIL, 2008c)

Gráfico 4: Evolução das vendas anuais de veículos leves por combustível, de 1970 a 2007

Fonte: ANFAVEA (2008), cálculos do autor

Gráfico 5: Evolução dos destinos do etanol, de 1970 a 2006

Fonte: elaborado pelo autor com dados de Brasil - Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2008b); (BRASIL, 2007).

Gráfico 6: Percentual de ATR destinado a produção de açúcar, etanol anidro e hidratado, de 1970/71 a 2006/07

Fonte: Brasil - Balanço nacional de cana-de-açúcar e agroenergia (BRASIL, 2007)

2.2. O ressurgimento do álcool carburante e a expansão do setor sucroenergético

Como indica o título desta seção, o setor sucroenergético volta a experimentar um novo ciclo de crescimento a partir de 2003, liderado pela produção de etanol. Dois fatores principais contribuem para essa recuperação: as vendas de automóveis *flex* e a decisão em diversos países de substituir o consumo de gasolina e de outros derivados do petróleo por fontes de energia renováveis. Esta seção tem como objetivo aprofundar a análise das principais causas e efeitos da expansão.

2.2.1. Contexto

As questões ambientais e de segurança energética são as principais razões pelas quais diversos países passaram a incluir os biocombustíveis, e o etanol em particular, nas suas respectivas matrizes energéticas. Como visto nas seções anteriores, uma diversidade de fatores favoreceu a adoção antecipada do etanol na matriz energética brasileira, enquanto a demanda por biocombustíveis manteve-se muito limitada nos demais países. Nos anos mais recentes, um novo conjunto de fatores fez que o uso de biocombustíveis progredisse não só no mercado brasileiro como em diversos outros países.

A emissão de gases oriundos da combustão de combustíveis fósseis gera impactos ambientais tanto na escala local como na global. Na esfera local, diversos gases tóxicos pioram a qualidade do ar, principalmente nas grandes cidades e no período de inverno, quando a dissipação das partículas suspensas torna-se mais difícil.

Na escala global, a maior preocupação relaciona-se com os efeitos das emissões de dióxido de carbono (CO₂) sobre o clima global. Em 1997, no Japão, foi assinado por um número significativo de países (embora os EUA não fizessem parte desse grupo) um acordo especialmente dedicado à redução de Gases de Efeito estufa (GEE), que ficou conhecido como Protocolo de Quioto. No Protocolo, os países do Anexo I (países industrializados) deveriam, entre 2008 e 2012, reduzir suas emissões de GEE em níveis 5,2% inferiores aos de 1990.

O setor de transportes é responsável por cerca de 20 a 25 % das emissões mundiais de CO₂ e, segundo diversas entidades internacionais, entre elas a *International Energy Agency* (IEA) o *World Energy Council* (WEC) e *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), apresenta opções de diminuição das emissões com relativamente baixo custo social (IEA, 2007; WEC, 2007; IPCC, 2007). Assim, para atingir as metas do Protocolo de Quioto, diversos países passaram a adotar, em suas políticas domésticas, medidas de incentivo ao uso de biocombustíveis tais como metas (compulsórias ou não), subsídios, financiamentos, incentivo à pesquisa, entre outros.

No entanto, existe no debate científico uma discussão ainda inconclusa sobre os efeitos líquidos de emissões de GEE da substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis. No plantio, colheita e transporte processamento de insumos agrícolas para biocombustíveis são consumidos combustíveis fósseis que geram emissões de GEE não compensadas por reabsorção por fotossíntese no crescimento dos insumos. Os resultados líquidos da produção e consumo de etanol de diferentes insumos no balanço energético e emissões têm sido revisados periodicamente.

Segundo IEA (2004), o etanol feito com base em grãos nos EUA e na Europa reduz, em média, 31%; e o etanol de beterraba na Europa reduz 46% das emissões de GEEs. Segundo Macedo (2005), o etanol feito à base de cana-de-açúcar reduz, em média, 85% dos GEEs emitidos pela gasolina. O autor esclarece ainda que (MACEDO, 2005, p.98):

Nessas condições que refletem a situação atual no Brasil, a produção de etanol a partir de cana-de-açúcar é muito superior a qualquer outra tecnologia para produzir combustível de biomassa no mundo [...]. Para o consumo brasileiro de etanol em 2003 – 11,6 milhões de m³ por ano (com 6,1 milhões de m³ hidratado) -, o etanol foi responsável pela redução de cerca de 27,55 milhões de t de CO₂ equivalente.

Recentemente, o conceito de “mudança de uso da terra” - originalmente formulado como *Land Use Change* (LUC), na terminologia anglo-saxônica - foi introduzido no debate de emissões de GEE. O conceito de LUC é fundamentado na premissa de que o cálculo de saldo líquido de emissões de GEE não deve incorporar apenas o carbono absorvido e emitido nas etapas produtivas dos biocombustíveis, mas também na mudança de uso da terra causada pela conversão de áreas antes destinadas a outros fins para a produção de biocombustíveis.

Baseados nesse conceito, uma sucessão de artigos científicos ponderou os benefícios ambientais dos biocombustíveis em relação aos combustíveis fósseis.

Tilman *et al* (2006) alertam que a produção de etanol com insumos de baixa performance energética em locais de alta diversidade biológica gera menor redução de GEEs que deixar a terra intacta.

Fargione *et al* (2007) relatam que levaria 17 anos para que as emissões evitadas pelo etanol de cana-de-açúcar compensassem a devastação de um hectare de “cerrado lenhoso”. Para a combinação de etanol de milho e áreas agrícolas abandonadas (*abandoned cropland*, no texto original), o tempo de recuperação seria de 48 anos.

Ante evidências que o etanol brasileiro não gera desmatamento direto, Searchinger *et al* (2008) propõem o conceito de efeito indireto de mudança de uso da terra (ILUC). Tal conceito é fundamentado na premissa que o efeito da mudança de uso da terra causada pela produção de biocombustíveis não se restringe à área efetivamente substituída pelo insumo usado para a produção de biocombustível (que é calculada no LUC).

A abstração desenvolvida pelo conceito de ILUC entende que se o biocombustível deslocou uma determinada cultura em certa região e essa cultura avançou sobre áreas com vegetação natural em outra região qualquer, o saldo negativo da mudança de uso do solo dessa outra região devas ser atribuído ao biocombustível. O conceito do ILUC permite que o efeito indireto possa ocorrer em áreas muito distantes, inclusive em outros continentes. Mesmo a demonstração de que ganhos de produtividade permitem que a expansão espacial da cultura

da cana-de-açúcar ocorra sem detrimentos da produção agropecuária dos demais produtos não garante a não-ocorrência de ILUC.¹⁸

Até a redação desta dissertação nenhum consenso foi alcançado a não ser que diferentes biocombustíveis têm diferentes contribuições para a redução de GEEs e que estas dependerão da capacidade da expansão da produção de etanol ocorrer com o mínimo de impactos sobre a vegetação nativa. Por sua vez, a metodologia para medir o ILUC não foi suficientemente desenvolvida para medir o efetivo balanço ambiental do etanol de cana-de-açúcar.

Após uma década de relativa estabilidade, a alta nos preços e a instabilidade passam a ser a regra no mercado internacional de petróleo. Entre os principais fatores que contribuíram para essa nova conjuntura, listam-se: o aumento de demanda (principalmente dos países asiáticos em desenvolvimento), a restrição de oferta baseada na teoria do pico de Hubbert¹⁹, as interrupções (ainda que parciais) do mercado de petróleo, o aumento do custo de extração, além de motivos especulativos.

Segundo Figueira (2006, p. 66), “em período recente, os países, principalmente os desenvolvidos, passaram a considerar a importação de petróleo e derivados como uma situação de risco para a economia local”. A segurança energética é outro fator que levou diversos países a buscar alternativas à elevada dependência de petróleo.

2.2.2. Mercado interno

Nos primeiros anos do século XXI, os preços do etanol hidratado eram competitivos com os da gasolina, sendo particularmente vantajoso o consumo de álcool em determinados períodos do ano e em determinadas regiões do Brasil.²⁰

A indústria automotiva vê a necessidade e oportunidade de lançar no mercado um novo produto. Em 2003, são comercializados os primeiros veículos *flex*, com adaptações

¹⁸ Teixeira *et al* (2007) fazem uma demonstração particularmente interessante para a expansão da área de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, que é compensada pelo ganho de produtividade da pecuária.

¹⁹ Hirsch *et al* (2005) listam 12 estudos que estimam o chamado pico do petróleo. Seis estimam o pico até 2010, cinco entre 2010 e 2025, e um indica que não é possível identificar tal pico.

²⁰ É importante observar que, além do preço internacional do petróleo, diversas outras variáveis como impostos e níveis de concorrência de mercado afetam o preço da gasolina ao consumidor.

tecnológicas que possibilitam o abastecimento tanto a álcool como a gasolina sem auferir danos aos componentes de abastecimento e propulsão.

Com a possibilidade de optar pelo combustível que mais lhe convier na hora de abastecer, os veículos *flex* foram rapidamente aceitos pelo público e, como observamos no Gráfico 4, em apenas dois anos, 53% dos veículos novos registrados eram dotados dessa tecnologia. No último ano da série (2007), a participação dos veículos *flex* ultrapassou os 90% das vendas nacionais de automóveis²¹.

Em análise realizada para o ano de 2006, Moraes e Rodrigues (2006) consideram que os principais incentivos ao consumo de etanol são a redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para carros a álcool e *flex*. Os autores sugerem que a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) consiste na maior diferença nos tributos pagos por gasolina e álcool. Após os devido descontos, o valor líquido da CIDE resulta numa diferença entre tributos de gasolina e etanol de R\$280/m³. Tal diferença contribui para o consumo de etanol frente à gasolina (MORAES E RODRIGUES, 2006).

A comparação entre o Gráfico 4 e o Gráfico 5 nos permite observar a ocorrência simultânea do surgimento e crescimento da frota *flex* e a recuperação do consumo de álcool hidratado. Acredita-se que essa correlação se deve principalmente à relação de preços²² entre a gasolina C (gasolina pura adicionada de etanol anidro) e o etanol hidratado (etanol puro) nos últimos anos. Nappo (2007) identifica, por meio de modelos de séries temporais, que essa nova tecnologia aumenta a elasticidade cruzada da gasolina em relação ao preço do álcool hidratado. Estudos em andamento no ICONE encontram que o consumo de energia em veículos leves do ciclo Otto²³ aumenta de acordo com sua frota e que a elasticidade cruzada da gasolina em relação ao preço do álcool hidratado fica mais significativa na medida em que a proporção de veículos *flex* na frota de veículos de ciclo Otto aumenta.

²¹ Segundo a nomenclatura da ANFAVEA, a categoria autoveículos leves é composta por automóveis e comerciais leves.

²² Além da relação de preços e da taxa de eficiência em termo de km por litro, outras variáveis tais como grau de autonomia, confiança, potência do motor também afetam a decisão do consumidor.

²³ O motor de Ciclo Otto diferencia-se basicamente dos outros ciclos pela maneira como a mistura ar-combustível é inflamada na câmara de combustível. O exemplo mais conhecido é o motor automotivo a gasolina ou álcool.

A intuição e interpretação desse resultado para a demanda de álcool são imediatas. Dada uma frota do ciclo Otto, quanto maior for a frota *flex* e mais favorável ao álcool hidratado for a relação de preços entre este e a gasolina C na bomba, maior o consumo de álcool hidratado. Já o consumo de álcool anidro será maior quanto maior for a frota total do ciclo Otto, mais favorável a relação de preços entre gasolina C e álcool hidratado e quanto maior a mistura obrigatória de álcool anidro na gasolina C.

A co-geração e a alcoolquímica são setores em que se esperava avanços durante a década de 1990. Em 2001, dada a crise de abastecimento de energia elétrica, progrediu-se rapidamente na elaboração de contratos e na negociação de tarifas que possibilitassem a produção de energia com base na queima do bagaço de cana. Diversos projetos foram iniciados, mas com a recuperação do abastecimento, a queda de tarifas de energia elétrica fez que a maioria dos projetos fosse arquivada (VIAN, 2006).

Desde a desregulamentação do setor, recursos privados têm sido alocados na expansão da produção. A estratégia empresarial abrange investimentos em novas tecnologias agrícolas e industriais, assim como nos subprodutos da cana-de-açúcar. A venda de eletricidade para o mercado, ligando as usinas ao setor elétrico, e venda de créditos de carbono marcam a estratégia empresarial recente (MORAES E RODRIGUES, 2006).

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social passou também a atuar com mais ênfase no setor. De acordo com relatório do banco (BNDES, 2007), o valor anual liberado passou de R\$ 604 para R\$ 1 bilhão e R\$ 1,9 bilhão em 2004, 2005 e 2006, respectivamente. Até outubro de 2007, o desembolso do banco foi de 2,9 bilhões. A carteira do setor de biocombustíveis soma financiamentos de R\$ 19,7 bilhões em 2007. A maior parte da carteira (R\$15,4 bilhões) é destinada a produção de açúcar e etanol. A co-geração é o setor com a segunda maior participação (R\$ 2,3 bilhões). Os demais setores que compõem a carteira de biocombustíveis são o cultivo da cana (R\$ 1,8 bilhão) e pesquisa e desenvolvimento (R\$ 142,5 milhões).

2.2.3. Mercado internacional

2.2.3.1. Políticas para o etanol na União Européia

Para a União Européia, o comprometimento com as metas de Quioto traduziu-se, dentro de um plano mais abrangente, no estabelecimento de metas de substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis e outras fontes de energia renováveis nos transportes rodoviários. Para incentivar o uso de biocombustíveis e outros combustíveis renováveis, os Estados Membros devem garantir que seja colocada no mercado uma proporção mínima desses combustíveis de acordo com as metas indicativas. Como observado, as metas são indicativas, cabendo a cada Estado Membro submeter relatórios reportando a forma pela qual pretende cumprir os objetivos estabelecidos pela diretiva (EUROPA, 2003).

Como primeiro passo, em 1997, estabeleceu-se o objetivo de substituir 12% do conteúdo energético de combustíveis fósseis por biocombustíveis em 2012 (EUROPA, 1997). Em 2003, a diretiva européia estabeleceu novas metas de 2% e 5,75% em 2005 e 2010, respectivamente (EUROPA, 2003). Conforme Jank *et al* (2007), além da submissão de relatórios, as medidas de incentivo à produção de biocombustíveis limitaram-se a pagamentos para produção em terras de “*set aside*” (€ 45,00 por hectare) e autorização de isenções tarifárias para biocombustíveis. Segundo o estudo, a falta de harmonização de políticas dentro do bloco possibilitou que os países seguissem interesses próprios, agindo como “caronas”, o que resultou em baixa implementação dos objetivos do bloco como um todo, embora alguns países chegassem a ultrapassar as metas estabelecidas.

Diante do não-cumprimento das metas, em janeiro 2007, a anterior foi substituída por uma nova meta de 20% para energias renováveis em geral e 10% para biocombustíveis em 2020 no “*renewable energy roadmap*” (EUROPA, 2007). O comunicado que acompanha o anúncio da alteração da meta lista o alto custo dos biocombustíveis, a falta de infra-estrutura adequada, o excesso de petróleo estocado e a falta de um marco regulatório estruturado para a implementação das metas como as principais razões para o não-cumprimento da anterior. O documento ressalta ainda que, se a produção local de insumos agrícolas para biocombustíveis não se ocorrer de forma sustentável, o bloco deveria examinar formas de ampliar o acesso a seus mercados, principalmente em relação à importação de etanol, que tem uma tarifa de importação *ad-valorem* de 45%.

2.2.3.2. Políticas para o etanol nos EUA

Os programas de incentivo à demanda por etanol consistem essencialmente no *Renewable Fuels Standard* (RFS) e o programa federal de Gasolina Reformulada. O programa de Gasolina Reformulada, que teve início em 1992, tinha como principal objetivo melhorar a qualidade do ar das cidades por meio da oxigenação da gasolina, que reduz suas emissões de gases tóxicos. Embora também se considerasse o uso de etanol e ETBE (Etil Tributil Etano) como oxigenante, o programa pautou-se originalmente na utilização do MTBE (Meta Tributil Etano). A utilização de MTBE passou, assim, de 83 mil barris por dia em 1990 para 266 mil barris por dia em 1997 (*Energy Information Administration, apud FIGUEIRA, 2005*). A contaminação dos lençóis freáticos pelo MTBE levou diversos estados a bani-lo progressivamente e, em 2006, grande parte das empresas petroleiras já o eliminavam espontaneamente, substituindo-o pelo etanol (*Energy Information Administration, 2006*).

A meta do RFS foi criada, entre outros incentivos, em dezembro de 2005 pelo presidente dos EUA, George W. Bush dentro do “*2005 Energy Policy Act*”. O RFS estabelecia o consumo de 7,5 bilhões de galões de combustíveis renováveis no setor de transportes até o ano de 2012. Dentre os objetivos oficiais do RFS, estavam mitigar os efeitos dos altos preços do petróleo observados no ano de 2006, além de recuperar os preços do milho, que registravam a segunda maior safra nos EUA naquele ano.

Os mecanismos de incentivo à produção de etanol nos EUA concentram-se em isenção fiscal para o etanol, requerimentos de conteúdo local e pagamentos para a produção de milho, que é o principal insumo para a produção de etanol (JANK *et al*, 2007, p. 23-24). Segundo KOPLOW (2007), a isenção tributária para o etanol teve sua primeira versão em 1978, no *Energy Tax Act*, sendo inicialmente de US\$ 0,40 por galão²⁴, chegando a US\$ 0,60 na década de 1980 e sendo paulatinamente reduzido até chegar ao nível de US\$ 0,51 em 2005. A última versão dessa isenção tributária é o *Volumetric Ethanol Exise Tax Credit* (VEETC) criado em 2005. O VEETC não tem limites orçamentários ou relação com o preço da gasolina e é concedido para todo etanol consumido em território americano, independente se esse foi produzido localmente ou importado. Jank *et al* (2007) calculam o volume médio dessa isenção em US\$ 2.220 milhões no período 2006 a 2010, sendo esse o maior incentivo concedido à produção de etanol. O *Food and Conservation Act of 2008* (a *Farm Bill* de 2008)

²⁴ Um Galão = 3,7854118 litros.

reduz a isenção fiscal de US\$ 0,51 para US\$ 0,45 a partir de 2008 (HOUSE OF COMMITTEE ON AGRICULTURE, 2008).

As medidas de proteção comercial nos EUA consistem em uma tarifa *ad-valorem* de 2,5% e o “*Secondary Import Duty*” de US\$ 0,54 por galão. Essa medida é classificada na Organização Mundial do Comércio (OMC) na disposição “Outros Direitos e Encargos” (ODC). De acordo com a *Renewable Fuels Association* (RFA), o ODC foi criado para evitar que as isenções tributárias ao consumo de etanol subsidiassem a produção estrangeira de etanol (RFA, 2008a). Há, no entanto, algumas exceções a essas medidas tarifárias. Acordos bilaterais e o Tratado Norte-Americano de Livre Comércio (NAFTA) permitem a entrada de etanol com tarifa zero nos EUA²⁵. O acordo da “Iniciativa da Bacia do Caribe” (CBI) também permite a importação de etanol com tarifa zero, desde que esse tenha sido produzido com pelo menos 50% de insumos agrícolas locais²⁶. Uma prática comum é a exportação de etanol hidratado (molhado) do Brasil para o Caribe, onde este é desidratado e exportado para os EUA.

Como podemos ver na tabela 4, a demanda americana de etanol cresce a taxas altíssimas (média de 42% ao ano), partindo de cerca de menos de 8 bilhões de litros em 2002 para mais de 25 bilhões de litros em 2007. A produção, embora não acompanhe o mesmo ritmo de expansão da demanda, tem crescimento bastante acelerado (23% ao ano), partindo de pouco mais de 8 bilhões de litros em 2002 para 24 bilhões de litros em 2007. O número de usinas praticamente dobra no período, sendo que a capacidade média de produção passa de 35 para quase 60 milhões de litros entre o primeiro e último ano da série, fruto da instalação de usinas de maior porte assim como reformas das usinas mais antigas.

Tabela 4: Produção, importação estoques e demanda de etanol nos EUA (milhões de litros).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Produção	8.062	10.598	12.869	14.777	18.376	24.603
Importação	174	231	609	511	2.473	1.703
Exportação	na	na	na	30	na	na
Estoques	-344	148	-117	-68	409	0
Demanda	7.892	10.977	13.361	15.325	20.353	25.528
Usinas*	61	68	72	81	95	110

²⁵ Exige-se que o etanol inteiramente produzido nos países acordantes.

²⁶ Importações de etanol com menos de 50% de insumos agrícolas locais também são permitidas, mas estão sujeitas a um volume máximo de 7% do consumo de etanol dos EUA.

*Em janeiro do referido ano.
Fonte: *Renewable Fuels Association*

Para Jank *et al* (2007), o ritmo excepcional do desenvolvimento da indústria de etanol deve-se efetivamente às medidas governamentais adotadas naquele país, que, por um lado, cria garantias de demanda (principalmente no nível federal) e, por outro, fornece subsídios pesados à indústria, que investe em capacidade produtiva. O estudo pondera, no entanto, que a forte expansão naquele país vem à custa de uma forte pressão nos preços dos grãos, particularmente milho.

Em dezembro de 2007, o *Energy Independence and Security Act of 2007* estabeleceu novas metas de consumo de combustíveis renováveis, reformulando o RFS de 2005. Na nova RFS, a meta passa de 7,5 em 2012 para 36 bilhões de galões em 2022. Além da meta total, a nova RFS define e estabelece metas específicas os diferentes biocombustíveis. O Gráfico 7 reporta as metas da nova RFS, por tipo de etanol. Cada tipo de etanol é diferenciado basicamente pela matéria prima utilizada, pelo método de produção e redução de GEE em relação ao combustível fóssil em 2005. Os biocombustíveis renováveis são aqueles feitos com base no amido do milho e que devem reduzir em pelo menos 20% as emissões de GEE (este é o atual padrão atual nos EUA). Os *Advanced Biofuels* são aqueles que não são produzidos de amido de milho, com maior redução de emissões de GEE, dentre os quais se classifica o etanol de cana-de-açúcar (padrão de produção atual no Brasil). Os *Cellulosic Biofuels* são aqueles feitos de celulose, hemicelulose ou lignina que alcancem pelo menos 60% de redução de GEE.

Gráfico 7: Metas de consumo de etanol nos EUA

Fonte: *Energy Independence and Security Act of 2007* e *Renewable Fuels Association* (RFA, 2008b), elaboração do autor

2.2.3.3. Exportação brasileira de etanol

Esse conjunto de fatores impulsionou a demanda por etanol, principalmente em países desenvolvidos, que excederam a sua capacidade de produção. Como apresentado nas seções anteriores, o setor sucroalcooleiro brasileiro desenvolveu, ao longo de sua história, tecnologias genuínas na produção etanol com base na cana-de-açúcar, sendo capaz de suprir o excesso de demanda internacional a preços competitivos.

A Figura 1 mostra a evolução das exportações brasileiras de etanol entre os anos 2000 e 2007. Como podemos ver, as exportações totais aumentam de praticamente zero em 2000 para 3,5 bilhões de litros em 2006, atingindo patamar ligeiramente superior em 2007.

Figura 1: Principais destinos da exportação brasileira de etanol (litros)

Fonte: MDIC Secex

Os países desenvolvidos são hoje os principais demandantes das exportações brasileiras. O bloco europeu, que aparece em cor verde, registra um crescimento gradual de suas exportações. Os Países Baixos e a Inglaterra destacam-se no bloco europeu como principais importadores de etanol direto do Brasil.

Pelos motivos descritos na seção anterior, decidiu-se agrupar os EUA e países do Caribe, uma vez que grande parte das exportações brasileiras que vão para os EUA são exportadas via Caribe. Como podemos verificar na Figura 1, as exportações brasileiras cresceram significativamente no período, podendo ser observado um salto no volume exportado no ano de 2006. Nesse ano, a produção não foi capaz de acompanhar a expansão de demanda (devido às metas de consumo daquele país e da substituição do banimento do MTBE, sendo substituído pelo etanol), o que abriu uma janela de oportunidades para as exportações brasileiras. No seguinte, 2007, a expansão da indústria local (34%) superou a expansão de demanda (15%) reduzindo as importações do Brasil.

2.2.4. Expansão recente da indústria sucroalcooleira no Brasil

Impulsionado principalmente pelo crescimento da demanda por etanol no mercado interno e pela expectativa do desenvolvimento de um mercado internacional de grandes proporções, o setor sucroalcooleiro observa uma expansão de produção em ritmo acelerado, principalmente a partir de 2003. Essa expansão é observada pelo do crescimento da produção da cana-de-açúcar e seus produtos (açúcar e etanol), mas também pelo volume de investimentos, aumento da capacidade instalada e área ocupada por cana-de-açúcar.

A Tabela 5 reporta os valores de produção de etanol (soma anidro e hidratado) no período entre as safras 20001/02 e 2007/08. Como podemos observar, a produção de álcool dobrou entre primeira e última safra, de um volume de produção de aproximadamente 11,5 passou para quase 22,5 bilhões de litros entre o primeiro e último ano da série.²⁷ O crescimento médio do período foi de 10,2% ao ano para o Brasil, sendo de 10,9% para os estados do Centro Sul e 4,6% para os estados do Norte-Nordeste. Nesse caso, vale ressaltar que os valores para da safra 2007/08 são preliminares para os estados do Norte-Nordeste. A taxa de crescimento é excepcionalmente alta se considerarmos o último ano da série. Entre as safras 2006/07 e 2007/08, a produção total de etanol aumentou quase 5 bilhões de litros (26%) em apenas um ano. Os principais estados responsáveis pelo crescimento da produção são: São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Goiás. No último ano da série, por exemplo, esses estados foram responsáveis por 51, 11, 10 e 9% da expansão total, respectivamente. Com um ritmo de expansão um pouco mais reduzido, os estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Alagoas também contribuem de maneira significativa para a expansão.

²⁷ De acordo com levantamento de safra da Companhia Nacional de Abastecimento, a safra produção de etanol deverá 27 bilhões de litros na safra 2008/09.

Tabela 5: Produção de álcool no Brasil entre as safras 2001/02 e 2007/08 (mil m³)

Estado /Safra	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	Δ 01/02-07/08
Acre	0	0	0	0	0	0	0	0
Rondônia	0	0	0	0	0	0	0	0
Amazonas	3	4	4	5	6	6	8	6
Pará	25	26	35	48	43	52	36	11
Tocantins	0	0	0	0	4	12	0	0
Maranhão	75	84	90	96	139	128	170	95
Piauí	19	23	22	19	35	51	36	17
Ceará	1	1	0	0	1	1	1	-1
R. G. Norte	80	99	95	89	74	78	49	-31
Paraíba	227	240	278	338	268	315	337	111
Pernambuco	262	307	378	415	328	319	454	192
Alagoas	562	568	726	687	546	604	853	291
Sergipe	52	61	62	64	48	54	49	-3
Bahia	54	58	50	63	103	94	141	86
Minas Gerais	524	636	799	804	959	1.291	1.777	1.252
Espírito Santo	131	203	184	238	235	173	252	121
Rio de Janeiro	65	109	108	163	136	87	120	55
São Paulo	7.135	7.691	8.828	9.107	9.985	10.910	13.345	6.211
Paraná	960	980	1.224	1.210	1.040	1.319	1.859	899
Santa Catarina	0	0	0	0	0	0	0	0
R. G. Sul	5	6	6	5	3	6	7	2
Mato Grosso	580	654	792	815	771	757	894	314
Mato G. do Sul	397	418	481	534	496	641	877	480
Goiás	379	455	646	717	729	822	1.214	834
Região Centro-Sul	10.176	11.152	13.069	13.591	14.353	16.006	20.346	10.169
Região N-NE	1.360	1.471	1.740	1.825	1.594	1.713	2.133	774
Brasil (Total)	11.536	12.623	14.809	15.417	15.947	17.719	22.479	10.943
Brasil (Variação)	943	1	2.185	608	1	2	4.760	na

Nota: os valores preliminares para a os estados no Nordeste na safra 07/08.

Fonte: União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

A produção de açúcar também apresentou uma tendência de crescimento ao longo do período. Entre o primeiro e último ano da série, a produção total aumentou 60% (11 milhões de toneladas). O crescimento foi, no entanto, inferior ao observado na produção de etanol. A taxa média de crescimento da produção foi de 7,5% entre as safras 2001/2002 e 2007/08. Apesar de positiva em quase todos os anos (a exceção da safra 2005/06), a variação total entre as safras foi, de modo geral, declinante no período.

A região Centro-Sul foi responsável por 88% da expansão na produção de açúcar entre o primeiro e último ano do período. Novamente, São Paulo destaca-se como maior produtor e região de maior expansão. Em um segundo patamar de produção, os estados de Alagoas,

Paraná e Minas Gerais chegam ao final do período com produção de açúcar muito parecida. Destaca-se, assim, a expansão dos dois últimos estados, que tinham, no início do período, produção significativamente menor que Alagoas. O estado de Pernambuco, região tradicionalmente açucareira, registrou taxas de crescimento bem inferiores aos outros estados agora mencionados (3% ao ano).

Tabela 6: Produção nacional de açúcar no período 2001/02 a 2007/08

Estado /Safr	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08
Acre	0	0	0	0	0	-	-
Rondônia	0	0	0	0	0	-	-
Amazonas	14.188	16.214	17.455	17.170	14.151	15.700	16.185
Para	0	0	0	0	0	5.100	22.805
Tocantins	0	0	0	0	0	0	-
Maranhão	12.406	3.149	11.118	11.881	11.619	2.700	13.075
Piauí	0	0	0	3.431	7	0	22.255
Ceará	6.220	6.260	5.887	6.225	2.076	1.500	0
R. G. Norte	116.952	165.815	173.616	233.847	175.340	259.000	174.068
Paraíba	1.14.539	142.865	168.151	165.945	115.843	154.000	164.298
Pernambuco	1.10.4199	1.230.998	1.392.567	1.464.335	1.215.389	1.357.300	1.470.637
Alagoas	1.678.235	19.94.142	2.495.535	2.388.716	2.103.943	2.136.900	2.509.109
Sergipe	55.662	68.651	68.882	74.491	65.060	50.400	94.061
Bahia	1.43.448	161.111	172.105	170.048	1.17.485	115.700	102.524
Minas Gerais	7.47.053	1.093.233	1.346.598	1.664.693	1.741.649	1.909.516	2.117.696
Espírito Santo	22.953	58.635	5.4405	56.006	48.260	48.949	86.823
Rio de Janeiro	2.18.592	312.423	33.1747	347.084	286.203	262.104	243.472
São Paulo	12.350.253	14.347.908	15.171.854	1.649.4931	16.833.595	19.503.032	19.107.894
Paraná	13.512.49	1.468.921	1.865.409	1.814.018	1.503.421	2.178.077	2.510.547
Santa Catarina	0	0	0	0	0	0	0
R. G. Sul	0	0	0	0	0	0	0
Mato Grosso	448.354	546.153	579.401	5.66.728	520.989	540.200	536.234
Mato G do Sul	327.865	373.715	402.878	411.912	400.857	576.130	616.170
Goiás	505.843	577.067	668.185	729.760	749.836	766.125	952.312
Região Centro-Sul	1.597.2162	18.778.055	20.420.477	22.085.132	22.084.810	25.784.133	26.171.148
Região N-Nordeste	3.245.849	3.789.205	4.505.316	4.536.089	3.820.913	4.098.300	4.589.017
Brasil (Total)	19.218.011	22.567.260	24.925.793	26.621.221	25.905.723	29.882.433	30.760.165
Brasil (Variação)	2.961.906	3.349.249	2.358.533	1.695.428	-715.498	3.976.710	877.732

Nota: os valores preliminares para a os estados no Nordeste na safra 07/08.

Fonte: União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

O processamento de cana-de-açúcar acompanha o crescimento de seus principais produtos, tendo uma expansão significativa no período. O volume de cana-de-açúcar processado pelas usinas é apresentado na Tabela 7. A variação total no período é de 200 milhões de toneladas (cerca de 70% da produção inicial). No Gráfico 6, podemos ainda observar uma reversão na tendência do *mix* de produção do setor sucroalcooleiro. A proporção de açúcar Total

Recuperável (ATR) destinada à produção de álcool que chegou a 49% na safra 20002/03 volta a ser de quase 53% na safra 2007/08²⁸.

A taxa média de crescimento aproxima-se da observada na produção de etanol, sendo de 8,1% ao ano. A variação média da produção total manteve-se, de modo geral, elevada, entre 27 e 40 milhões de toneladas/ano. As duas exceções são os anos de 20005/06 e 2007/08. O crescimento foi de apenas 1 milhão de toneladas na safra 2005/06, provavelmente devido às condições climáticas e valorização cambial peculiares dessa safra. Já na safra 2007/08, com a entrada de novas usinas, principalmente no Centro-Sul, a expansão foi de quase 70 milhões de toneladas em apenas um ano.

As diferenças entre as regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul são significativas. Além de partirem de níveis de produção iniciais bastante diferenciados, a quantidade de cana processada cresceu a uma taxa média de 9% no Centro-Sul e apenas 2% no Norte-Nordeste. Entre o primeiro último ano reportados na Tabela 7, a participação do Norte-Nordeste cai de 17 para 13% da produção nacional.

Assim como na produção de açúcar e etanol, São Paulo destaca-se em patamar muito superior aos demais estados tanto no volume total de cana processada como no crescimento absoluto. No período, a variação no volume de cana processada no estado foi superior à soma de todos os demais estados.

Os estados do Paraná, Minas Gerais e Alagoas estão num segundo patamar. No entanto, há uma diferença significativa entre eles em termo de variação da produção. Os estados de Minas Gerais e Paraná aumentaram a quantidade de cana processada em 190% e 74%, respectivamente. Já a quantidade de cana processada em Alagoas na safra 20007/08 foi apenas 27% superior ao início do período, sendo que a quantidade no último ano foi inferior ao volume atingindo na safra de 2003/04.

Os estados de Goiás, Pernambuco, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul estão em um terceiro patamar. Os estados de maior crescimento são Goiás e Mato Grosso do Sul, com uma taxa de

²⁸ O último levantamento de safra disponibilizado pela CONAB (2008) informa que esse percentual aumentou para 57% na safra 2008/09 (valores preliminares). Já a produção total de cana-de-açúcar (açúcar, álcool e outros usos) deve atingir 710 milhões de toneladas na safra 2008/09.

crescimento média de 14 e 9% ao ano, respectivamente. A taxa média de crescimento é de 3,5% no Mato Grosso e de 1,6% em Pernambuco.

Tabela 7: Processamento de cana-de-açúcar por estado no período 2001/02 a 2007/08

Estado /Safra	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	Δ 01/02-07/08
Acre	0	0	0	0	0	0	0	0
Rondônia	0	0	0	0	0	0	0	0
Amazonas	201	256	251	268	253	225	318	117
Pará	283	311	420	581	510	697	576	292
Tocantins	0	0	0	0	95	179	0	0
Maranhão	1.094	1.105	1.304	1.275	1.797	1.660	2.135	1.040
Piauí	274	284	323	349	492	706	689	415
Ceará	74	89	64	79	41	27	8	-65
R. G. Norte	2065	2.682	2.614	2918	2.356	2.397	2.048	-17
Paraíba	4001	4.336	5.017	5474	4.291	5.108	5.556	1.555
Pernambuco	14351	14.891	17.003	16685	13858	15.294	17.536	3.184
Alagoas	23125	22.645	29.537	26030	22.532	23.635	29.444	6.320
Sergipe	1317	1.430	1.526	1465	1109	1.136	1.368	51
Bahia	2048	2.214	2.137	2268	2.391	2.186	2.523	474
Minas Gerais	12.205	15.600	18.916	21650	24.543	29.034	35.723	23.518
Espírito Santo	2.011	3.293	2.953	3900	3.804	2.894	3.939	1.928
Rio de Janeiro	3.073	4.478	4.577	5.638	4.799	3.445	3.832	759
São Paulo	176.574	192.487	207.811	230.280	243.767	263.870	296.314	119.740
Paraná	23076	23893	28.486	28998	24.809	31995	40.369	17.293
Santa Catarina	0	0	0	0	0	0	0	0
R. G. Sul	80	103	94	78	58	92	129	49
Mato Grosso	10673	12384	14.350	14.447	12.335	13.180	14.928	4.255
Mato G. do Sul	7744	8247	8.893	9.700	9.038	11.635	14.869	7.125
Goiás	8782	9922	13.041	14.006	14.560	16.140	21.082	12.300
Região Centro-	244218	270407	299.121	328.697	337.714	372.285	431.185	186.967
Região N-NE	48832	50243	60.195	57.393	49.727	53.251	62.200	13.367
Brasil (Total)	293051	320650	359.316	386.090	387.442	425.536	493.385	200.334
Brasil (Variação)	35429	27600	38.665	26.775	1.352	38.094	67.849	32.420

Nota: os valores preliminares para a os estados no Nordeste na safra 07/08.

Fonte: União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

A expansão do período deu-se em parte pelo aumento da produtividade e em parte pelo aumento de área colhida.

A Tabela 8 reporta a área colhida de cana-de-açúcar (todos os usos) para todos os estados brasileiros entre os anos de 2001 a 2008. Diferente do levantamento feito pela UNICA e MAPA, os levantamentos do IBGE referem-se a anos civis. Dado o ciclo da cana, grande parte da colheita é realizada entre maio e outubro no Centro-Sul e entre novembro a março no Nordeste. O ano de 2001 deve corresponder à safra 2001/02, o ano de 2002 à safra 2002/03 etc.

A variação total da área colhida durante o período é de 2,66 milhões de hectares, de modo que área final é 54% maior que a inicial. Novamente, observa-se, de maneira geral, uma expansão mais significativa nos dois últimos anos. O crescimento em percentual em área é, portanto, menor que o crescimento percentual da cana-de-açúcar processada pelas usinas.²⁹ Apesar de ter apresentado tendência de queda em alguns estados, a produtividade medida pela PAM entre os anos de 2001 e 2006 cresceu, em média, 1,2% para o Brasil.

De acordo com os dados do censo agrícola de 2007, a área total de agricultura é de 76,7 milhões de hectares, e a área de pastagens é de 172,3 milhões de hectares (IBGE, 2008a). A área colhida de cana-de-açúcar representa, assim, 8,0%, 3,7% e 2,7% da área agrícola, pastagens e área total, respectivamente.

A distribuição geográfica da expansão em área é bastante semelhante à expansão de cana-de-açúcar processada pelas usinas do complexo sucroalcooleiro. A expansão em São Paulo é de 1462 mil hectares, o que representa 55% da expansão total do Brasil. Somando a expansão dos estados de Paraná, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, temos mais de 90% da expansão total do Brasil. As duas regiões mais tradicionais do Nordeste praticamente não tiveram expansão de área. No estado de Alagoas, a área chegou inclusive a diminuir entre o primeiro e último ano da série. A inclusão dos estados que não tinham informações na base de dados da UNICA e MAPA não acrescenta muita informação, uma vez que, nesses estados, a área de cana é muito pequena.

²⁹ A comparação da tabelas de cana processada não permite a avaliação de ganhos de produtividade uma vez que a área aqui reportada inclui outros usos da cana.

Tabela 8: Área colhida para todos os usos de cana-de-açúcar no período de 2001 a 2007 (mil ha)

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Δ % média da produtividade ¹
Rondônia	0,5	0,2	0,3	0,4	0,7	1,3	0,0	8,2
Acre	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	1,0	0,0	-2,1
Amazonas	4,1	4,2	3,7	3,8	5,7	6,0	5,0	0,5
Roraima	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	2,7
Pará	5,9	5,3	5,3	7,3	7,3	8,8	9,5	1,0
Amapá	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	4,8
Tocantins	3,7	2,8	2,7	2,7	2,8	3,5	3,7	-0,2
Maranhão	21,5	23,1	27,9	26,8	31,7	39,3	40,8	7,5
Piauí	6,9	7,7	8,7	9,0	10,0	10,2	12,4	3,4
Ceará	33,7	34,0	33,3	34,0	35,1	29,1	40,1	1,4
Rio G. Norte	34,7	49,0	49,0	52,3	53,9	55,6	61,4	3,1
Paraíba	98,2	98,9	111,7	116,7	105,4	116,1	120,0	0,1
Pernambuco	339,4	348,2	359,4	363,6	367,0	332,4	356,5	1,0
Alagoas	455,6	438,0	415,7	423,2	406,8	402,3	413,7	-1,1
Sergipe	20,5	17,6	22,7	25,2	26,9	31,4	38,6	-0,6
Bahia	79,7	80,4	83,8	85,8	91,0	104,3	106,4	2,1
Minas Gerais	294,2	277,9	303,0	334,7	349,1	430,9	496,9	3,2
Espírito Santo	46,7	47,8	58,0	60,1	64,4	64,0	68,8	3,6
Rio de Janeiro	162,0	160,2	161,9	170,8	168,3	151,8	132,3	5,6
São Paulo	2.567,2	2.661,0	2.817,6	2.951,8	3.084,8	3.284,7	3.505,1	1,1
Paraná	338,0	358,9	373,8	399,5	404,5	432,8	538,9	-1,2
Santa Catarina	16,9	17,4	16,7	16,5	16,7	17,2	17,7	-0,2
Rio G Sul	31,3	33,0	32,2	31,9	32,4	33,3	35,8	-0,9
Mato G. Sul	99,7	112,1	120,5	131,0	136,8	152,7	191,6	-0,4
Mato Grosso	166,5	176,7	196,7	206,8	206,0	202,2	219,2	-1,5
Goiás	129,9	145,1	164,9	176,3	196,6	232,6	278,0	0,5
Norte-nordeste	1.105,2	1.110,1	1.125,3	1.151,9	1.145,5	1.141,5	1.208,1	Na
Centro Sul	3.852,7	3.990,3	4.245,7	4.479,9	4.660,0	5.002,8	5.484,3	Na
Brasil	4.957,9	5.100,4	5.371,0	5.631,7	5.805,5	6.144,3	6.692,5	Na

1. Variação média da produtividade no período 2001-06, segundo a PAM.

Fonte: IBGE (Pesquisa Agrícola Municipal de 2001 a 2006, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola para o ano de 2007).

Identificar os demais usos da terra que cederam espaço para a expansão da cana-de-açúcar é uma tarefa delicada. Nassar *et al* (2008) dedicam-se a analisar a expansão da cana no período de 2002 a 2006, fazendo uso de três metodologias distintas: interpretação de imagens de satélite, análise de dados secundários do IBGE e pesquisa de campo. As três metodologias utilizadas indicam que a cana que a expansão da cana foi significativa, mas que essa expansão ocorreu essencialmente sobre áreas antropizadas, não tendo impacto direto no meio ambiente.

CONAB (2008b) realizou uma pesquisa junto aos agentes privados para traçar o perfil do setor sucroalcooleiro na safra de 2007/08. De uma expansão de 653 mil hectares, 423 mil hectares (65%) ocorreu sobre pastagens, 110 mil hectares (17%) sobre área de soja, 32 mil

hectares (5%) sobre milho, 31 mil hectares (5%) sobre laranja, 15 mil hectares (2%) sobre áreas novas e 40 (6%) sobre outras áreas.

Segundo Ichihara (2007), a valorização da terra tornou seu custo de oportunidade muito elevado, exigindo alta produtividade por hectare, que não seria o caso da bovinocultura. Os movimentos simultâneos de crescimento da área de cana-de-açúcar e a redução da área de pasto no estado de São Paulo evidenciariam tal hipótese.

O número de usinas em operação permite outra forma de analisar essa expansão. Anualmente, a UNICA reporta, em seu *website*, o *ranking* da produção das usinas para os estados do Centro-Sul. Nesse *ranking*, as usinas são classificadas de acordo com suas respectivas moagens de cana-de-açúcar, não importando o *mix* de produção. São reportadas apenas as usinas em operação (moagem de cana-de-açúcar positiva). O número de usinas e a respectiva dedicação entre as safras 2004/05 e 2007/08 são apresentados na Tabela 9. A classificação em dedicadas exclusivamente para açúcar ou etanol foi baseada nas produções de anuais desses produtos. Se uma usina teve produção positiva de etanol, mas não foi observada produção de açúcar, essa usina foi classificada como exclusiva para etanol. O oposto foi feito para as usinas dedicadas exclusivamente para a produção de açúcar. O número de usinas com produção mista pode ser calculado pela diferença entre usinas totais e a soma de usinas com dedicação exclusiva.

Tabela 9: Número e dedicação das usinas nas safras 2004/05 a 2007/08

Estado/ safra	Usinas Totais				Exclusiva Etanol				Exclusiva Açúcar				Moagem Média (10 ³ T)
	04/05	05/06	06/07	07/08	04/05	05/06	06/07	07/08	04/05	05/06	06/07	07/08	
ES	6	6	6	6	4	2	4	4	0	1	0	0	656
GO	12	14	15	19	5	5	7	11	0	0	0	0	1.109
MG	21	23	25	30	7	9	11	12	2	2	2	1	1.190
MS	9	10	10	11	4	4	4	4	0	0	0	0	1.351
MT	9	9	12	11	4	3	7	6	0	0	0	1	1.357
PR	27	27	27	29	9	7	8	10	0	1	0	0	1.392
RJ	8	8	8	7	1	4	1	2	1	1	1	0	547
RS	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	128
SP	137	142	152	167	21	28	27	40	6	4	5	4	1.774
Total	230	240	256	281	56	63	69	90	9	9	8	6	1468

Fonte: UNICA, elaboração do autor.

Como podemos observar na última linha da Tabela 9, o número total de usinas cresceu rapidamente no período, principalmente no último ano, quando o número total de usinas com

produção positiva aumentou 10% (25 novas usinas). São Paulo é o estado onde se observa a maior expansão em termos de número de usinas em operação entre o início e final do período. Goiás é o estado que registra o maior crescimento em termos percentuais, com uma expansão do número de usinas de 58% entre o primeiro e último ano da série. O Rio de Janeiro é o único estado em que o número de usinas em operação diminuiu.

Um padrão semelhante ocorre com o número de usinas dedicadas exclusivamente à produção de etanol. A variação percentual, no entanto, é maior entre as usinas dedicadas apenas a álcool. Vale observar que o grupo de usinas com dedicação exclusiva para etanol é composto de usinas efetivamente construídas para a produção exclusiva de etanol, usinas que deixaram de produzir açúcar e usinas que, embora pretendam produzir açúcar, ainda não atingiram escala suficiente para a produção simultânea de açúcar e álcool. A proporção de usinas dedicadas exclusivamente à produção de etanol é maior entre as usinas menores. Tomando a safra 2007/08 como exemplo, percebemos que, das 50 usinas com capacidade de moagem menor que 500 mil toneladas ano, 35 (70%) são dedicadas unicamente à produção de etanol.

O número de usinas dedicadas exclusivamente à produção de açúcar apresenta um padrão diferente. Embora bastante reduzido no começo do período, o número total de usinas que não produzem álcool diminuiu ao longo do período para o Centro-Sul. O mesmo padrão é observado para os estados individualmente, exceto Mato Grosso, que passa a registrar uma única usina nessa categoria no último ano da série. Essa ocorrência, no entanto, não pode ser diretamente associada a uma estratégia deliberada do estado ou da unidade em questão.³⁰ A redução no número de usinas dedicadas exclusivamente à produção de açúcar também não implica menor produção de açúcar (Tabela 6).

O tamanho médio das usinas, medido pela capacidade de moagem, varia consideravelmente entre os estados. No Rio de Janeiro, por exemplo, a moagem média de uma usina é de 571 mil toneladas por ano. Nos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná, a moagem média de uma usina fica entre 1,1 e 1,4 milhões de toneladas. No estado de

³⁰ A unidade Jaciara foi registrada nas estatísticas da UNICA pela primeira vez na safra 2005/06, com uma moagem de 790 milhões de toneladas de cana e produção de etanol de 20 milhões de litros de etanol. Na safra seguinte, ela manteve a mesma produção de etanol enquanto sua moagem aumentou para 817 milhões de toneladas. Na última safra, quando não foi registrada produção de etanol, a moagem total reduziu para 711 milhões de toneladas.

São Paulo, a moagem média fica por volta de 1,8 milhões de toneladas, chegando a 7 milhões de toneladas na tradicional usina Da Barra, no interior do estado.

2.2.5. Tendências de médio e longo prazo

Esta seção tem como objetivo apresentar as principais tendências de médio e longo prazo para o setor. Dessa maneira, serão apresentadas as prováveis mudanças (choques) testadas nas simulações do capítulo 5, objetivo último desta dissertação.

A revisão histórica dos capítulos anteriores indica-nos que a expansão da cana-de-açúcar estará condicionada à formação de um mercado capaz de absorver sua produção. Apesar de existir a possibilidade do surgimento de novos produtos de cana-de-açúcar, tais como produtos da alcoolquímica e geração de eletricidade por meio da co-geração, esses novos produtos deverão manter papel secundário no setor sucroalcooleiro no curto e médio prazo. Os principais produtos da cana deverão continuar sendo o açúcar e o álcool. Seus mercados não poderão ser outros senão o mercado doméstico e exportações.

A Tabela 10 reporta os resultados dos principais estudos que tratam especificamente da projeção de produção, consumo e exportação de açúcar e álcool. Entre os estudos selecionados, estão as duas principais referências internacionais em projeções agrícolas de longo prazo: FAPRI e *Organisation for Economic Cooperation and Development* - OECD *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO (OECD/FAO, 2007). Foram também reportados os resultados das projeções da Assessoria de Gestão Estratégica (AGE), ligada ao MAPA; e da Empresa de Planejamento Energético (EPE), ligada ao Ministério de Minas e Energia.

Tabela 10: Projeções selecionadas para 2015

Estudo	Etanol (10 ⁶ m ³)						Açúcar (10 ⁶ t)					
	Consumo interno			Exportação			Consumo interno			Exportação		
	2007	2015	Δ%	2007	2015	Δ%	2007	2015	Δ%	2007	2015	Δ%
FAPRI	16,1	23,1	43,5	3,3	10,1	205,2	11,4	13,6	19,0	20,6	25,2	22,1
OCDE/ FAO	-	31,7	96,3	-	8,8	168,6	-	14,1	23,3	-	27,3	32,3
AGE	-	28,4	75,9	-	8,8	168,6	-	13,3	16,3	-	29,1	41,0
EPE	-	25,9	60,4	-	13,4	308,9	-	21,3	86,3	-	24,7	19,7

Nota: Para o estudo OECD/FAO, foram reportados valores do ano de 2017. O cálculo da variação percentual foi feito em relação aos valores do estudo FAPRI no ano de 2006.

Fonte: FAPRI, OECD/FAO, AGE, EPE.

Segundo o “*FAPRI 2008 U.S. and World Agricultural Outlook*”, uma forte resposta da oferta mundial de etanol em 2007/08 pressiona seus preços para baixo (mesmo com os altos preços do petróleo). As novas metas de consumo de RFS pressionam a demanda norte-americana, que passa, a partir de 2012, a recorrer com maior intensidade ao mercado internacional, revertendo a tendência de queda de preços. Após relativa estabilidade até 2012, as importações líquidas norte-americanas saltam de 1,5 para 4,5 e 7,2 bilhões de litros em 2012, 2015 e 2017, respectivamente. Os fluxos comerciais líquidos globais de etanol crescem 235% nos próximos dez anos, chegando a quase 14 bilhões de litros em 2017.

Grande parte desse aumento das exportações líquidas é suprida pelo Brasil, que mantém seu posto de maior exportador líquido de etanol³¹. As exportações líquidas brasileiras alcançam o patamar de 10,0 e 13,6 bilhões de litros em 2015 e 2017, respectivamente. Já o consumo interno de etanol no Brasil cresce 9 bilhões de litros, chegando a 25,3 bilhões em 2017.

Para o açúcar, o cenário FAPRI é de recuperação de preços na safra 2007/08, mantendo esse nível nos próximos dez anos. A demanda global de açúcar cresce 24,8%, e a produção, 15,5%, sendo assim observada significativa redução de estoques. O crescimento previsto para o comércio global é de 17,7% entre as safras 2007/08 e 2017/18. O Brasil continua sendo o maior exportador líquido de açúcar, com exportações líquidas de 24,6 milhões de toneladas em 2015/16 e 26,5 milhões de toneladas em 2017/18.

³¹ De acordo com as previsões do FAPRI, o Brasil seria responsável por 99% das exportações líquidas de etanol em 2017.

Impulsionada principalmente pela expansão da produção de etanol no cenário FAPRI, a produção de cana-de-açúcar ultrapassa 500 milhões de toneladas em 2010/11, chegando a 629 milhões em 2015/16 e beira os 700 milhões de toneladas em 2017/18. O aumento da produção é fruto de ganhos de produtividade, que aumenta em 10% no período projetado, e também de expansão da área cultivada, que cresce 33%, chegando a 8,6 milhões de hectares em 2017/18.

No cenário OECD/FAO, os preços internacionais do etanol elevam-se nas safras 2007/08 e 2008/09, quando atingem seu ponto máximo, declinando lentamente até o final do período (2017/18). Já os preços do açúcar enfrentam duas sucessivas baixas em 2007/08 e 2008/09, seguidos de uma recuperação de preços até estabilizarem-se em patamares mais altos em 2012/13.

Enquanto o consumo mundial de açúcar acompanha o crescimento populacional, a uma taxa vegetativa de 1,6% ao ano, o consumo de etanol cresce 5,1% ao ano nos próximos 10 anos. Os EUA continuam sendo os maiores produtores mundiais de etanol (produção de 52,4 bilhões de litros em 2017), mas seu déficit em exportações líquidas aumenta de uma média de 1,3 bilhões de litros (2005/07) para mais de 5 bilhões de litros em 2017. As exportações globais de açúcar crescem a uma taxa superior à do consumo (2,0%), num processo de realocação da produção.

O Brasil novamente destaca-se como produtor e exportador de açúcar e álcool. Em 2017, o Brasil é responsável por 85% e 45% das exportações mundiais de etanol e açúcar, respectivamente. Nesse ano, as exportações de açúcar atingem 27 milhões de toneladas, enquanto as de álcool aproximam-se de 9 bilhões de litros. As projeções da OECD/FAO encontram os valores mais altos para o consumo nacional de etanol entre os estudos reportados, chegando a quase 31,7 bilhões de litros em 2017. O consumo nacional de açúcar chega a 14 milhões de toneladas em 2017, fruto do crescimento da população residente e do consumo *per capita*.

O forte crescimento da produção de etanol faz a parcela de cana-de-açúcar destinada à produção desse combustível aumentar de 50% no começo do período para quase 60% nos últimos anos do estudo. Essa expansão do etanol não restringe o crescimento da produção (exportação) de açúcar pelo aumento da produção da matéria-prima. Mesmo com os avanços

tecnológicos no aproveitamento da cana-de-açúcar, a produção total de cana cresce mais de 120%, ultrapassando 520 milhões de toneladas em 2016.

As projeções elaboradas pela AGE corroboram as projeções do FAPRI e OECD/FAO, apresentando valores não muito diferentes. Esse fato é bastante compreensível, uma vez que a própria AGE se baseia nas previsões desses institutos³² para realizar suas projeções. A principal diferença ocorre nas projeções de exportações de açúcar, tendo a AGE o valor mais alto entre todas as projeções aqui reportadas.

A projeção de produção de etanol da EPE foi baseada na expansão de área cultivada de cana-de-açúcar, ganhos de produtividade na fase agrícola e em avanços na produção de biomassa celulósica e na participação do etanol no consumo de cana de açúcar.

A EPE apresenta o cenário de exportações de etanol mais otimista. A hipótese assumida no estudo é que todo excesso de produção nacional será automaticamente absorvido pelo mercado internacional, dadas as vantagens comparativas brasileiras e o progresso tecnológico, mantendo as vantagens comparativas dinâmicas. Os valores de produção e exportação de açúcar foram retirados das previsões do FAPRI de 2006.

É possível observar uma convergência de resultados dos estudos acima citados, principalmente no que diz respeito à produção brasileira de açúcar e álcool:

- O mercado de etanol apresenta crescimento significativo em todos os estudos;
- O crescimento da produção de álcool é significativamente maior que a do açúcar, fazendo que uma parcela cada vez maior da produção de cana-de-açúcar destine-se à produção de etanol;
- No mercado de etanol, o crescimento esperado do consumo interno é maior em valor que o crescimento das exportações enquanto estas apresentam crescimento percentual maior;
- No mercado de açúcar, o crescimento do consumo interno é vegetativo, sendo significativamente inferior em variações absolutas, enquanto o crescimento percentual é semelhante.

³² Além do FAPRI e OCDE/FAO, a AGE considera as previsões do USDA e IFPRI.

Existem poucos estudos que projetam o padrão espacial de expansão da cana-de-açúcar no Brasil. Analisando as regiões tradicionais de Ribeirão Preto, Santa Elisa e São Martinho, Vian (2003) avalia que não haveria mais espaço para a expansão exponencial do cultivo da cana, de modo que o crescimento deveria acontecer em municípios mais distantes e mais ao norte, próximos à divisa de Minas Gerais.

Para Goldenberg *et al* (2007), as regiões que melhor combinam as três variáveis mais importantes para a expansão da cultura de cana-de-açúcar³³ e têm melhores perspectivas em termos de evolução de logística no curto prazo seriam: Triângulo Mineiro, Noroeste de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás, e norte do Espírito Santo. No médio prazo, o oeste baiano, o sul do Maranhão e sul do Tocantins poderiam apresentar condições favoráveis. A valorização das terras (valorização de 113% em média entre 2001 e 2006, segundo os autores) é o principal argumento que explicaria o deslocamento de novos investimentos para fora das áreas tradicionais. O estudo chama atenção para áreas onde o déficit hídrico é muito alto (mais de 5 meses no ano com precipitação próxima de zero), de modo que os agricultores teriam o *trade-off* entre terras mais baratas e maior custo de irrigação.

Um diagnóstico semelhante é feito por Ichihara (2007). Segundo o autor, a expansão da cana-de-açúcar no estado de São Paulo dar-se-á perto das novas usinas, principalmente sobre as áreas dedicadas à bovinocultura e onde a infra-estrutura for mais favorável.

De acordo com CONAB (2008b, p. 73):

Com condições ambientais e climáticas mais favoráveis, além de dispor de maior variedade e qualidade de material genético para suas lavouras não é de surpreender que 92% das novas áreas de produção e que a maior parte das novas unidades de produção esteja atualmente se instalando nos estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás, sem previsão de que a direção deste movimento se modifique num futuro previsível.

A Figura 2 mostra o resultado de uma pesquisa realizada pelo ICONE e Agroconsult sobre a espacialização das usinas nos estados de Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Tocantins. A região foi escolhida por apresentar maior potencial de mudanças nos próximos anos. As usinas construídas estão em preto, as em implantação, em azul e as em estudo, em rosa. Percebe-se certa ordem na direção das usinas.

³³ Ver seção 2.2.

As usinas em implementação situam-se fora das áreas tradicionais, mas não se distanciam muito das usinas que já estão em operação. As em estudo posicionam-se em regiões ainda menos tradicionais, mas raramente posicionam-se em regiões muito distantes das usinas em implantação ou em operação.

Figura 2: Localização das usinas construídas, em implantação e em estudo (estados selecionados)

Fonte: UNICA, ICONE e Agroconsult

Moraes (2007) ressalta que duas mudanças institucionais deverão mudar o perfil do emprego do setor. A primeira é a antecipação da eliminação da queima dos canaviais no estado de São Paulo (Protocolo Ambiental), e a outra é o cumprimento das normas regulamentadoras do mercado de trabalho agrícola no Brasil. Ambas as medidas direcionam para intensificação na mecanização da colheita de cana-de-açúcar. Entretanto, embora tendam a melhorar as condições de trabalho no setor canavieiro, essas medidas deverão reduzir a demanda por empregos.

Para Ramos (2007b, p.69),

[...] a mecanização integral da colheita é um caminho sem volta, dadas as suas vantagens econômicas e ambientais, as quais tornar-se-ão mais evidentes e aproveitáveis nos próximos anos, o que está associado às inovações técnicas e às pressões legais e sociais em curso, principalmente no Estado de São Paulo, mas que deverão generalizar-se no País.

O impacto dessa medida sobre o emprego dependerá da expansão do setor. A Tabela 11 apresenta as estimativas da UNICA (2007) para o futuro do emprego no setor sucroenergético, dados os avanços tecnológicos e maior participação da mecanização na colheita da cana-de-açúcar. Podemos ver na tabela que, embora a produção de cana-de-açúcar

aumente significativamente no período, o número de empregos diminui, principalmente pela redução de empregos gerados na colheita manual.

Tabela 11: estimativa de emprego nos setores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool no estado de São Paulo

Variáveis/ Anos	2006/07	2010/11	2015/16	2020/21
Produção cana-de-açúcar (milhões t)	299	370	457	544
Área colheita mecânica	40%	70%	100%	100%
Número de empregos (mil emp.)				
Colheita manual	189,6	107	0	0
Colheita mecânica	15,5	30,8	59,5	70,8
Indústria	55,3	62,6	68,3	75,3
Total (mil emp.)	260,4	201	127,8	146,1

Fonte: UNICA

3. DETERMINANTES DA LOCALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO NACIONAL DE ÁLCOOL

A revisão histórica feita no capítulo 2 repassa a evolução dos quase 500 anos do complexo sucroenergético brasileiro. Nos capítulos 4 e 5, é feita uma análise prospectiva de essência quantitativa. Com base na revisão do capítulo anterior, este tem como objetivo sintetizar os principais fatores determinantes da localização da indústria sucroalcooleira (particularmente das usinas de açúcar e álcool), sendo conexão entre a análise retrospectiva histórica (capítulo 2) e prospectiva quantitativa (capítulos 4 e 5).

3.1. Referencial

Como vimos na seção 2, parte dos fatores determinantes da localização da indústria sucroalcooleira é imposta pela natureza, mas outra parte foi criada ao longo do tempo. Sabemos, ainda, que fatores estáticos podem influenciar os dinâmicos, assim como os dinâmicos, muitas, vezes adaptam os padrões de produção³⁴, modificando a percepção dos fatores estáticos. Assim, fatores dinâmicos e estáticos foram separados nos dois próximos tópicos apenas para tornar sua apresentação mais didática.

3.1.1. Fatores estáticos

A cadeia produtiva do álcool depende da movimentação de grandes volumes tanto de insumos como de produtos finais. A localização das usinas de açúcar e álcool é, assim, determinante para que elas mantenham custos compatíveis com a competitividade do mercado. Este tópico tem por objetivo identificar os fatores estáticos que determinaram a localização das usinas de cana-de-açúcar. Mais especificamente, pretende-se demonstrar que as usinas posicionaram-se próximas à origem dos suprimentos (basicamente terrenos propícios ao cultivo de cana-de-açúcar), onde a rentabilidade é maximizada e onde a infra-estrutura permite acesso aos mercados consumidores, sejam eles nacionais ou externos.

Vian *et al* (2007) enfatizam que, no caso do complexo agro-industrial da cana-de-açúcar, as principais variáveis que afetam a competitividade do setor, e conseqüente oferta de produtos,

³⁴ Via mudanças tecnológicas, por exemplo.

seriam a disponibilidade de terras, a topografia para mecanização, as condições de armazenagem e distribuição de produtos, a oferta de mão-de-obra e sua qualificação.

Para Goldenberg *et al* (2007), a expansão da cultura de cana-de-açúcar obedece essencialmente a três fatores: qualidade do solo, regime de chuvas e logística. Conforme o estudo, a cana-de-açúcar não é muito exigente em termos de qualidade de solos, adaptando-se de maneira razoável em solos de fertilidade média. Em áreas onde o regime de chuvas não é favorável, os custos de irrigação podem elevar consideravelmente os custos totais de produção e impedir o cultivo.

Segundo Ichihara (2007 p. 107), que faz uma análise específica do Estado de São Paulo:

Embora sejam também apontadas outras regiões do país como aptas ou até melhores em razão do clima, potencial de mecanização e menor valor da terra, ainda assim, a preferência pela implantação de unidades dentro do estado de São Paulo e seus arredores ocorre devido à infraestrutura já instalada, às vias de escoamento para a exportação e a proximidade, tanto com o mercado de insumos como com o mercado consumidor.

O Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial, sediado na Esalq (ESALQ-LOG), calcula e divulga (através de seu *web-site* e do anuário Sifreca) valores de fretes de diversos produtos agrícolas, inclusive transporte de cana crua (colheita mecanizada) e queimada (colheita manual) para o estado de São Paulo. As tabelas 12 e 13 mostram os custos totais de transporte calculados pela ESALQ-LOG para o estado de São Paulo no período de 27/10/2007 a 23/11/2007. A título de ilustração, foi inserida uma terceira coluna em que, por simples multiplicação, é calculado o custo de transporte de cana-de-açúcar em uma usina de São Paulo com capacidade de moagem de 1,6 milhões de toneladas por ano.

Tabela 12: Custo de carregamento e transporte de cana-de-açúcar crua (granel), Período de 27/10/2007 a 23/11/2007

Distância	R\$ / ton	R\$ / ton / km	Custo de transporte de 1, 6 mi. ton	Variação % do Custo
SP [9 km]	3,20	0,3556	5.120.000	-
SP [24 km]	5,24	0,2183	8.384.000	64%
SP [36 km]	6,97	0,1936	11.152.000	34%
SP [39 km]	7,39	0,1895	11.824.000	6%
SP [51 km]	9,28	0,1820	14.848.000	25,5%

Fonte: Esalq-log, cálculos do autor

Tabela 13: Custo de carregamento e transporte de cana-de-açúcar queimada (granel) no período entre 27/10/2007 e 23/11/2007

Distância	R\$ / ton	R\$ / ton / km	Custo de transporte de 1, 6 mi. ton	Variação % do Custo
SP [9 km]	3,20	0,3556	5.120.000	-
SP [24 km]	5,24	0,2183	8.384.000	64%
SP [36 km]	6,97	0,1936	11.152.000	34%
SP [39 km]	7,39	0,1895	11.824.000	6%
SP [51 km]	9,28	0,1820	14.848.000	25,5%

Fonte: Esalq-log, cálculos do autor

Como pode ser observado, o custo do frete varia consideravelmente dependendo da distância. No caso do transporte de cana crua, o custo total de transporte varia de R\$ 3,2 por tonelada, quando a distância entre a usina e o canavial é de 9 km, a R\$ 9,28 por tonelada quando a distância média é de 51 km, variando o custo em quase 3 vezes. A mesma tendência é observada no caso da cana queimada.

O Quadro 1 apresenta um exercício simples, com objetivo ilustrar a competição por terra nas proximidades de uma usina e a tomada de decisão de um investidor.

Quadro 1: Exercício ilustrativo do custo de transporte de cana:

Baseado nos valores de frete de cana crua acima mencionados e uma usina imaginária com capacidade de moagem de 1,6 milhões de toneladas por ano, admite-se que a produtividade média da região da usina imaginária seja de 80 toneladas de cana-de-açúcar por hectare (aproximadamente a média do estado de São Paulo). Suponhamos a tomada de decisão de um empresário para escolher o local onde colher (e plantar) metade de sua capacidade de moagem anual - 800 mil toneladas. Para tanto, ele precisa plantar 10 mil hectares de cana-de-açúcar. Com base apenas na diferença dos custos de transportes, e mantendo todas as demais variáveis constantes, o empresário estaria disposto a pagar, por exemplo, R\$ 1.384 milhões para ficar com o terreno que está a 24 km em vez do que está a 36 km, 336 mil reais para ficar com o que está a 36 km em vez do terreno mais distante, de modo que esse pagamento a mais seja compensado pela redução do custo de transporte. A Tabela 14 mostra o custo de oportunidade de terrenos idênticos a diferentes distâncias convertido em reais por hectare calculado pelo diferencial de frete. Nas linhas e colunas, estão as diferentes distâncias e, nas células, o custo de oportunidade entre elas. O custo de oportunidade é igual a zero em terrenos com mesma distância da usina de modo que os elementos da diagonal têm valor nulo. Como verificamos, o empresário estaria disposto a pagar de R\$ 33,6 a 486,4 a mais pelo arrendamento da terra dependendo de sua distância até a usina. Para ter uma noção de grandeza, o maior “*spread*” de distância é mais alto que o valor médio de arrendamento da soja (hoje por volta de R\$ 400).

Tabela 14: Custo de oportunidade (em termos de custo logístico) do transporte de cana em diferentes distâncias (R\$ por ha)

Distância	SP [9 km]	SP [24 km]	SP [36 km]	SP [39 km]	SP [51 km]
SP [9 km]	0	-	-	-	-
SP [24 km]	163	0	-	-	-
SP [36 km]	302	138.4	0	-	-
SP [39 km]	335	172	33.6	0	-
SP [51 km]	486.4	323.2	184.8	151.2	0

Fonte ESALQ-LOG, cálculos do autor

Esse exemplo é bastante simples e oculta diversas variáveis relevantes; tais como disponibilidade de terras, estrutura de contratos, custos de plantio, rigidez do plantio da cana (uma vez plantada, pode ser colhida por até sete anos sem replantio), homogeneidade de produtividade; mas explicita que:

- O transporte da cana pode ser visto como uma deseconomia de escala, limitando o tamanho da usina;
- Uma vez instalada a usina, seu custo variável irá se alterar consideravelmente dependendo de sua distância ao canavial;

- Antevendo isso, o investidor buscará sempre instalar sua usina em locais que minimizem esse custo.

Além do transporte dos insumos, o transporte de produtos da cana-de-açúcar influencia na localização das usinas. Quando se trata do transporte de combustíveis, e de etanol em particular, deve-se considerar diversas variáveis, tais como custo monetário, saúde e segurança humana e animal e medidas de prevenção de acidentes ambientais. Todas elas condicionadas às restrições geográficas e de relevo, a concentrações/dispersão de demanda e oferta e o potencial de aproveitamento da infra-estrutura disponível. Para Galhardo (2007), a característica do mercado de etanol, marcado por alto volume e pequenas margens entre receitas e custos, torna a variável custo de logística ainda mais importante.

Na Figura 3, é apresentada o Modelo Conceitual de Matriz de Transportes de Transferências proposta em Figueiredo (2007). O modelo indica os modais mais adequados para o transporte de combustíveis, segundo a distância e o volume transportado. O eixo das abscissas mostra a distância entre os pontos de partida e entrega, o eixo das ordenadas indica o volume (e frequência) de transporte daquela rota.

Figura 3: Modelo Conceitual de Matriz de Transportes de Transferências
Fonte: Figueiredo (2007)

Pelo modelo, no transporte de combustíveis em longas distâncias e grandes quantidades, devem-se priorizar os modais dutoviário, ferroviário e de cabotagem, por apresentarem significativas economias de escala. Quando os fluxos têm baixo volume e pequenas distâncias, a pulverização dos locais de coleta/ entrega justifica a preferência pelo modal rodoviário. O quadrante superior à esquerda indica que, em distâncias curtas, mas com alto

volume, os investimentos em estrutura física (ferrovias e dutos) são recompensados pela redução de custo. Já o quadrante inferior à direita indica que o investimento em dutos somente deve ser considerado se houver um volume mínimo.

Quando da implantação da segunda fase do Proálcool, já se sabia da eficiência relativa do uso de transportes alternativos ao rodoviário para o transporte de combustíveis em longas distâncias. Souza (2006) destaca que o CENAL aprovou, por meio da resolução 6/80, que o álcool deveria ser transportado pelo mesmo sistema que a gasolina e que a ordem de prioridade nos modais de transporte deveria ser: dutos, cabotagem, ferrovias e rodovias.

A título ilustrativo, foram reportados na Tabela 15 alguns indicadores do custo de frete de etanol. Foram selecionados de municípios listados na tabela valores de frete a serem deduzidos em contratos futuros de venda de álcool anidro referentes ao mês de janeiro de 2008. A coluna que indica o percentual do valor à vista foi calculada tendo como base o valor médio de venda de etanol anidro no mesmo mês, divulgado pelo CEPEA. A distância refere-se à distância reta entre os municípios de formação do lote e o local de destino.

O valor descontado varia consideravelmente dependendo da distância percorrida. Em Araras, município do estado de São Paulo, onde a distância é de 51 km até Paulínia, o valor do frete é R\$ 16,6 por metro cúbico, ou 2% do valor da venda. Já no caso de uma operação de exportação, quando a distância aumenta para 208 km, o valor a ser descontado aumenta para R\$ 36,9 por metro cúbico, representando quase 5% do valor de venda do etanol. Em casos mais extremos, como o de uma operação de exportação de Maracaju (Mato Grosso do Sul), o valor do frete chega a custar mais de 11,3% da receita total.

Tabela 15: Indicadores de custo de frete rodoviário para o etanol.

Local de Formação do Lote		Frete para Mercado Interno (Paulínia)			Frete par Mercado Externo (Santos)		
Município	UF	R\$/ m ³	% do valor à vista	Distância (km)	R\$/ m ³	% do valor à vista	Distância (km)
Adamantina	SP	60.3	7,7%	421	77,91	9,9%	547
Araçatuba	SP	54.6	6,9%	380	73,58	9,4%	520
Araras	SP	16.6	2,1%	51	36,9	4,7%	208
Conceição Alagoas	MG	52.2	6,6%	341	72,23	9,2%	497
Iturama	MG	66.8	8,5%	462	-	-	616
Delta	MG	-	-	316	67,55	8,6%	467
Engenheiro Beltrão	PR	80.1	10,2%	535	89,06	11,3%	603
Maracaju	MS	-	-	835	125,93	13,6%	942

Fonte: BM&F, CEPEA, cálculos do autor.

3.1.2. Fatores dinâmicos

Além de fatores naturais, a própria indústria sucroalcooleira gera externalidades locais que atraem ou repelem novos investimentos. Por um lado, a proximidade entre usinas aumenta a concorrência por insumos, aumentando seus custos. Por outro lado, a concentração industrial possibilita a formação de *clusters* e a redução de custos de transação.

Em mercados em que as produções agrícola e industrial não são integradas, a instalação de uma nova unidade industrial desloca a demanda por cana-de-açúcar, que, dada uma quantidade limitada de terras disponíveis, ameaça o abastecimento das usinas e tende a inflacionar o preço da cana-de-açúcar. Dados os altos custos fixos da planta industrial, raramente os investimentos são feitos sem que antes se garanta o suprimento de insumos, o que geralmente implica a conversão de terras (por meio de contratos de suprimento, arrendamento ou integração para frente das usinas) de outras atividades para a produção de cana-de-açúcar. Naturalmente, as primeiras terras a serem convertidas são aquelas onde a composição de produtividade e custo de oportunidade da terra seja mais favorável. Dessa forma, na medida em que a entrada de novas usinas se expande, a probabilidade de encontrar terras em condições mais favoráveis diminui, e os novos investimentos são direcionados para novas áreas.

Porter (2007) enfatiza a importância dos *clusters* no desenvolvimento de um ambiente de concorrência. Dentre os pontos positivos do ambiente de concorrência, estão a existência de fornecedores de produtos e serviços mundialmente competitivos e o desenvolvimento de infra-estrutura. Os *clusters* seriam ainda determinantes na formação de instituições formais tais como universidades, cursos profissionalizantes, *think tanks*, centros de excelência em pesquisa e associações comerciais, gerando pesquisa, informação e apoio técnico.

Embora de reconhecida importância, as instituições formais citadas são apenas a parte mais visível das externalidades geradas pela aglomeração da indústria. A Economia dos Custos de Transação (ECT), enfoque de estudo da corrente econômica conhecida como Nova Economia Institucional (NEI), tem demonstrado grande capacidade em explicar desempenhos diferenciados de indústrias semelhantes, dependendo do ambiente institucional no qual estão inseridos³⁵.

Williamson (1985) define os pressupostos comportamentais de Oportunismo³⁶ e Racionalidade Limitada na gênese dos custos de transação. Zylbersztajn (1995) ressalta que o pressuposto de Oportunismo não implica que todos os indivíduos agem de maneira oportunista, mas que a possibilidade de algum indivíduo agir dessa maneira implica a necessidade de monitoramentos dos contratos, por meio da introdução de mecanismos de controle. A elaboração de salvaguardas *ex-ante*, como a adoção de medidas para amenizar problemas *ex-post* não ocorre a custo zero, originando custos de transação.³⁷

Farina *et al* (1999) propõem a mensuração dos custos de transação de acordo com três atributos: especificidade de ativos, incerteza e frequência. A especificidade do ativo mede o custo incorrido para sua recolocação no mercado, caso a ocorrência de algum evento impeça sua utilização na atividade à qual ele foi destinado. As especificidades dos ativos podem ser classificadas como: locacionais, de ativos humanos, física, temporal (permissibilidade) e de ativos dedicados. A especificidade pode ser moderada (no caso de certas máquinas agrícolas adequadas para diversos tipos de lavouras), mas pode comportar grande parte do valor de um

³⁵ A apresentação dessa vertente teórica foge ao escopo desta dissertação, sendo abordadas apenas suas principais implicações para o tema aqui proposto. Para mais esclarecimentos, aconselhamos a leitura dos trabalhos de Oliver Williamson, Douglass North e Ronald Coase, entre outros.

³⁶ É importante diferenciar o oportunismo e auto-interesse, uma vez que o ele pode ser buscado de maneira não-oportunista (Zylbersztajn, 1995).

³⁷ A ECT mantém que os contratos são, por natureza, incompletos (Riordam *et al*, 1985).

ativo (como uma usina de cana-de-açúcar, que depende da existência do suprimento de matéria-prima).

Para Farina *et al* (1999), existem três diferentes tipos de incerteza: o risco (equivalente ao conceito de variância), desconhecimento dos eventos futuros e informação incompleta ou assimétrica. O risco é a forma mais simples de incerteza, pois o indivíduo conhece suas características de forma a planejar as medidas adequadas caso o evento se realize. Os demais tipos de incerteza comprometem a capacidade de planejamento do indivíduo, restringindo sua capacidade de decisão e aumentando significativamente os custos de transação.

Para Azevedo (2000), a frequência reduz os custos de transação, pois: i) um número maior delas dilui os custos fixos da coleta de informações e ii) o custo de rompimento do contrato pode ser significativamente maior na medida em que a interrupção da transação implicaria a perda de ganhos futuros.

Segundo North (1994), as instituições são o conjunto de regras formais, as restrições informais e seus mecanismos de imposição (*enforcement*). Ao estabelecer as “regras do jogo”, as instituições possibilitam aos indivíduos identificar as possíveis ações dos demais atores do jogo social. Dessa forma, o indivíduo restabelece sua capacidade de planejamento e decisão (inclusive na ocorrência de eventos inesperados), reduzindo os custos de transação.

Para Alves (1998), pode-se observar, historicamente, no mercado de cana-de-açúcar, a busca de relacionamentos de fornecimento de cana-de-açúcar com base no interesse comum e lealdade. O principal objetivo dessas relações seria o de garantir a competência no fornecimento de matéria-prima de qualidade, segundo um cronograma específico, gerando benefícios comuns ao demandante e ofertante de cana. Por outro lado, haveria uma tendência na terceirização de atividades, principalmente na área agrícola, buscando enxugamento das estruturas da agroindústria canavieira. A autora identificou a movimentação interna, manuseio de açúcar, preparo de solo e tratos culturais como principais objetos de terceirização. A agricultura de precisão seria outro ativo que a usina deseja ter à disposição, mas não adquirir.

Vimos nos parágrafos anteriores que a aglomeração de usinas pode reduzir os custos de transação e facilitar as vantagens dos *clusters* indicadas por Porter (2000), mas que esses benefícios viriam à custa de maior competição por insumos de produção. No entanto, essa

análise aplica-se apenas em casos onde os agentes tomam decisões isoladamente. Quando consideramos grupos empresariais com capacidade de investir em mais de uma usina simultaneamente, a coordenação de seus investimentos pode permitir-lhes usufruir dos benefícios da aglomeração sem incorrer em seus custos. Corroborando essa hipótese, Procana (2007) ressalta a tendência de instalação de usinas de um mesmo grupo empresarial em uma região geográfica limitada, o que, segundo o estudo, agiria como uma “demarcação de área de influência”.

3.1.3. Características regionais da produção de etanol

Como vimos, há grande convergência entre os autores de que as condições de solo e clima são determinantes para a localização do complexo sucroalcooleiro. Para determinar a alocação das usinas, é imperativo o mapeamento da aptidão do solo e clima para o cultivo da cana-de-açúcar. Estudos de aptidão de solo e clima de alta precisão são elaborados rotineiramente em qualquer estudo para implantação de uma usina. No entanto, tais estudos não são, de modo geral, disponibilizados ao público e são restritos à pequenas áreas de interesse do investidor. No âmbito governamental, a Embrapa é a principal fonte de estudos e informações e dedica-se (dentro do Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE) ao mapeamento do risco climático e aptidão de solos, cobrindo regiões mais amplas. No entanto, até a data da redação desta dissertação, tais dados ainda não haviam sido disponibilizados ao público.

O estudo realizado pelo Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da Unicamp (NIPE-UNICAMP, 2005) é o único estudo disponível que até a data da redação desta dissertação que havia analisado (com apoio da equipe técnica do Centro de Tecnologia Canavieira - CTC) a aptidão de solos e regimes de chuva para produção de cana-de-açúcar em regiões extensas no Brasil e disponibilizado o estudo ao público especializado. O cruzamento das condições de solo e clima gerou o mapeamento do potencial de produção agrícola da cana-de-açúcar com e sem irrigação. A Figura 4 mostra o potencial sem irrigação.

Como sumarizado no estudo, as regiões do norte do Paraná, centro-oeste e noroeste de São Paulo, Triângulo Mineiro, leste do Mato Grosso do Sul, sul de Goiás, e algumas faixas litorâneas desde o estado do Rio de Janeiro ao Maranhão foram identificadas como áreas de alto e médio potencial. As áreas do sul do Pará, norte de Goiás, leste do Mato Grosso, centro-oeste e noroeste de Minas Gerais e grande parte do estado do Tocantins foram consideradas

ter baixo potencial. Já as áreas do semi-árido nordestino foram classificadas como impróprias devido ao alto déficit hídrico.

Figura 4: Mapa potencial das áreas para produção de cana-de-açúcar sem irrigação

Fonte: CTC (2005), *apud* Nipe Unicamp (2005)

Para os fins deste trabalho, são necessários dados detalhados de aptidão agrícola para o cultivo da cana-de-açúcar. Na ausência de tais dados, foram utilizados dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), realizada anualmente pelo IBGE. Com base na PAM dos anos 2003 a 2006, foram calculadas as produtividades médias da cana-de-açúcar por município no período referenciado. Diferente da análise elaborada pelo projeto NIPE-UNICAMP (2005), esse mapeamento pode ser visto como um retrato do aproveitamento da terra efetivamente observado e não como o potencial de cada região. As duas abordagens poderiam gerar resultados diferentes por duas razões: locais com alto potencial poderiam ainda não ser explorados adequadamente, gerando baixo rendimento das terras; ou terras com baixo rendimento potencial poderiam ter custos muito baixos que seriam compensados com maiores investimentos em fertilizantes, adubos e outros, gerando rendimentos desproporcionais às terras boas, mas com baixo investimento. No entanto, a comparação do mapa produzido pelo

estudo da NIPE-UNICAMP (2005) e o mapa gerado com os dados da PAM não permitiu verificar diferenças significativas, indicando que, de modo geral, o uso de terras para produção de cana-de-açúcar obedece a certa racionalidade agrônômica.

Percebe-se na Figura 5 que as usinas de cana-de-açúcar estão localizadas próximas às áreas de alta produtividade. Tal fato deve-se, principalmente, ao elevado custo de frete no transporte de cana.

Figura 5: Produtividade revelada e localização das usinas de cana-de-açúcar do Centro-Sul (ton/ha)

Fonte: IBGE, cálculos e elaboração do autor

Infelizmente, com os dados da PAM, somente é possível calcular o rendimento em toneladas por hectare, não se considerando as diferenças de qualidade da cana-de-açúcar tais como a taxa de Açúcar Total Recuperável (ATR) por tonelada de cana. A quantidade de ATR por tonelada de cana-de-açúcar é a quantidade de matéria solúvel no caldo da cana que pode ser transformada em produtos finais (essencialmente açúcar e álcool), representando uma medida do rendimento industrial do caldo da cana. É vital para o produtor de açúcar e álcool ter uma

matéria prima com alta concentração de ART por tonelada de cana para evitar custos excessivamente altos, tanto na fase agrícola como na industrial. Para CONAB (2008b, p.46):

Assim, uma vez que o rendimento em ATR está, basicamente, associado aos fatores climáticos, a maior ou menor vocação regional para a lavoura de cana está automaticamente determinada e não pode ser modificada. Ou seja, regiões de clima temperado ou com excesso de umidade não são preferenciais para essa lavoura, pois não permitem uma alta concentração de ATR no caldo da cana.

A Tabela 16 reporta o rendimento em ATR por tonelada de cana-de-açúcar em regiões e estados selecionados. Como podemos ver, Goiás tem o melhor rendimento industrial, seguido de perto pelos estados de Minas Gerais e São Paulo. As regiões do Norte-Nordeste têm rendimentos geralmente inferiores aos observados nos estados do Centro-Sul. O rendimento torna-se particularmente baixo no estado do Amazonas.

Tabela 16: Rendimento de ATR por tonelada de cana-de-açúcar na safra 2007/08

Estado e Região	kg ATR / Ton cana
São Paulo	142,3
Paraná	137,9
Minas Gerais	143,4
Mato Grosso do Sul	138,7
Goiás	145,6
Mato Grosso	138,5
Rio de Janeiro	128,1
Espírito Santo	138,2
Centro-Sul	141,7
Alagoas	137,6
Pernambuco	133,2
Paraíba	122,9
R Grande do Norte	130,0
Bahia	131,2
Maranhão	137,9
Piauí	133,4
Sergipe	129,7
Ceará	117,4
Amazonas	105,0
Tocantins	130,0
Norte Nordeste	133,8
Brasil	140,7

Fonte: CONAB (2008b)

Vale ressaltar a importância da pesquisa de variedades para a rentabilidade da cana-de-açúcar. Além do desenvolvimento de material genético capaz de ter bons rendimentos em toneladas de cana-de-açúcar por hectare, e concentração de ATR por tonelada de cana a pesquisa nacional tem desenvolvido variedades mais resistentes a pragas, variações climáticas, com

características específicas de maturação e produção de folhas. Tais variedades tem papel muito importante na contenção de custos e otimização da produção agrícola da cana-de-açúcar. Segundo Burnquist e Landell (2005) existem quatro programas - Centro de Tecnologia Copersucar, Rede Interuniversitária de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e Canavialis - que cobrem as áreas de produção, com maior ênfase no Centro-Sul.

Pelo lado da demanda, pode-se assumir que o mercado interno de álcool é fortemente influenciado pelo número de habitantes, pela renda local e necessidade de transporte. Segundo dados do IBGE, a população brasileira em 2007 é de, aproximadamente, 184 milhões de habitantes, sendo as regiões Nordeste e Sudeste as mais populosas. É fato estilizado a presença de grandes disparidades regionais na distribuição da renda nacional, altamente concentrada nos estados do Sudeste e Sul, que têm rendas per capita e absoluta maiores que as demais regiões³⁸.

Para fins do estudo do mercado consumidor doméstico, o número de automóveis é uma boa aproximação do potencial de demanda³⁹ (representando a combinação de renda, população e necessidade de transporte). O Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) disponibiliza diversas estatísticas sobre o setor de transportes, dentre elas o número de automóveis emplacados por município. A Tabela 17 reporta os valores referentes ao número de automóveis emplacados em cada região em dezembro de 2006. Nas estatísticas do DENATRAN, constam 27,9 milhões de automóveis emplacados⁴⁰. As regiões Sul e Sudeste possuem 80% dos automóveis, sendo São Paulo responsável por 37%, seguido de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Os estados do Nordeste somados têm apenas a mesma representação do segundo maior estado do Sudeste (10,3%).

³⁸ Ver tabela em anexo para a distribuição da renda e população no Brasil.

³⁹ A demanda potencial de um automóvel depende também das condições de locais (relevo, trânsito etc.) e especificações de seu motor, variando conforme o tipo de combustível o motor foi desenhado (carro a álcool, gasolina ou *flex*) e sua potência.

⁴⁰ O DENATRAN divulga o número de veículos emplacados por município, sem deduzir a frota que estaria sucateada. Outro problema é que o número de carros emplacados não representa de forma perfeita o número de automóveis por município, pois ignora o fato de que diversos automóveis não circulam nos municípios onde foram emplacados.

Tabela 17: Número de automóveis emplacados e respectivo percentual em dezembro 2006

Estado / Região	Número de automóveis	Percentual
Região Norte	670 626	2,4%
Maranhão	150 507	0,5%
Piauí	120 519	0,4%
Ceará	481 337	1,7%
Rio G. Norte	228 548	0,8%
Paraíba	216 768	0,8%
Pernambuco	624 428	2,2%
Alagoas	146 056	0,5%
Sergipe	143 393	0,5%
Bahia	755 736	2,7%
Região Nordeste	2 867 292	10,3%
Minas Gerais	2 844 079	10,2%
Espírito Santo	458 609	1,6%
Rio de Janeiro	2 519 058	9,0%
São Paulo	10 340 008	37,1%
Região Sudeste	16 161 754	58,0%
Paraná	2 304 634	8,3%
Santa Catarina	1 450 976	5,2%
Rio G Sul	2 334 330	8,4%
Sul	6 089 940	21,9%
Mato G. Sul	324 042	1,2%
Mato Grosso	266 592	1,0%
Goiás	800 202	2,9%
Distrito federal	688 116	2,5%
Região Centro-Oeste	2 078 952	7,5%
Brasil	27 868 564	100,0%

Fonte: DENATRAN

Para abastecer o mercado local, o álcool passa pelas distribuidoras atacadistas antes de ser encaminhado aos postos varejistas. O mercado atacadista é composto por poucas empresas e, diante das exigências legais da Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP), seu número tem se reduzido nos últimos anos, em prol da fiscalização e tributação (ICHIHARA, 2007). Embora o principal objetivo seja o controle de qualidade e impedimento da sonegação de impostos, o limitado número de distribuidoras autorizadas e os dispersos pontos de distribuição levaram à observação do vulgarmente chamado “passeio do álcool” ou “turismo do álcool” (YOSHIZAKI *et al*, 1997). Nesse “passeio”, o álcool chega a percorrer duas vezes uma distância entre a usina e o mercado consumidor, implicando encarecimento dos custos de frete.

A ANP divulga, em seu *website*, a lista de distribuidoras autorizadas e a quantidade de bases de distribuição de combustíveis líquidos. Em novembro de 2007, havia 247 distribuidoras autorizadas registradas no Brasil, sendo 36% (89 distribuidoras) localizadas no estado de São Paulo e 16% (41 distribuidoras), no Paraná. A maior concentração de distribuidoras ocorria no município de Paulínia-SP (35 distribuidoras), principal ponto de distribuição e formação de preços para o mercado interno de álcool.

Com base na indicação geográfica do registro das distribuidoras da ANP, gerou-se a Figura 6, que representa a distância retilínea entre cada município e a distribuidora autorizada mais próxima. Na figura, estão reportados apenas os sete estados que serão selecionados para o estudo prospectivo. Os municípios mais próximos às distribuidoras estão em tons azuis, sendo os tons mais escuros os municípios mais próximos às distribuidoras; os mais distantes aparecem em vermelho. A existência de manchas azuis em todos os estados indica que existe, pelo menos, uma distribuidora em cada um. Percebe-se também que as distribuidoras procuraram se localizar perto dos principais centros consumidores, em particular perto das capitais dos estados. No entanto, a disposição das distribuidoras não é homogênea no território analisado. Nos estados de Paraná e São Paulo, observam-se as menores distâncias entre municípios e distribuidoras. As distâncias entre municípios e distribuidoras são maiores nas áreas ao norte dos estados de Mato Grosso, Tocantins e Minas Gerais.

Figura 6: Distância retilínea entre municípios e distribuidora mais próxima

Fonte: ANP, cálculos do autor

A revisão de literatura encontrou poucos estudos específicos que versassem sobre a logística de escoamento de etanol para exportação. Para obter informações mais precisas, foram feitas reuniões técnicas com especialistas da Transpetro e Esalq-log. Houve forte convergência para as seguintes informações: estima-se que o modal rodoviário represente 90% do transporte total de álcool para exportação, sendo apenas 2% transportado por dutos, e o restante, por trens. Uma operação de exportação na região Centro-Sul é geralmente feita por comboios de caminhões-tanque, que saem das usinas em direção aos portos. Uma vez nos portos, o combustível é depositado em reservatórios de grânéis líquidos em conformidade com exigências requeridas para o recebimento de produtos químicos. O produto é, então, acondicionado nos navios, e inicia-se a viagem para os países importadores.

Em levantamento feito junto ao portal Aliceweb do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (BRASIL, 2007c), verificou-se que os portos mais utilizados para o escoamento das exportações do Centro-Sul em 2006 foram os portos de Santos (SP) e Paranaguá (PR), escoando respectivamente 66% e 18% do total brasileiro. O estado de São Paulo (principal produtor nacional) foi também o principal exportador, escoando praticamente toda sua produção pelo porto de Santos.

As externalidades da indústria de cana-de-açúcar são evidentes, por exemplo, nas regiões de Ribeirão Preto, Sertãozinho e Piracicaba, onde há grande número de usinas, centros de pesquisa e empresas dedicadas à manutenção de equipamentos. Todavia, dada sua característica intangível e, muitas vezes, não intencional, a ocorrência de externalidades na indústria sucroalcooleira é um fator de difícil mensuração. Diversas medidas, tais como existência de escolas de agronomia, institutos de pesquisa tecnológica, empresas dedicadas a fornecer serviços e insumos correlatos à produção de álcool, poderiam ser indicadores da presença de externalidades, mas nenhuma seria realmente capaz de mensurar de forma perfeita sua existência, principalmente em suas faces menos evidentes, como fluxos de informação, disponibilidade de mão-de-obra treinada, entre outras. A concentração de diversas usinas em um espaço relativamente pequeno pode ser uma forma alternativa mais eficiente para identificação das externalidades.

A disputa por terras é outra variável determinante para a localização da indústria. Uma demanda elevada por terras deveria refletir no seu preço, encarecendo os custos de produção. Tal variável, no entanto, é bastante subjetiva e não foi possível (até o momento) encontrar uma fonte de informações confiável que estime o custo da terra para a região estudada⁴¹.

⁴¹ O Instituto de Economia Agrícola disponibiliza dados confiáveis, mas apenas para o estado de São Paulo. A FNP Consultoria & Comércio estima o valor da terra para a região estudada, mas o formato da publicação não permite comparação entre regiões ou municípios adequada a este estudo.

4. METODOLOGIA DE ESTUDO

4.1. Estudos relacionados

Dado o objetivo do trabalho, a revisão bibliográfica para esta seção buscou estudos quantitativos que tratassem da produção e área ocupada de álcool e outros produtos agrícolas de forma objetiva, mas que incorporassem adequadamente as especificidades locais.

Negri (2006) lista diversos estudos, elaborados pelo Instituto de Economia Agrícola no período 1962 a 1998, sobre a oferta agrícola no Brasil. Verificou-se, nessa revisão, que, de modo geral, os estudos procuraram estimar elasticidades (constantes) de oferta e de área plantada para produtos específicos, sob a abordagem de séries temporais. As elasticidades foram calculadas para regiões específicas ou para o Brasil como um todo. A ESALQ é uma fonte tradicionalmente rica de informações sobre o setor sucroalcooleiro. É possível encontrar diversos artigos e teses que estimam elasticidades de oferta e área, transmissão de preços do setor. Dentre as principais publicações, podem ser listadas: Barros *et al* (2002); Alves (2002); Costa (2000) Caruso (2002); Bacchi (2006); Satolo (2008), entre outros. O ponto comum entre elas foi a adoção de metodologia de estimação por séries temporais, sendo o mesmo método utilizado por Shikida *et al* (2007) ao estudarem a oferta de açúcar e álcool no estado do Paraná.

Os modelos de séries temporais têm a grande vantagem de permitir inferência e previsão com um número limitado de informações ao longo do tempo, sendo muitas vezes preferidos para projetar variáveis agregadas. Wu e Adams (2002) propõem índices de comparação do poder preditivo de modelos de resposta da área agrícola em diferentes níveis de agregação. Os modelos agregados apresentaram maior poder preditivo entre os oito testados, de acordo com os índices propostos. No entanto, os autores relevam que o maior poder preditivo vem ao custo de perda do poder explicativo dos parâmetros, além das limitações necessárias das agregações. O estudo releva que, ao estimar modelos agregados, teríamos o benefício de errar menos nas previsões agregadas, mas pouco poder-se-ia inferir sobre as relações que levaram aquele resultado. Considerando o objetivo deste estudo, o uso de modelos agregados seria inadequado uma vez que (por construção) não foram desenvolvidos para serem sensíveis às especificidades locais.

Figueiredo (2002) considera que as especificidades geográficas são relevantes para a resposta da produção. Para ele, a correlação entre municípios vizinhos também deveria ser considerada. De acordo com o autor, “a dependência espacial pode ser oriunda de erros de delimitação geográfica das unidades analisadas, de problemas de agregação ou, mais importante, de externalidades que afetam certas unidades [...]” (FIGUEIREDO, 2002, p. 55). A justificativa econômica para existência de dependência espacial é fundamentada na importância da difusão de informação, inovação induzida e pólos de crescimento. A tese encontrou evidências econométricas de dependência espacial por meio de testes sobre os parâmetros espaciais. O autor alerta que produtores em locais diferentes respondem de formas diversas às alterações de preços e de fatores e recomenda que tais diferenças sejam consideradas na elaboração de políticas agrícolas.

Elobeid e Tokgoz (2006) avaliam os impactos econômicos da remoção de políticas direcionadas ao etanol aplicadas pelos EUA. O estudo projeta três cenários de oferta, demanda e comércio de etanol, milho nos EUA e açúcar no Brasil. O período simulado vai de 2006 a 2015. No cenário de referência, considera-se que os EUA mantêm o *tax credit* (de US\$ 0,51 por galão), assim como a tarifa *ad-valorem* de 2,5% e o ODC fixo em US\$ 0,54 por galão. O segundo cenário remove apenas as barreiras comerciais (tarifas *ad-valorem* e fixa). O terceiro cenário remove simultaneamente as barreiras comerciais e o *tax credit*.

Para gerar as projeções, foi utilizado um desdobramento do modelo desenvolvido pelo *Center for Agricultural and Rural Development* (CARD), na universidade de Iowa. Trata-se de um modelo de equilíbrio parcial determinístico em que interagem diversos países e produtos.

Na modelagem da produção de etanol nos EUA, é feito uso de uma função de lucros de dois tipos de usinas de etanol existentes naquele país (*dry mill* e *wet mill*). A função de lucro expressa, em termos de retorno, por alqueire de milho é gerada a partir da condição de maximização de lucros, restrita à capacidade produtiva dos EUA. O retorno líquido por alqueire de milho em usinas de etanol (π^{NET}) depende da proporção dos *dry mill* e *wet mill*, dos preços dos insumos e subprodutos do etanol de milho. A produção de milho dos EUA foi representada pela função

$$Y^{us} = h(\pi^{NET}, P^{us}C)$$

em que PC é a capacidade instalada em milhões de galões, sendo a equação de expansão da capacidade produtiva

$$P^{us}C_t = P^{us}C_{t-1} \cdot (1 + g_t)$$

A letra g é a taxa de crescimento endógeno da capacidade, e t é o índice temporal. A taxa de crescimento endógeno no tempo t é definida como

$$k(\pi_{t-1}^{NET}, E(D_E)), \text{ se } \pi^{NET} > 35 \text{ centavos de dólares por alqueire,}$$

0 caso contrário.

A demanda (D_E) é definida pela demanda de etanol projetada pelos investidores, e os 35 centavos de dólar por alqueire é o ponto de inflexão em que se decide investir em capacidade produtiva⁴².

O modelo de produção para o Brasil é dividido em duas etapas. Na primeira, modela-se a decisão de plantar cana ou destinar a terra para outros usos. Na segunda, é modelada a decisão de produzir açúcar ou álcool.

A área colhida de cana-de-açúcar (A_t^{br}) é obtida pela derivação da equação de maximização de lucro dos produtores da cana

$$A_t^{br} = q(A_{t-1}^{br}, ps_t^{br}, pe_t^{br}, po_t^{br}),$$

em que o sobrescrito br indica o mercado brasileiro; ps indica o preço do açúcar; pe , o preço do etanol; e po , o preço das outras culturas que competem por terra com a cana. A produção total de cana é obtida multiplicando a área colhida pela produtividade projetada.

A proporção de cana destinada à produção de etanol (Sh_e) é obtida pela relação

$$Sh_e = r \left(\frac{pe_t^{br}}{ps_t^{br}} \right).$$

⁴² O valor crítico foi obtido em consultas junto ao setor privado.

A quantidade de cana-de-açúcar destinada à produção de etanol nada mais é que a multiplicação da cana total produzida pela proporção dedicada ao etanol. A quantidade de cana não transformada em álcool é destinada à produção de açúcar. Como podemos perceber, foram assumidas duas pressuposições simplificadoras: a produtividade é tratada como variável exógena, e toda a produção de cana-de-açúcar é destinada à produção de açúcar e etanol. A conversão de cana-de-açúcar em açúcar e etanol é realizada por meio de índices técnicos (fixos) de eficiência industrial.

A interpretação dos resultados foi feita com base na comparação dos valores médios dos resultados nos diferentes cenários. As simulações sugerem que a remoção das barreiras comerciais leva a uma redução do preço doméstico do etanol nos EUA em US\$ 0,27 (13,57%), resultando na diminuição da produção norte-americana em 7,2% em relação ao cenário de referência. A demanda doméstica e as importações desse país expandem em 3,6% e 199%, respectivamente. O impacto da retirada das barreiras comerciais sobre o preço interno do milho é de uma queda de 1,5%, enquanto sua produção é reduzida em 7%. O preço internacional do etanol (referência São Paulo) aumenta US\$ 0,30 (23,9%). A diferença entre o preço interno dos EUA e preço internacional passa a ser de 11 centavos de dólar, o que corresponde exatamente ao valor do frete de exportação. Com a retirada das barreiras comerciais, a importação de etanol brasileiro pelos países do Caribe (que têm acesso privilegiado ao mercado americano) desaparece.

A produção brasileira de etanol expande-se, em média, 9,1% em relação ao cenário de referência. Dado o aumento de preços, a demanda interna deixa de crescer 3.3%. As exportações líquidas aumentam 199%.

Ao considerar o Brasil como um todo, o modelo não utilizou as informações de respostas diferentes nas diferentes regiões, que apresentam características distintas no que diz respeito a variáveis importantes como produtividade, aptidão agrícola (toneladas de cana por hectare e ATR por tonelada de cana), restrições legais à produção de cana-de-açúcar ou outras culturas, custos de logística (diferenciando mercados e preços locais), entre outros.

Além de ter um objetivo muito semelhante ao proposto nesta dissertação, uma característica interessante desse modelo é que o uso da terra e a quantidade produzida de etanol, milho e açúcar é parcialmente determinada pela capacidade instalada das usinas de etanol. Diferente

do modelo utilizado para os EUA, a abordagem adotada para simular a produção no Brasil não tratou explicitamente da capacidade instalada das usinas. No entanto, a abordagem metodológica em duas fases caracteriza-se como uma alternativa interessante para simulações da produção sucroalcooleira no Brasil.

Para avaliar os impactos das políticas de conservação em cinco estados no Golfo do México (EUA), Wu *et al*⁴³ (2004) utilizaram um modelo capaz de medir o comportamento micro e as mudanças macro no ambiente natural. Segundo os autores, até então, os estudos empíricos que se dedicavam a avaliar os impactos ambientais das decisões do agricultor eram restritos ao nível micro, em regiões pequenas. Havia, assim, poucos estudos que investigassem regiões geográficas maiores e, ao mesmo tempo, considerassem as características locais específicas. O modelo econômico desenvolvido no estudo considerou a decisão de um produtor agrícola escolher simultaneamente a tecnologia de produção e o produto que irá vender. A técnica de produção depende do produto escolhido e vice-versa. Mais especificamente, é considerado que cada agricultor poderia escolher entre N produtos e duas tecnologias diferentes (o) e (c)⁴⁴. Sua utilidade de produzir o produto i com a tecnologia j é $U_{ij}(\mathbf{x}_i, \mathbf{z}_{j|i})$, em que $\mathbf{x}_i$ é o vetor de variáveis específicas do produto escolhido, incluindo o lucro esperado de cultivar o produto agrícola i . Já $\mathbf{z}_{j|i}$ ($j = o, c$) é o vetor de variáveis que afetam a utilidade do fazendeiro adotar a técnica j . Como as preferências do agricultor são desconhecidas para o pesquisador, $U_{ij}(\mathbf{x}_i, \mathbf{z}_{j|i})$, pode ser considerada uma variável aleatória

$$U_{ij}(\mathbf{x}_i, \mathbf{z}_{j|i}) = v_{ij} U_{ij}(\mathbf{x}_i, \mathbf{z}_{j|i}) + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, N; j = o, c,$$

em que

$$v_{ij}(\mathbf{x}_i, \mathbf{z}_{j|i}) = \mathbf{x}_i' \mathbf{B}_i + \mathbf{z}_{j|i}' \boldsymbol{\gamma}_{j|i}$$

e ε_i é um distúrbio aleatório.

Assumindo que ε_{ij} é independente e identicamente distribuído, a probabilidade de um agricultor escolher simultaneamente cultivar o produto i com a tecnologia j é dada pelo modelo *logit* multinomial, que pode ser reescrito da seguinte maneira:

⁴³ Devemos observar que um dos autores citados (Wu) é o mesmo que, em 2002, havia encontrado superioridade no poder preditivo de dados agregados. A alternância entre metodologias não deve ser entendida como inconsistência do autor, mas como a compreensão das limitações de cada método.

⁴⁴ A tecnologia tradicional foi representada por (o) e a tecnologia de conservação por (c).

$$P_{ij} = \frac{e^{Z'_{j|i} \gamma_{j|i}}}{\sum_{m=o,c} e^{Z'_{m|i} \gamma_{m|i}}} \cdot \frac{\sum_{m=o,c} e^{x_i' B_i + Z'_{m|i} \gamma_{m|i}}}{\sum_{K=1}^N \sum_{m=o,c} e^{x_k' B_k + Z'_{m|k} \gamma_{m|k}}}.$$

Essa forma é conveniente, pois permite estudar separadamente a escolha do produto e da técnica de produção.

Os resultados do modelo são bastante satisfatórios. O modelo prevê corretamente o produto cultivado em 67% da amostra e 69% das observações fora da amostra. Metade dos coeficientes é significativo a 1%, e apenas dois dos seis coeficientes relativos à rentabilidade esperada não são significativos a 5%⁴⁵. Todos os coeficientes relativos à qualidade do solo e declividade foram significativos a 1%, com exceção da declividade no caso da produção de forragem. Os sinais comportaram-se como esperado; particularmente no que diz respeito à rentabilidade prevista da própria cultura. A análise das elasticidades indica que a probabilidade é mais sensível à própria rentabilidade que às demais. As elasticidades são, todavia, inferiores à unidade, o que é compreensível, dadas as restrições edafoclimáticas.

A convergência desse modelo com os objetivos deste trabalho está no fato de ambos serem dedicados ao estudo de mudanças no uso da terra como função da tomada de decisão dos agentes produtores (produtor agrícola no caso norte-americano e usineiro no caso brasileiro), sendo essa decisão total ou parcialmente discreta. A abordagem detalhada aqui adotada, que aproveita ao máximo a informação disponível em cada unidade geográfica, também serve de inspiração para o modelo proposto no subcapítulo 4.2. Tal semelhança levará também à escolha de métodos econométricos semelhantes.

4.2. O método proposto

O método proposto é composto da proposição de um cenário e da metodologia a ser aplicada àquele cenário. Para maior clareza na apresentação, a metodologia de análise e o cenário assumido são expostos separadamente nos dois próximos tópicos.

⁴⁵ Dada a forte correlação entre rentabilidade de soja e milho, apenas o milho e forragem foram incluídos no modelo.

4.2.1. Metodologia de análise

O método proposto consiste essencialmente na dedução de uma equação de oferta de cana-de-açúcar, açúcar e etanol que seja sensível às especificidades locais e possibilite a simulação de cenários por meio de choques exógenos em variáveis explicativas selecionadas. A comparação dos resultados previstos será feita por meio do estudo do efeito parcial da variável selecionada. O efeito parcial de uma variável pode ser medido pela diferença entre os valores previstos quando se altera apenas o valor da variável explicativa selecionada, mantendo-se todas as demais variáveis explicativas constantes (WOOLDRIDGE, 2002).

Inspirado em Elobeid e Tokgoz (2006), a equação de oferta de cana-de-açúcar e seus produtos é decomposta em duas etapas. A primeira consiste na modelagem da produção de cana-de-açúcar, sendo a quantidade produzida de álcool determinada em uma segunda etapa. Diferente do estudo elaborado por Elobeid e Tokgoz, além de simular os impactos em variáveis agregadas, esta dissertação tem como objetivo localizar espacialmente as regiões mais sensíveis a mudanças no setor sucroalcooleiro. Esse objetivo leva a algumas alterações em relação ao estudo original.

Pelos motivos descritos no capítulo 1, a existência de uma ou mais usinas e a quantidade de cana processada em uma unidade geográfica são bons indicadores do impacto do setor sucroalcooleiro naquela região. Os altos custos fixos da instalação de uma usina, seu tempo de construção e instalação, sua permanência no longo prazo e a rigidez de contratos de uso da terra inerentes ao seu funcionamento reforçam a preferência por modelar explicitamente a tomada de decisão do usineiro. Salvo raras exceções, atualmente, toda cana destinada à produção de açúcar e álcool carburante é processada em usinas, de modo que a estimação da produção de cana-de-açúcar deva ser (inevitavelmente) condicionada à existência de uma usina. Assim, a decisão do usineiro será o elemento central do estudo, determinando a quantidade de cana moída naquela região.

Como sugerido em Wu *et al* (2004), os estudos quantitativos que se propõem a prever a produção com algum grau de detalhamento devem, numa primeira etapa, modelar a decisão de produzir ou não determinado produto naquela região. O estudo ressalta que se deve priorizar a inclusão de variáveis indicativas das condições locais de produção, além do retorno previsto da própria cultura e da rentabilidade esperada das culturas concorrentes.

Por outro lado, as variáveis explicativas geográficas devem ser incluídas para mitigar os possíveis problemas apontados em Figueiredo (2002). Embora a metodologia adotada pelo autor seja bastante atraente, a restrição de dados e as limitações na combinação de econometria espacial e modelos não-lineares, que é característica intrínseca da existência/produção de uma usina, dificultam a adoção de metodologia semelhante nesta dissertação⁴⁶. Como veremos adiante, a metodologia aqui proposta considera explicitamente os fatores espaciais/loacionais (estáticos e dinâmicos), minorando os possíveis efeitos da autocorrelação e heterogeneidade espacial citados pelo autor.

Considerando as observações anteriores, a quantidade produzida de cana-de-açúcar (y) de cada unidade geográfica (i) é descrita como

$$y_i = f(Rc_i, Ro_i, L_i, G_i, P(y_i > 0 | \mathbf{x}_i), e_i),$$

em que Rc indica a rentabilidade da cana, Ro indica a rentabilidade das outras culturas, L o vetor de variáveis indicativas das condições locais de produção, G indica o vetor de variáveis geográficas de controle e $P(y_i > 0 | \mathbf{x})$ é a probabilidade de a produção ser estritamente positiva naquela unidade geográfica. Por sua vez,

$$P(y_i > 0 | \mathbf{x}) = h(Rc_i, Ro_i, L_i, G_i),$$

estabelecendo que as mesmas variáveis que definem a quantidade produzida também definem a probabilidade de existir produção. A metodologia econométrica adequada para o tratamento das equações acima é apresentada na sessão 4.4.

A estimação dos parâmetros desse modelo possibilitará o mapeamento das áreas mais ou menos sensíveis a alterações em relação ao cenário base. O efeito parcial esperado $E(Mg^{ab})$ para cada unidade geográfica i é obtido pela diferença

$$E_i(Mg^{ab}) = E(y_i^a) - E(y_i^b), \text{ em que}$$

⁴⁶ Para mais detalhes das limitações do tratamento espacial em modelos de variável dependente binária, ver Takeyama (2004).

$E(y_i^b)$ é o valor esperado no cenário de base, e $E(y_i^a)$ é o valor esperado no cenário alternativo, em que pelo menos uma das variáveis explicativas sofreu um choque exógeno. Qualquer alteração (ou combinação de alterações) nas variáveis explicativas da equação estimada pode caracterizar um cenário alternativo. Dada a potencial correlação entre municípios, o risco de imprecisão de dados em níveis mais desagregados, os resultados serão apresentados agregados preferencialmente em mesorregiões. Mesmo que não houvesse a necessidade de agregação para corrigir os resultados, a apresentação deles na esfera municipal seria exaustiva ou incompleta, dado o grande número de observações (2500).

Uma vez obtido o efeito parcial da variável explicativa sobre a produção de cana-de-açúcar, ele será transformado em unidades de medida de interesse, tais como área colhida, litros de etanol, valor da produção e número de empregos. Embora o objetivo principal do estudo seja a simulação do impacto de variações nos preços, a interpretação dos parâmetros estimados terá importância por si só e será discutida junto aos resultados.

4.3. O cenário e as premissas

Como vimos nos capítulos anteriores, a previsão do consumo nacional de álcool é um exercício arriscado. No longo prazo, podem ainda surgir inovações tecnológicas e mudanças dos padrões comportamentais que alterem significativamente o valor das variáveis e sua sensibilidade (elasticidades). Em casos mais extremos, tais mudanças chegam a subverter as relações econômicas hoje observadas.

O grau de incerteza das projeções de produção nacional é majorado de sobremaneira quando se contabiliza a quantidade de cana necessária para suprir o mercado internacional. Nelas, as variáveis desconhecidas multiplicam-se rapidamente. Além das variáveis relativas à demanda interna de cada país, somam-se as incertezas respectivas às suas políticas comerciais, que, por sua vez, relacionam-se de maneira cíclica com as variáveis de oferta e demanda locais.

Esta dissertação propõe-se a inferir os prováveis efeitos da eliminação da medida outros direitos e encargos (ODC) sobre a produção brasileira de cana-de-açúcar e etanol. Pretende-se também identificar a sensibilidade regional em relação a tal medida. A principal razão para a

eliminação do ODC é que esta é hoje a principal barreira às exportações brasileiras para o mercado norte americano, hoje o maior mercado consumidor de etanol, e com significativas expectativas de crescimento.⁴⁷

Seguindo as hipóteses básicas da teoria de comércio internacional, a dedução lógica implica que uma redução tarifária em um país com preços internos de um produto mais altos que os praticados no comércio internacional beneficia os consumidores desse país, reduzindo seus preços internos e expandindo a demanda total. Enquanto a oferta local do bem diminui, o diferencial de demanda é suprido pelo crescimento do volume importado. A mesma teoria indica que, se o país importador for significativo a ponto de influenciar os preços internacionais, eles irão também convergir em direção aos preços locais (FEENSTRA, 2002).

Sendo os EUA os maiores consumidores mundiais de etanol e o Brasil o maior exportador desse produto (podendo o preço no Brasil servir de referência para o preço internacional)⁴⁸, seria correto afirmar que o novo preço internacional de equilíbrio, após a eliminação do ODC, situar-se-ia em algum ponto entre o preço observado no Brasil e nos EUA. No entanto, não sabemos exatamente em qual nível de preços o novo equilíbrio será atingido. O novo patamar de preços é assumido por pressuposição.

A pressuposição assumida é que os produtores brasileiros e consumidores americanos beneficiar-se-ão apenas parcialmente da eliminação do ODC. A primeira pressuposição assumida é definida como:

- Pressuposição 1 (P1): “A eliminação do ODC é repassada inversamente e em igual magnitude para os preços dos EUA e Brasil”.

Ou seja: o novo preço do etanol no Brasil é igual ao preço observado na safra 2006/07, somada a metade da tarifa de 54 centavos de dólar por galão convertido em litros por reais. Nos EUA, o preço é reduzido na mesma proporção. Embora relativamente simples, essa pressuposição aproxima-se bastante do resultado obtido em Elobeid e Tokgoz (2006).⁴⁹

⁴⁷ Ver capítulo 2.

⁴⁸ Essa mesma hipótese é elaborada por Elobeid e Tokgoz (2006).

⁴⁹ Além do ODC, o estudo citado simula a eliminação das medidas tarifárias *ad-valorem* de 2,5%.

O choque na variável preço do etanol na região i (pe_i^N) é igual a

$$pe_i^N = pe_i + 0,54 * 3,785 / 1,90 * C, \text{ onde}$$

pe é o preço vigente naquela região no ano safra 2006/07, o 0,54 corresponde ao valor da medida tarifária em dólares por galão, 1,90 é a taxa de câmbio nominal assumida e C é a uma constante que assume o valor de 0,5. O choque dado ao preço deve ser entendido como uma mudança em seu patamar e não como uma oscilação temporária. Como analisamos o efeito da liberalização comercial norte-americana sobre a produção brasileira, apenas variações na variável preço do etanol serão analisadas, permitindo a verificação isolada do efeito parcial da alteração dessa variável (*ceteris paribus*).⁵⁰

Com base nos resultados do efeito parcial medidos em toneladas de cana processada pelas usinas, é possível inferir seus efeitos sobre a área colhida sem a necessidade de outras pressuposições adicionais. Entretanto, para avaliarmos os efeitos, em número de empregos gerados, do volume de etanol e valor da produção, algumas pressuposições são necessárias. As duas pressuposições adicionais necessárias para a avaliação socioeconômica são:

- Pressuposição dois (P2): “O volume de álcool destinado ao mercado interno e a quantidade de açúcar produzida a partir da cana serão mantidos constantes, de forma que toda a cana-de-açúcar gerada pelo choque de demanda seja absorvida sob forma de álcool para exportação (anidro)”.
- Pressuposição três (P3): “O número de empregos gerados por tonelada de cana é constante e definido pelo grau de mecanização, conforme descrito em UNICA (2007a)”.

A pressuposição P2 implica duas limitações: (i) não avaliar explicitamente a decisão do produtor em converter uma parcela maior de sua produção de açúcar para o álcool, dada a diferença de preços; e (ii) não analisar a possível redução de demanda interna, dado um preço de álcool mais alto.

⁵⁰ Sugestões para outras simulações são feitas na conclusão do trabalho.

Embora não seja modelada explicitamente, a pressuposição P2 torna a relação entre preços dos produtos e participação de cana-de-açúcar destinada a cada um bastante razoável (atenuando a limitação i). Como não há aumento no preço do açúcar, não haveria motivo algum para produzir mais açúcar. Por outro lado, o próprio aumento da produção de álcool, considerando um choque no seu preço, aumenta sua participação no total de cana produzido. Já a redução da demanda interna (limitação ii) deve ser entendida como: “a quantidade exportada será pelo menos igual à quantidade gerada pelo choque”.

A pressuposição P3 fez-se necessária pelas mudanças significativas que ocorrem no mercado de trabalho da agroindústria canavieira. Embora a revisão de literatura tenha procurado diversas alternativas de tratar o assunto, não foi possível encontrar uma metodologia que se adequasse às necessidades aqui expostas. Optou-se, assim, pela pressuposição mais simples e mais clara.

Como veremos nos próximos capítulos, os benefícios dessas pressuposições, em termos de capacidade de avaliação dos resultados, superam largamente seus custos.

Com base nas análises feitas nos capítulos 2 e 1, e sujeito à disponibilidade de dados, definiu-se sete estados do Centro-Sul como enfoque deste estudo. Os estados selecionados foram:

- São Paulo;
- Paraná;
- Minas Gerais;
- Goiás;
- Mato Grosso;
- Mato Grosso do Sul;
- Tocantins.

A região selecionada é altamente representativa em termos de produção atual e expansão do complexo sucroenergético. Os sete estados representaram 85%, 88%, 86% e 78% da produção de açúcar, etanol e cana-de-açúcar e da área colhida na safra 2007/08, respectivamente. A região é ainda mais expressiva em termo de expansão, com exceção apenas para a produção de açúcar a região representou 84%, 91%, 92%, e 95%, da expansão de açúcar, etanol e cana-de-açúcar e da área colhida em safra 2001/02 e 2007/08, respectivamente.

4.4. Os modelos econométricos

As características desta dissertação envolvem a decisão de um empresário construir ou não uma usina de açúcar e álcool em determinada localidade e, uma vez construída, de quanto produzir. A observação do processo de decisão do empresário é apenas possível quando essa assume um valor positivo (de usinas construídas ou quantidade de álcool produzida), gerando acumulações de resultados sobre o zero. Wooldridge (2002) e Greene (2000) demonstram que a aplicação de modelos lineares nesses casos pode gerar valores absurdos tais como probabilidades fora do intervalo $[0, 1]$ e quantidades produzidas negativas. Outra desvantagem dos modelos lineares é que eles assumem efeitos marginais constantes⁵¹ de maneira que aumentos na variável x_i terão sempre o mesmo efeito sobre a variável explicada, independentemente de seu nível e do valor das demais variáveis. Em tais circunstâncias, deve-se preferir modelos econométricos não-lineares tais como *logit*, *probit*, *logit* e *probit* multinomiais, *Tobit* ou *poisson*.

Os modelos de variável dependente binária são utilizados em análise econométrica em problemas, tais como escolha de meios de transporte, escolha profissional, solvência de empresas etc.. Nos estudos de economia agrícola, os modelos *Logit* e *Probit* muitas vezes são utilizados para modelar a tomada de decisão do produtor quanto à escolha da cultura e da adoção tecnológica.

Esses modelos assumem que existe uma variável de resposta subjacente y^*_i definida pela regressão

$$y^* = \mathbf{x} \mathbf{B} + e,$$

em que $\mathbf{x}$, $\mathbf{B}$ e y^* foram definidos anteriormente e e é um distúrbio aleatório.

Como na prática, y^*_i não é observável, define-se a variável *dummy*:

$$y = 1 \text{ se } y^* > 0 ; \text{ caso contrário } y = 0.$$

⁵¹ De modo geral, modelos lineares seriam também heterocedásticos. A heterocedasticidade seria, no entanto, facilmente corrigida pelo uso de modelos robustos a heterocedasticidade.

Wooldridge (2002) desenvolve os modelos de resposta binária da forma:

$$P(y = 1|x) = G(xB) \equiv p(x), \text{ onde}$$

- $\mathbf{x}$ é um vetor $1 \times K$ de variáveis explicativas contínuas ou discretas (de modo geral, o primeiro elemento do vetor $\mathbf{x}$ é a unidade);
- $\mathbf{B}$ é um vetor com $K \times 1$ parâmetros desconhecidos;
- $G(\cdot)$ é uma função conhecida que liga a probabilidade p à estrutura linear $\mathbf{xB}$, que geralmente é uma função de distribuição acumulada (FDA).

No caso em que G é uma FDA, o modelo pode ser desenvolvido utilizando uma variável latente.

$$y^* = \mathbf{xB} + e, y = 1 [y^* > 0]$$

Se e for independente e simétrico em relação à zero,

$$P(y = 1 | \mathbf{x}) = P(e > -\mathbf{xB} | \mathbf{x}) = 1 - G(-\mathbf{xB}) = G(\mathbf{xB})$$

A forma funcional de $G(\cdot)$ depende da pressuposição feita sobre a variável latente e . No caso do modelo *probit*, é assumido que a função $G(\cdot)$ é uma FDA normal, enquanto o modelo *logit* assume uma distribuição logística. O modelo *probit* pode ser escrito como

$$\text{probit: } G(z) \equiv \Phi(z) \equiv \int_{-\infty}^z \psi(v) dv,$$

em que ψ tem distribuição de densidade Normal Padrão.

Uma vez determinada a função de distribuição de e , determina-se $\mathbf{B}^*$ pelo método de estimação por máxima verossimilhança, em que os N valores observados de y são realizações de um processo binomial. A densidade y_i , dado $\mathbf{x}_i$, pode ser escrita como

$$f(y|x_i; \mathbf{B}) = [G(x_i \mathbf{B})]^y [1 - G(x_i \mathbf{B})]^{1-y}, \quad y = 0, 1$$

e o logaritmo neperiano de $f(y|x_i; B)$ é $l_i(B)$

O valor estimado de B é, então, obtido pela maximização do somatório da função log-verossimilhança

$$\sum_{i=1}^N l_i(B)$$

A função $G(\cdot)$ é duas vezes continuamente diferenciável nos modelos *logit* e *probit*, de forma que a matriz de covariância assintótica possa ser estimada pelo inverso da matriz Hessiana

$$\text{Avar}(B^\wedge) \equiv \left\{ \sum_{i=1}^N \frac{[g(x_i B^\wedge) x_i' x_i]}{G(x_i B^\wedge)[1 - G(x_i B^\wedge)]} \right\}^{-1} \equiv V^\wedge.$$

É possível estimar a matriz de covariância robusta, a heterocedasticidade. Entretanto, Wooldridge (2002) ressalta que, em regressões não-lineares binárias, uma vez especificado

$$P(y = 1 | \mathbf{x}),$$

todos os demais momentos condicionais também foram especificados. A matriz de variância e covariância só não será eficiente no caso de má especificação do modelo. Para Greene (2000), os benefícios de corrigir a matriz de covariância de um modelo mal-especificado são um tanto quanto incertos.

Como destacado em Greene (2000) e Wooldridge (2002), nos modelos *probit* e *logit*, as estimativas dos parâmetros representam o impacto das variáveis explicativas na variável latente e não na explicada, o que torna a interpretação dos coeficientes menos evidente.

Quando a variável x_j explicativa é contínua,

$$\frac{\partial p(x)}{\partial x_j} = g(xB)B_j, \text{ onde } g(z) \equiv \frac{dG}{dz}(z).$$

No caso de variável explicativa binária, o efeito parcial da mudança do estado da variável x_k (de 0 para 1) pode ser interpretado *ceteris paribus* da seguinte maneira:

$$G(B_1 + B_2x_2 + \dots + B_{k-1}x_{k-1} + B_k) - G(B_1 + B_2x_2 + \dots + B_{k-1}x_{k-1}).$$

No entanto, nos modelos em que a FDA é estritamente crescente (o que ocorre nos modelos *probit* e *logit*) a interpretação do sinal pode ser feita observando diretamente o sinal do coeficiente B_j .

Embora os modelos *probit* e *logit* indiquem como as variáveis explicativas afetam a probabilidade de instalação da usina em determinado município, eles não permitem a inferência sobre a contribuição dessas variáveis sobre a quantidade de cana-de-açúcar processada em cada usina/município. O modelo do tipo *Tobit* é oportuno em casos em que a variável dependente limitada é uma resposta de solução de canto. Muitas vezes, o valor da variável é 0 para uma parte significativa da população, mas é aproximadamente distribuída de forma contínua ao longo de valores positivos⁵². No caso da moagem total declarada em um município, o valor da variável dependente será limitado à esquerda, tendo diversos municípios o valor observado da variável dependente igual a zero.

O modelo pode ser descrito como

$$y^* = B_0 + xB + e, \quad e | x \sim \text{Normal}(0, \sigma^2)$$

$$y = \max(0, y^*).$$

A especificação acima assume que y^* tem distribuição normal, homocedástica, com média condicional linear. A variável observada y será igual a y^* quando $y^* > 0$, mas $y = 0$ quando $y^* < 0$.

O modelo anterior é o mais usual (*Tobit* tipo I), sendo assim definido por Amemiya's em 1985. Essa é a forma padrão dos modelos *Tobit*, mais estudada em artigos metodológicos, e adotada na maioria dos *softwares* econométricos (inclusive o Stata) de forma que se torne conveniente sua utilização.

⁵² Wooldridge (2002, P.519-520) cita a quantidade de seguro-saúde contratado ou montante de doações por um indivíduo como exemplos aplicáveis.

A derivação do valor esperado de y é intuitiva e pode ser escrita como

$$\begin{aligned} E(y|x) &= P(y=0|x) \cdot 0 + P(y>0|x) \cdot E(y|x, y>0) \\ &= P(y>0|x) \cdot E(y|x, y>0). \end{aligned}$$

Por sua vez, a derivação de $P(y>0|x)$ foi exposta no início desta seção, quando apresentamos o modelo *probit*. Podemos, ainda, estimar o valor esperado condicional da variável dependente $E(y | y > 0, \mathbf{x})$, ou seja: a esperança de y condicional a $y > 0$ e $\mathbf{x}$. Wooldridge (2002) define a identidade $E(y | y > 0, \mathbf{x}) \equiv \mathbf{x}\mathbf{B} + \sigma\lambda(\mathbf{x}\mathbf{B} / \sigma)$, em que λ é o inverso da razão de Mills⁵³.

Assim como os modelos *probit* e *logit*, o efeito parcial não é de interpretação imediata. Os parâmetros B_j medem os efeitos parciais de x_j sobre $E(y^*/x)$ e não de $E(y | y > 0, \mathbf{x})$ ou $E(y | \mathbf{x})$. Apesar de os efeitos parciais e de os parâmetros estimados terem o mesmo sinal, a magnitude dos efeitos depende de todos os demais valores das variáveis explicativas e dos parâmetros, assim como de σ . Recomenda-se, assim, como nos casos de variável dependente binária, que os efeitos parciais estimados sejam reportados assumindo valores médios ou particularmente interessantes.

Para obter-se maior robustez nos resultados, serão também reportados resultados de outras possíveis especificações para o modelo, tais como os modelos de regressão linear e de contagem. Esclarecimentos sobre eles serão feitos oportunamente, quando for indispensável para a melhor compreensão dos resultados econométricos.

4.5. As variáveis e suas limitações

Os coeficientes da regressão foram estimados a partir de uma *cross section* de dados⁵⁴, tendo como referência temporal o ano de 2006 (safra 2006/07). O escopo do estudo abrange os sete estados de maior potencial de expansão da agricultura canavieira identificados no subcapítulo

⁵³ A última equação evidencia a inconsistência da estimação condicional da variável dependente por MQO.

⁵⁴ Optou-se por estimar em *cross section* pela limitação de dados. Sugestões para análise em painel são feitas na conclusão do estudo.

4.3 . O município foi a unidade geográfica adotada para a estimativa dos parâmetros. Foram contados 2500 registros de municípios para a região selecionada, de acordo com o Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)⁵⁵. A agregação de municípios em mesorregiões ou Unidades Federativas obedeceu à Divisão Político-Administrativa do Brasil (DPA) oficial, de acordo com a Malha Municipal Digital de 2005 do IBGE (IBGE, 2005). Diversas fontes foram utilizadas para coletar os dados, e algumas variáveis, calculadas exclusivamente para esta dissertação. A descrição das variáveis, com as respectivas fontes é apresentada a seguir.

A existência de usina, o número de usinas existentes, a moagem de cana declarada, assim como produção de açúcar e álcool foram levantados na esfera municipal. A coleta primária de informações deve ser atribuída à UNICA (2008), Valor Econômico (2008), Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial - IDEA (2007) e Procana (2007), devendo o tratamento final dos dados ser atribuído à Agroconsult e ao ICONE. As usinas foram classificadas em três categorias: construídas com moagem estritamente positiva; construídas sem moagem declarada; em estudo ou implantação. A estimativa econométrica considerou apenas os dois primeiros tipos de usinas⁵⁶. As construídas, mas sem moagem declarada foram arbitrariamente associadas a uma produção de 100 mil toneladas ano.

Tabela 18: Número de usinas e produção por UF

UF	Cana-de-açúcar		Produtos	
	Número de usinas	Moagem Declarada	Álcool (mil litros)	Açúcar (Toneladas)
TO	2	0	0	0
GO	25	14.123.339	690.222	701.889
MG	45	34.707.829	1510.531	2318.090
MS	12	12.055.598	567.535	732.467
MT	12	13.054.356	748.529	5.0.199
PR	32	34.5.7.548	1.364.666	2.314.632
SP	198	269.656.800	11.132.708	19.395.690

Fonte: Agroconsult e ICONE

A rentabilidade agrícola de cada município foi medida em reais por hectare. O cálculo da rentabilidade esperada da produção de cana-de-açúcar seguiu a mesma metodologia adotada

⁵⁵ A indisponibilidade de informações em alguns municípios do Pantanal e Distrito federal reduziu a amostra para 2496 municípios.

⁵⁶ A existência de usina com moagem declarada igual a zero pode representar uma usina parada, uma usina que está sendo desmontada, uma que está pronta, mas ainda não entrou em operação ou uma omissão na declaração dos dados.

pelo instituto ICONE e pelo *Outlook FAPRI 2008*⁵⁷. A rentabilidade esperada pode ser calculada como a receita total por hectare (R_c) menos os custos totais por hectare (C_c). A receita total por hectare no município i é definida como

$$R_{c,i} = (ATR / Ton_cana) * (Ton_cana / ha) * P_{atr,i}$$

Após os cancelamentos, o produto dos dois primeiros termos entre parênteses indica a quantidade de ATR em um hectare. O preço da tonelada de ATR (P_{atr}) foi calculado como

$$P_{atr,i} = Share_ATR_{et,i} * Pet_i / conv_{et} + Share_ATR_{sg,i} * P_{sg,i} / conv_{sg}$$

em que $Share_ATR$ indica a participação do produto (em equivalente ATR) na produção total, P indica o preço do produto, $Conv$ é o índice industrial que converte os produtos em peso equivalente de ATR, e os subscritos et e sg indicam o etanol e açúcar, respectivamente.

O preço de açúcar e álcool ao produtor foi obtido junto ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). As praças de referência são: São Paulo, Mato Grosso e Alagoas. Para o açúcar, foi adotado o preço do açúcar cristal destinado ao mercado externo. Para o etanol, foram considerados os preços do anidro e hidratado destinados ao mercado interno. Foram efetuados os devidos descontos financeiros e tributários recomendados pelo CEPEA.⁵⁸

Optou-se pelo uso dos valores médios estaduais de ATR por tonelada de cana reportados em CONAB (2008b). O índice industrial para a conversão de etanol em ATR foi de 1,6913 e 1,7282 kg de ATR por litro de etanol hidratado e anidro, respectivamente. Para o açúcar, foi assumido um índice de 1,0474 kg de ATR por kg de açúcar. Os valores da produtividade da cana (ton /ha) são descritos com mais detalhes a seguir.

Os custos por hectare foram divididos entre fixos e variáveis e agrícolas ou industriais. O custo total (C_c) por hectare foi calculado como

$$C_c = CF_{ag} + CV_{ag} + CV_{ind},$$

⁵⁷ Os preços e custos foram normalizados para preços de 2000, pelo índice de deflator calculado pelo IFS utilizado por ICONE e FAPRI.

⁵⁸ Para mais detalhes sobre os descontos, ver a metodologia descrita no site do CEPEA.

em que CF_{ag} são os custos fixos por hectare, CV_{ag} são os custos variáveis por hectare e CV_{ind} são os custos de processamento industrial. Os custos de produção agrícola foram obtidos no relatório elaborado pelo IDEA (NUNES JR *et al*, 2007).⁵⁹ Os custos fixos agrícolas englobam o custo de preparo do solo, de plantio, dos tratos culturais da cana planta e tratos culturais de cana soca. Os custos variáveis consistem essencialmente nos de corte, carregamento, transporte e transbordo da cana, ponderados pelo índice de mecanização. Foi, ainda, considerado que a cana pode ser colhida por cinco safras seguidas, sem necessidade de replantio. Os custos de processamento industrial por tonelada de cana foram obtidos junto ao ICONE.

A produtividade média municipal da cana-de-açúcar foi calculada pela produção total dividida pela área colhida total no triênio 2003-06. Os dados de área e quantidade colhida foram retirados da Pesquisa Agrícola Municipal (IBGE, 2007). Optou-se pelos valores médios e não pelos pontuais devido à instabilidade intrínseca dos rendimentos agrícolas, além de limitar os possíveis erros de amostragem. Após a coleta, os dados foram tratados de forma a expurgar valores extremos, incompatíveis com as características biológicas da cana-de-açúcar.⁶⁰ Municípios que não apresentaram produção positiva em nenhum dos três anos tiveram produtividade aproximada pela média dos vizinhos mais próximos. Quando a distância retilínea do município mais próximo foi maior que 80 km, sua produtividade foi arbitrariamente indicada como extremamente baixa (10 ton/ha).

Alternativamente, a produtividade foi classificada em diferentes níveis, sendo-lhe atribuído conceitos (notas). A Tabela 19 apresenta o critério utilizado para classificação qualitativa da produtividade da cana.

⁵⁹ Os custos foram ajustados da safra 2005/06 para 2006/07 pelo deflator de preços IFS.

⁶⁰ Provavelmente, os valores biologicamente inconsistentes foram frutos de erros de pesquisa.

Tabela 19: classificação da produtividade da cana (ton/ha)

Classificação I	
Nota	ton/ha
Muito Baixa	[10 – 41]
Baixa	] 41 -51]
Média Baixa	] 51 -61]
Média	] 61 – 71]
Alta	] 71 – 81]
Muito Alta	81 <
Classificação II	
Nota	ton/ha
Baixa	[10 – 55]
Média	] 55 - 75]
Alta	71 <

Fonte: dados da pesquisa

Para suprir o mercado interno, o etanol deve passar pelas distribuidoras antes de chegar aos postos. Já para o mercado internacional, os portos são a principal referência. A distância (em km) entre municípios e distribuidoras registradas na ANP foi assumida como uma *proxy* para custos de transporte do produto final ao mercado interno. A mesma hipótese foi assumida para custo de transporte para o mercado internacional. Nesse caso, foram consideradas as distâncias entre cada município e os principais portos capazes de escoar a produção (Santos, Paranaguá, Vitória, São Luiz, entre outros). Como tentativa de melhorar a *proxy* de custo de transporte descrita acima, as distâncias foram ponderadas pelos valores de descontos de frete divulgados pela BM&F⁶¹. Nos municípios não listados pela Bolsa, o valor foi estimado com base no custo de frete do município mais próximo (distância reta).

Para mensurar o peso do mercado interno, foi também calculado o número de automóveis registrados no DENATRAN em diferentes raios das distribuidoras (de 80 a 200 km). A combinação das distâncias entre municípios e distribuidoras e número de automóveis num determinado raio de ação da distribuidora permitiu criar diversos índices para mensurar o mercado interno.

O custo de oportunidade da terra foi estimado por regiões homogêneas pela Agroconsult com base na produtividade, custos operacionais e preços locais de soja, algodão e milho. No caso

⁶¹ No lugar de adotar um único período, poder-se-ia fazer a média de diversos períodos. No entanto, o índice de correlação dos valores de frete de diversos períodos foi 0.999993, indicando que o esforço adicional de buscar diversas tabelas em períodos diferentes não traria benefícios líquidos para este estudo.

do milho, foi separado o de primeira e o de segunda safra. Além das rentabilidades individuais, foi fornecido também o índice regionalizado de rentabilidade do sistema de produção alternativo à cana-de-açúcar. Por meio de ponderações (por área colhida) das rentabilidades das culturas alternativas, o índice informa o custo de oportunidade da cana de açúcar.

Duas medidas de área agricultável de cada município foram obtidas junto ao ICONE. Essa área é igual à área total do município, após serem descontadas as áreas de Unidades de Conservação (UC), as urbanas, as inundadas e as Áreas de Preservação Permanente (APP), restrições de solo e restrições de declive elevado. A diferença entre as medidas de área agricultável está no corte que foi dado à declividade máxima tolerada. Na primeira medida, foram aceitas áreas com declividade de até 20%. Na segunda categoria, apenas as áreas com até 15% de declividade foram consideradas. O objetivo de dar cortes diferenciados foi o de discernir as áreas aptas e mecanizáveis e as aptas, mas sem possibilidade de mecanização com a tecnologia atual. Além da área agricultável, foi também obtido o tamanho total do município (IBGE, 2005). A divisão da área agricultável (dois cortes) pela área total gerou o índice de área apta e índice de área mecanizável por município.

A existência de externalidades na indústria foi inferida por meio de variáveis *dummies*. A *dummy* assumiu valor 1 caso existissem pelo menos 5 usinas em diferentes raios em volta do município (de 20 a 50 km). O estudo não encontrou uma medida adequada para o custo da terra. A única medida comparável de custo da terra foi a divulgada pela FNP na publicação *Agrianual* (FNP, 2007), mas essa só disponibilizou valores da esfera estadual.

Algumas variáveis foram construídas com base nas distâncias entre os municípios. Optou-se por calcular a distância retilínea por geometria esférica, tendo como referência as coordenadas de latitude e longitude. Para cada município, foram associadas as coordenadas geográficas dos respectivos centróides divulgados pelo IBGE.

Para diferenciar características estaduais como legislação e sistema tributário, foram geradas 6 *dummies*, sendo Tocantins a referência-base. Outras *dummies* regionais foram geradas, agregando mesorregiões com base na divisão político-administrativa oficial do IBGE (IBGE, 2005). A Tabela 20 sumariza os tipos de variáveis, o sinal esperado e a justificativa do sinal.

Tabela 20: Variáveis do estudo, sinal esperado e justificativa

Tipo de variável	Sinal esperado	Justificativa
Rentabilidade da cana	+	Maior produtividade pode reduzir custos e aumentar a rentabilidade.
Custo de oportunidade da terra	-	Maior custo de oportunidade aumenta a disputa por terra com outras culturas.
Custo da Terra	-	Terras mais caras podem aumentar custos, diminuindo margem de lucro.
Externalidade das usinas	+ ou -	A usina pode se beneficiar da existência de estrutura, mão-de-obra e fornecedores locais. No entanto, pode haver mais disputa por insumos e trabalho, além de reduzir o poder de monopólio.
Distância ao mercado interno	-	Queda de rentabilidade da usina via aumento de custo de frete no mercado interno.
Distância ao porto	-	Queda de rentabilidade da usina via aumento de custo de frete para exportação.
Custo de frete ao porto	-	Queda de rentabilidade da usina via aumento de custo de frete para exportação.
Distância até Paulínia	-	Queda de rentabilidade da usina via aumento de custo de frete no mercado interno.
Variáveis de tamanho do mercado	+	Quanto maior o mercado consumidor, maior sua capacidade de absorção do produto final.
<i>Dummies</i> de estado	+ ou -	Uma vez controlada pelas demais variáveis, a legislação/tributação estadual é o único motivo aparente para que as <i>dummies</i> de estado sejam significativa.
Área total do município	+	Variável de controle espacial.
Área agricultável	+	Variável de controle espacial.
Percentual da área total com restrição a mecanização	-	Complementa informação de área agricultável. Por ser grande, um município pode ter uma quantidade razoável de área disponível, mas essa pode ser dispersa.
Nota da cana	+	Variável <i>proxie</i> da qualidade do clima. Quanto maior a nota, menor o risco climático.

5. RESULTADOS E ANÁLISE

5.1. Estimativa do modelo

5.1.1. Parâmetros estimados

A seleção do modelo de produção de cana-de-açúcar considerou os resultados dos modelos *probit*, *logit* e *tobit*. Os modelos MQO e *tobit* têm a moagem total como variável dependente. A probabilidade de existência de, pelo menos, uma usina é a variável dependente dos modelos *probit* e *logit*. O número de usinas em cada município é estimado pelo modelo *Poisson*. No entanto, como apresentado nas seções anteriores, o modelo *tobit* é o mais relevante para os objetivos desta dissertação, de modo que ele será apresentado com mais detalhes.

Para definir a forma funcional do modelo *tobit*, partiu-se do modelo mais amplo para o mais restrito, sendo efetuados testes de significância estatística recomendados em Wooldridge (2002). A seleção das variáveis considerou as estatísticas t para exclusões de uma única variável, teste de Wald e logaritmo de verossimilhança para exclusões múltiplas. Após a retirada de 5 municípios com informação incompleta, as regressões contaram com 2495 observações (99% da amostra inicial). Para os modelos binários, considerou-se também o percentual corretamente classificado e Pseudo R^2 proposto por McFadden. Para o modelo *tobit*, a correlação entre previsão e valores observados na amostra também foi considerada⁶². O resultado foi, ainda, comparado com os modelos de regressão linear por mínimos quadrados (robusto a heterocedasticidade) e *Poisson*.

O processo de seleção do modelo apresentou resultados muito parecidos quanto à coerência dos parâmetros e significância estatística entre todos os modelos não-lineares. Os parâmetros das variáveis de rentabilidade da cana-de-açúcar (*rent_cana*) e rentabilidade do sistema alternativo à cana (*rent_sist*) apresentaram o sinal correto em quase todas as especificações testadas. As variáveis de percentual de área não-mecanizável (*share_imp15*) e disponibilidade de solo (*sem_imp20*) apresentaram o sinal correto e alta significância estatística em todas as formas funcionais testadas, demonstrando uma relação funcional invariante a

⁶² Nos modelos parcialmente contínuos, o Pseudo R^2 pode apresentar valores fora do intervalo [0, 1], tornando sua interpretação pouco intuitiva. Para maiores detalhes, ver UCLA (1997).

reparametrizações. As *proxies* de qualidade climática (nota3a e nota3b) também apresentaram quase sempre o sinal correto.

Sem surpresas, a inclusão simultânea de variáveis que estimam custos de transporte e distâncias elevou de maneira significativa o erro padrão das próprias variáveis e do modelo como um todo. Comparando os resultados alternativos entre essas variáveis, verificou-se maior poder explicativo (menor p-valor e maior pseudo R^2) das variáveis que consideraram apenas a distância e não o custo de frete. Deve-se chamar a atenção que o melhor ajuste das variáveis de distância não significa que o mercado de ações esteja precificando incorretamente o custo de frete ou que existam variáveis omitidas. A maior probabilidade é que a forma de cálculo do custo de frete para os municípios sem custo tabelado pela BM&F seja demasiadamente simplificadora⁶³.

A variável que mensura o custo de transporte para exportação (porto mais próximo ou porto de Santos) registrou alto p-valor (acima de 0,25) nos modelos *probit* e *tobit*, sendo ligeiramente inferior no modelo *logit*. Em algumas das formas funcionais testadas, a variável apresentou sinal trocado. A inclusão dessa variável afetou ainda a significância estatística de outras, como rentabilidade do sistema, embora tenha apresentado p-valor aceitável no modelo de *Poisson*. A exclusão dessa variável no modelo *tobit* foi reforçada pela estatística de teste de razão de verossimilhança entre modelos restrito e irrestrito no modelo *tobit*.

A *proxy* custo da terra, quando incluída, não foi estatisticamente significativa. Novamente, a razão mais provável foi o agrupamento de informações. Como vimos na descrição das variáveis, ela foi agrupada por estado, não captando as variações de custo da terra dentro de um mesmo estado.

A Tabela 21 apresenta os valores dos parâmetros da equação selecionada após todos os testes. Na primeira linha, estão identificados os modelos econométricos. A segunda linha reporta as variáveis dependentes de cada equação estimada. O nome abreviado da variável explicativa aparece na coluna da esquerda. O valor dos desvios padrão aparece entre parênteses, abaixo dos respectivos parâmetros. É importante lembrar que (à exceção do modelo linear) os valores

⁶³ É importante salientar que também não faz sentido estimar os modelos de variável binária apenas para os municípios cujo frete é precificado pelo mercado, uma vez que o evento nulo não ocorreria.

aqui apresentados referem-se aos parâmetros das variáveis explicativas sobre a variável latente e não sobre a dependente⁶⁴.

Tabela 21: Resultados dos modelos linear, tobit, poisson, probit e logit

Variável	Linear Rob	Tobit	Poisson	Probit	Logit
	Moagem Total	Moagem Total	Existência de Usina	Existência de Usina	Número de Usinas Existentes
rent_ha0506	41.915 (49.66712)	2343^a (715.1273)	0.00111^a (0.0003414)	0.00104^a (0.0002693)	0.00152^a (0.0004945)
rent_sist	-80.9 (74.82182)	-1431^b (686.862)	-0.00055 (0.0003706)	-0.00046^d (0.0002639)	-0.00095^c (0.0004905)
semimp20	0.16b (0.0730387)	4.2^a (0.8214094)	0.0000029^a (0.000000315)	0.0000018^a (0.000000302)	0.0000035^a (0.000000561)
share_imp15	-20868 (28874.06)	-2430201^a (731667.7)	-1.2460050^a (0.4195428)	-0.9564730^a (0.2714103)	-1.7310950^a (0.524539)
ext_5u_40	382772^a (61643.67)	1873810^a (279686.6)	1.0898140^a (0.1449694)	0.6659236^a (0.1040506)	1.2056750^a (0.1877956)
distrib_km	-74.6 (46.81732)	-2972^d (1718.415)	-0.0015592 (0.0009855)	-0.0009607 (0.0006333)	-0.0017936^a (0.001247)
nota3b	22349^a (27109.49)	1947950^a (598691)	2.1081910^a (0.4191487)	0.6905428^a (0.2218695)	2.1602570^a (0.5303231)
nota3a	168888^a (56925.94)	2194139^a (767091.5)	2.2953690^a (0.4991566)	0.7269924^a (0.2874612)	2.3447730^a (0.6442045)
riberao_pira	699011.7 (241936.2)	1102336^a (370463.1)	0.3021084^b (0.1578172)	0.1043474 (0.1512213)	0.1772588 (0.2514261)
_cons	-20280	-7150562^a	-5.0784080^a	-2.6575190^a	-5.4328840^a
R2	0.13	0,12	0.30	0.32	0.32
Log-verossimilhança	-	-4321.2729	-732.39411	-548.63131	-550.42972

As letras indicam níveis de significância estatística: a = 1%; b = 5%; c = 7%; d = 10%

A análise dos parâmetros estimados indica que a forma funcional selecionada conta uma história bastante consistente. Como podemos notar na tabela acima, os parâmetros estimados apresentam o mesmo sinal em todos os modelos e foram ainda coerentes com os valores previamente esperados em todos os casos.

Como verificamos na Tabela 21, foram obtidos resultados bastante satisfatórios quanto à significância estatística dos parâmetros. Dentre os quarenta parâmetros estimados para os modelos não-lineares, apenas oito não foram significativos ao nível de significância de 5%. A variável *rent_cana* mostrou-se estatisticamente significativa a 1% em todos os modelos não-

⁶⁴ Ver seção 4.4 .

lineares, à exceção do modelo *Poisson*. Nesse último modelo, o parâmetro é significativo a 12,3%. A variável *rent_sist* também apresentou comportamento bastante satisfatório em termos de significância estatística, principalmente nos modelos *tobit* e *probit*.

As *dummies* de estado foram testadas separadamente e em conjunto, não sendo estatisticamente significantes em ambos os casos. Por outro lado, a *dummy* para as mesorregiões de Ribeirão Preto e Piracicaba melhorou significativamente o poder preditivo do modelo como um todo, sendo significativa a 1% no modelo Tobit e 5% no modelo Poisson.

Como exposto na seção 4.4, os valores absolutos dos parâmetros não devem ser diretamente comparados entre modelos. No entanto, algumas observações interessantes podem ser feitas. Os parâmetros relativos à rentabilidade da cana foram superiores aos estimados para a rentabilidade do sistema nos modelos *tobit*, *probit* e *logit*. Considerando que o valor absoluto da rentabilidade da cana foi quase sempre superior à rentabilidade das demais culturas (e também na média), a comparação dos parâmetros indica que o usineiro considera mais a rentabilidade da cana-de-açúcar do que o seu custo de oportunidade.

Já os parâmetros que atribuíram maior qualidade à cana foram superiores aos que atribuíram uma nota média em todos os modelos não-lineares.

Deve ainda ser destacado o coeficiente que indica a existência de externalidades na indústria (*ext_5u_40*). Esse coeficiente demonstra a interdependência das usinas na formação de um ambiente propício à produção. Ele indica que dificilmente a expansão das novas usinas e, por consequência, da cultura de cana-de-açúcar, dar-se-á em locais muito afastados dos atuais centros produtivos. Esse parâmetro mostra, no entanto que a instalação das novas usinas em regiões não-tradicionais poderá ter efeito significativo na probabilidade de ocorrência de novos pólos de crescimento.

5.1.2. Ajuste do Modelo

O Pseudo R² dos modelos *logit* e *probit* são bastante semelhantes. Os modelos de variável dependente binária comportaram-se de maneira muito satisfatória em termos de poder preditivo. Os modelos *probit* e *logit* previram corretamente a existência ou não de usinas em 89,95 e 90,15% dos casos, respectivamente. Contudo, o modelo prevê melhor a ausência que

a presença de usina. Esse resultado é provavelmente devido ao forte desbalanceamento da amostra.

Para verificar a sensibilidade espacial do modelo, os resultados previstos foram simulados para cada município da amostra e confrontados com os valores observados, espacializados em mapas apresentados na Figura 7. Os dois primeiros mapas (da parte superior da figura) ilustram o resultado dos modelos binários *logit* e *probit*, o terceiro apresenta os resultados do modelo *Poisson*. O último mapa (embaixo, à direita da figura) confronta os resultados espacializados do modelo *tobit*.

Realizado com Philcerto - <http://perso.club-internet.fr/philgeo> [discrétisation '06']

Figura 7: Probabilidade de ocorrência de usina por município

As bolas pretas representam os valores observados. No caso dos modelos binários, as bolas têm tamanho único, indicando a presença de, pelo menos, uma usina no município. Quando a variável de interesse pode assumir mais de dois valores, as bolas pretas são proporcionais aos valores observados. A escala de cores representa os valores estimados pelo modelo (probabilidade de usina no caso binário, número de usina para o modelo *Poisson* e moagem total prevista pelo modelo *tobit*).

A distribuição das classes de cores foi realizada pelo método Q6 do *software* Philcarto. Esse método divide as observações em seis classes em torno da mediana, com os quatro grupos de igual densidade (22,5% da amostra para cada grupo) e dois grupos extremos, isolando os 5% superiores e inferiores da amostra (WANIEZ, 2007). As cores mais avermelhadas e mais vivas indicam valores mais altos enquanto as azuis e indicam valores mais baixos. Mais precisamente, o grupo constituído de tom azul indica os valores abaixo da mediana e as cores de tons avermelhados indicam os valores acima da mediana.

A análise visual dos mapas indica que todos os modelos obtiveram resultados bastante parecidos e coerentes com os dados observados. As cores mais avermelhadas estão em São Paulo (oeste da mesorregião metropolitana), Triângulo Mineiro e noroeste de Minas Gerais, noroeste do Paraná, Sul Goiano, regiões próximas a Campo Grande (MS) e alguns pontos isolados no oeste e nordeste de Mato Grosso. Não foram identificadas áreas significativas no estado do Tocantins. Verifica-se, no entanto, alguma diferença entre modelos binários e *tobit* na mesorregião Norte Matogrossense. Percebe-se também que a grande maioria das bolas pretas (valores observados) encontram-se em áreas vermelhas ou alaranjadas (classes superiores das previsões), não sendo notadas bolas pretas sobre as áreas azuis (classes abaixo da mediana). Tomando o modelo logit como exemplo, verifica-se que, dos 247 municípios que tinham pelo menos uma usina (bolas pretas), apenas três foram classificados abaixo da mediana (áreas azuis). Uma ocorrência é observada no estado do Mato Grosso e duas em Minas Gerais.

Devemos, porém, fazer ressalvas na leitura dos mapas acima. Comparados com municípios pequenos, os muito grandes tendem a dar impressão que uma parte significativa daquela região tem determinado atributo, enquanto o efeito pode ser limitado a uma fração do município. Por outro lado a informação contida em municípios pequenos tende a “desaparecer” nos mapas. Uma maneira simples de corrigir parcialmente esse efeito visual

(quando pelo menos uma parte da variável é contínua) é dividir o valor da variável pelo tamanho do município.⁶⁵

Para evitar possíveis erros de interpretação dos mapas, os valores previstos pelo modelo tobit estão reportados no Gráfico 8. Nela, as mesorregiões foram ordenadas de acordo com a soma da moagem observada em seus respectivos municípios. De modo geral, a diferença entre valores observados e estimados não é muito significativa para a mesma mesorregião. Da mesma forma, a ordem de grandeza entre mesorregiões é geralmente respeitada. A mesorregião de Ribeirão Preto (SP), apesar de ter o segundo maior valor previsto, apresenta uma moagem total significativamente superior ao que seria esperado pelas hipóteses do modelo. O contrário ocorre nas mesorregiões Centro-norte-paranaense (PR) e de Presidente Prudente (SP) que, de acordo com a previsão do modelo (e suas limitações), têm um potencial subaproveitado.

⁶⁵ Essa correção não foi adotada nos mapas acima pois poderia dificultar a verificação do poder preditivo.

Gráfico 8: Tonelada de cana observada e prevista pelo modelo tobit por mesorregião (milhões de toneladas)

Fonte: dados da pesquisa.

Vale salientar que, dado o objetivo da dissertação, identificamos as regiões mais sensíveis a variações no setor sucroalcooleiro, de forma que não devemos avaliar o poder preditivo do modelo apenas pela sua capacidade de prever corretamente a produção, mas também pela sua capacidade de não acusar produção em áreas pouco propícias.

É importante salientar que a Gráfico 8 apenas indica os locais de maior probabilidade de ocorrência de usinas, servindo para avaliação do grau de ajuste em termos espaciais. Ela não

indica, necessariamente, as áreas mais sensíveis aos choques (efeitos parciais). Esse exercício será feito no subcapítulo 5.2, que se dedica às simulações.

5.2. Simulações

Nesta seção, são analisados os efeitos parciais do choque no patamar de preços sobre a produção de cana-de-açúcar. Esses efeitos, em seguida, são transformados em indicadores econômicos, sociais e ambientais.⁶⁶ A variação dada ao patamar de preço entra de maneira indireta no modelo selecionado. Sua influência é estimada por meio da variável “rentabilidade da cana” descrita na seção 4.5. Os tópicos a seguir fazem a análise dos resultados dos indicadores de moagem de cana-de-açúcar e demais variáveis de interesse (produção de álcool, área colhida, valor da produção e geração de emprego).

5.2.1. Cana-de-açúcar

Assumindo a pressuposição P1, descrita no subcapítulo 4.3, a medida ODC pressiona os preços recebidos pelos produtores brasileiros para baixo, em metade de seu valor. A retirada dessa tarifa gera uma elevação do patamar de preços do etanol em 13,55 centavos por litro⁶⁷, equivalente a aproximadamente 14,3% do preço do álcool anidro recebido pelo produtor na safra 2006/07 (CEPEA, 2008). Dada a pequena diferença entre custos e preço recebido pelo produtor (comum entre as *commodities* agrícolas), essa variação do preço reflete, de maneira mais que proporcional, nas margens da atividade sucroalcooleira. Assim, uma variação de menos e 15% no preço gera um impacto de 50,3% na rentabilidade média dos sete estados selecionados⁶⁸.

Mantendo todas as demais variáveis constantes, o efeito parcial do choque dado aos preços regionais do álcool (mesmo choque aplicado aos diferentes valores de preço de base regionais originais) gera um aumento significativo na produção de cana-de-açúcar. O efeito parcial sobre a produção total de cana é de 171 milhões de toneladas.

⁶⁶ A palavra “patamar”, colocada antes de “preços”, é essencial para entendermos o exercício proposto. Nosso objetivo é avaliar os efeitos permanentes uma vez que todos os ajustes temporários já tenham ocorrido. Assim, o que estamos simulando é a mudança de patamar e não uma oscilação temporária de preços.

⁶⁷ Ver capítulo 4.

⁶⁸ Por construção, a variação absoluta da rentabilidade foi mais intensa entre os municípios com maior produtividade.

O Gráfico 9 mostra como o efeito parcial de um choque no preço recebido pelos usineiros é distribuído entre as mesorregiões. Assim como no Gráfico 8, as mesorregiões foram reportadas respeitando a ordem de grandeza de suas respectivas moagens observadas na safra 2006/07. Podemos perceber que, de modo geral, o efeito parcial foi mais intenso nas regiões que já apresentavam maior valor esperado antes do choque. Entre as mesorregiões com moagem originalmente muito baixa, o impacto foi, de modo geral, inexpressivo.

As mesorregiões de Ribeirão Preto (SP) e São José do Rio Preto (SP) destacam-se com efeito parcial muito superior aos demais. Após uma queda abrupta entre o segundo e terceiro maiores impactos, os efeitos parciais mantêm-se mais elevados (entre 5 e 10 milhões de toneladas) nas mesorregiões de Campinas (SP), Centro-Goiano (GO), Piracicaba (SP), Assis (SP), Noroeste Paranaense (PR), Bauru (SP), Araçatuba (SP), Sul Goiano (GO), Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG), Presidente Prudente (SP), Norte Central Paranaense (PR). As mesorregiões Centro-norte-paranaense e de Presidente Prudente destacam-se por apresentarem um alto efeito parcial em relação à moagem originalmente observada. Por outro lado, a mesorregião Sudoeste-Mato-grossense (MT) apresenta uma resposta relativamente pequena em relação a seu *ranking* em 2006/07. Em 23 das 53 mesorregiões, o efeito parcial foi inferior a 800 mil toneladas.

Gráfico 9 Efeito parcial sobre a produção de cana-de-açúcar por mesorregião (milhões de toneladas)

Fonte: Dados da pesquisa.

Finalmente, para avaliar a coerência das estimativas, a área total agricultável de cada município foi confrontada com a soma da área colhida de cana-de-açúcar declarada na Pesquisa Agrícola Municipal de 2006 com o efeito parcial aqui estimado. Dos 2500 municípios, apenas 28 (20 em São Paulo, 4 no Paraná, 3 em Minas Gerais e 1 no Mato

Grosso) apresentaram área agricultável menor que a necessária para suprir suas necessidades. Desses 28, apenas 6 tiveram um déficit superior a 100 hectares e todos tiveram déficit menor que 1.000 hectares. Deve-se considerar que estamos simulando a quantidade de cana processada em uma usina, de maneira que nada impeça que uma usina busque cana-de-açúcar em municípios vizinhos (ela geralmente o faz).

5.2.2. Demais variáveis de interesse

Para auxiliar a análise econômica, social e ambiental, os resultados do tópico anterior foram convertidos em unidades de medida mais familiares. As unidades de medida são: área colhida, litros de etanol anidro, número de postos de trabalho e valor da produção. É importante notar que, embora todas as medidas sejam uma função da produção de cana-de-açúcar, as diferenças regionais (em toneladas por hectare e teor de ATR por tonelada de cana e preços) impossibilitam a conversão direta entre esses, devendo a conversão ser efetuada para cada município e depois agregada⁶⁹. As próximas seções tratarão dessas variáveis, quantificando-as e referenciando-as geograficamente⁷⁰. Será também feito uso de índices particularmente interessantes para auxiliar a análise do impacto socioeconômico aqui simulado.

5.2.2.1. Área colhida

A expansão da área colhida de cana-de-açúcar é uma variável particularmente interessante para avaliarmos a pressão exercida pela cana sobre os demais usos da terra. Na simulação de expansão da quantidade de cana processada pelas usinas, não foi feita nenhuma pressuposição além de P1, de modo que a produtividade da cana e todas as demais variáveis permanecem constantes. Considerando a produtividade média observada em cada município da amostra, haveria necessidade de um acréscimo total de 2,150 milhões de hectares colhidos nos estados selecionados para produzir os 171,5 milhões de toneladas de cana adicionais do tópico anterior. A alta produtividade média da expansão (79 toneladas por hectare) antecipa-nos que ela ocorre preferencialmente em áreas de produtividade elevada.

Apenas o valor absoluto de expansão de área permite apenas uma análise simplificada do impacto da expansão sobre o uso do solo. Uma análise mais completa necessita ponderar o valor da expansão por outros valores como área total, área agricultável e área de pastagens.

⁶⁹ Uma vez efetuado o cálculo por município, verificou-se que a correlação entre as variáveis foi muito próxima à unidade (acima de 0,90) em todas as combinações.

⁷⁰ Os valores das variáveis selecionadas estão tabulados por mesorregião no anexo.

Nos próximos parágrafos, a análise regional da expansão da área colhida (em valores absolutos) será auxiliada por duas outras medidas da expansão da cana: o percentual da área total e percentual da área de pasto⁷¹. Oportunamente, a área observada na safra 2006/07 também será reportada.

A ponderação pela área total da unidade geográfica é imprescindível para evitar comparações inadequadas entre unidades geográficas de tamanhos diferentes. Essa adaptação ajuda-nos também a visualizar em mapas a pressão exercida na demanda por terra em cada município, retirando o efeito visual associado ao tamanho do município. A ponderação pela área de pastagens demonstra-se particularmente interessante pela capacidade de a bovinocultura brasileira “ceder” áreas para a agricultura. Dada a baixa rentabilidade por hectare da bovinocultura e a relativamente baixa produtividade por hectare⁷², a pressão sobre outras atividades agrícolas e vegetação natural tende a aumentar proporcionalmente a relação entre área de expansão da cana-de-açúcar e área de pasto.

A Figura 8 reporta a expansão da área colhida dividida pela área total de cada município. Os municípios em tons azuis (50% da amostra) são aqueles onde a expansão representa menos de 0,23% da área total do município. A classe em tom amarelo claro representa áreas com impacto reduzido (entre 0,23 e 2,8%). Na classe com tom alaranjado, a demanda adicional por terra varia entre 2,8 e 16,7% (média de 7,3%), indicando que, nesses municípios, o impacto sobre a disputa por terra começa a ser sentida de forma mais evidente. Os municípios, onde a demanda adicional por terra é superior a 16,7%, representam os 5% da mostra e foram agrupados na classe mais alta (vermelha). Vale ressaltar que, apesar da grande amplitude dessa classe, sua média é de 22%, indicando a existência de poucos valores isolados na parte superior⁷³.

⁷¹ Dadas as limitações referentes ao senso agropecuário de 2007 (base 2006), serão considerados apenas os municípios em que os valores de área de pasto não aparecem anulados.

⁷² Além do índice de lotação, a produtividade deve considerar também o peso no abate e o período de engorda do animal.

⁷³ Dos 122 municípios incluídos nessa classe, apenas 8 tiveram área de expansão superior a 50% da área total do município. No entanto, todos eles eram municípios pequenos (menores que 5000 ha).

Figura 8: Percentual da área colhida sobre a área total do município

Fonte: dados da pesquisa e IBGE (2005)

A Figura 9 ilustra a relação entre área de expansão de cana-de-açúcar e a área de pastagens registrada nos resultados preliminares do censo de 2007 (valores para 2006). As três classes em tons azuis são aquelas onde a expansão da área colhida não ultrapassa 10% das áreas de pastagens. Essas três classes contam com 1903 municípios, que correspondem a 77,2% dos dados reportados. As duas classes seguintes incluem os municípios onde a relação entre expansão de área colhida e pasto fica entre 10 e 50%. Essas duas últimas classes agregam 13,3% dos municípios. As duas últimas classes, com índices acima de 50% (laranja) e acima de 100% (vermelho) dividem os 10% restantes da amostra, sendo 3,4% para a classe laranja e 6% para a vermelha.

Figura 9: Percentual expansão da área colhida sobre área de pastagens

Fonte: dados da pesquisa e IBGE (2007)

O estado de São Paulo é responsável por 56% da expansão nacional em área colhida. A expansão, simulada em 1199 mil hectares, representa 4,83% da área total e quase 13,74% da área de pasto⁷⁴ do estado. Embora a expansão da área colhida seja inferior 1% da área de pasto em 491 dos 645 municípios paulistas, existem diferenças significativas em relação à disponibilidade de terras entre regiões do estado.

Grande parte da expansão do estado de São Paulo (485 mil hectares) ocorre nas mesorregiões de Ribeirão Preto e São José do Rio Preto. Essa expansão representa 10% e 8% da área total das mesorregiões, respectivamente. Somadas à área já ocupada por cana de açúcar reportada pelo IBGE na safra 2006/07, a área colhida de cana chegaria a 43% da área total de Ribeirão Preto e 21% de São José do Rio Preto. A disponibilidade de terras, medida pelo percentual da área de expansão sobre a área de pasto, é relativamente baixa. A relação entre expansão de área de cana e área de pastagens é de 19% e 20%, respectivamente. Por sua vez, a lotação média (em animais por hectare) já atinge, respectivamente, 1,54 e 1,70 animais por hectare,

⁷⁴ Considerando apenas os municípios em que os dados de pasto foram reportados no censo de 2006.

valores considerados altos para os padrões brasileiros. Apesar de ter um efeito parcial total menos forte que as duas primeiras mesorregiões de São Paulo, as regiões também tradicionais de Piracicaba e Assis recebem uma pressão por novas áreas muito semelhante se considerarmos sua participação na área total da mesorregião. A expansão é equivalente a 10% e 7% da área total que, somadas à área registrada na safra 2006/07, chega a 38% e 24% da área total de Piracicaba e Assis, respectivamente.

No Paraná, a expansão em área colhida é de 286 mil hectares, representando 1,4% e 4,9% de sua área total e de pastagens, respectivamente. Assim como em São Paulo, as diferenças dentro do estado são significativas. Praticamente 90% da expansão de área do estado é concentrada nas mesorregiões Norte-central, Noroeste e Norte Pioneiro Paranaense. A expansão em área é equivalente a 3,9% da área total dessas três mesorregiões. Embora o índice de expansão sobre pastagens varie significativamente entre os municípios, o índice agregado por mesorregiões fica entre 6% e 12%. Por sua vez, a taxa de lotação varia entre 1,29 e 1,43 animais por hectare nessas três mesorregiões. As mesorregiões ao sul do estado (Metropolitana de Curitiba, Centro-Sul, Sudoeste e Sudeste Paranaense) têm expansão muito limitada, sendo pouco superior a 2 mil hectares.

A terceira maior expansão em área ocorre no estado de Minas Gerais, que registra uma expansão de 251 mil hectares. O Triângulo Mineiro é responsável por 44% da expansão de área do estado; a segunda maior é observada na mesorregião Sul/Sudoeste de Minas. O aumento de área colhida nessas duas mesorregiões fica muito próximo de 1% de suas respectivas áreas totais, enquanto a área total ocupada por cana (somando-se a área observada em 2006/07) é de 4% e 2% no Triângulo Mineiro e Sul/Sudoeste de Minas, respectivamente. Como podemos observar na Figura 9, a expansão da área colhida ultrapassa 10% da área de pastagens apenas em alguns municípios isolados. Por sua vez, a taxa de lotação é muito próxima da média brasileira (um animal por hectare) nas principais regiões de expansão.

Nos demais estados do Centro-Oeste e Norte, a expansão em área é de 415 mil de hectares, sendo de 187 mil no estado de Goiás (de sua área total), 105 mil no Mato Grosso do Sul, 107 mil de no Mato Grosso e 15 mil no estado do Tocantins. Essa expansão é equivalente a 0,5%, 0,29%, 0,12% e 0,05% das respectivas áreas totais.

As mesorregiões com maior expansão são Sul Goiano (97 mil hectares), Centro Goiano (81 mil hectares), Norte Mato-grossense (48,9 mil hectares) e Sudoeste do Mato Grosso do Sul (46 mil hectares).

A Figura 8 mostra-nos que, nesses estados, a expansão é inferior a 2% da área total na grande maioria dos municípios, sendo superior a 16% da área total em apenas 3 municípios do estado de Goiás. Já a Figura 9 indica que, salvo algumas exceções, a área de expansão de cana-de-açúcar é inferior a 10% da área de pasto.

Assim como na expansão de produção de cana-de-açúcar, podemos perceber uma maior concentração da expansão próxima às áreas tradicionais. No entanto, quando comparamos com as demais medidas de área, essa concentração é ainda mais acentuada, gerando pouca ou nenhuma pressão em áreas novas.

5.2.2.2. Álcool Anidro

A quantidade de álcool produzida é a primeira variável de interesse tratada. Transformando os 171,5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar em litros de etanol anidro (pressuposição P2)⁷⁵ considerando ATR local e uma taxa de conversão industrial fixa em 1,7651 kg de ATR por litro de etanol anidro, teríamos uma variação total de 13,778 bilhões de litros do combustível na região selecionada. Não foi feita nenhuma hipótese de melhoria nos padrões tecnológicos de transformação de cana em etanol. Os parágrafos a seguir descrevem a distribuição espacial da expansão da produção de etanol.

A Figura 10 reporta a expansão da produção de álcool anidro⁷⁶ por município. Os valores em tons de azul vão de zero a 640 mil litros. As duas classes mais altas representam municípios com expansão da produção superior a 8,2 e 24 de milhões de litros. Podemos notar que grande parte das observações das duas classes superiores encontra-se no estado de São Paulo, na região de fronteira entre os estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás. Observa-se também um agrupamento significativo na mesorregião Norte Mato-grossense, na região Central do Mato Grosso do Sul e Central de Minas Gerais. Alguns municípios isolados

⁷⁵ Ver seção 4.3.

⁷⁶ Todos os mapas da figura foram realizados com a metodologia Q6 do *software* Philcarto. Para rever a metodologia de separação de classes, ver seção 5.1.2

destacam-se no extremo Noroeste de Mato Grosso. No Tocantins, o município de Porto Nacional apresenta expansão de produção diferenciada.

Figura 10: Efeito parcial convertido em produção de álcool anidro por município (litros)

Fonte: IBGE (2005) e Dados da pesquisa.

Com a maior produtividade média (6736 litros/ha), o estado de São Paulo seria responsável por 58% da expansão em volume de etanol (8,08 bilhões de litros). Grande parte desse impacto seria produzido em regiões tradicionais, sendo 3,337 bilhões nas mesorregiões de Ribeirão Preto e São José do Rio Preto. O estado do Paraná seria o segundo maior responsável pelo aumento da produção de álcool, com uma variação da sua produção na ordem de 1,8 bilhões de litros. As mesorregiões Norte-central, Noroeste e Norte Pioneiro Paranaense concentram 89% da expansão de produção de etanol do estado. A terceira maior expansão ocorre em Minas Gerais, que registra uma expansão 1,559 bilhões de litros. O Triângulo Mineiro é a mesorregião de maior destaque, com expansão de 47% da produção de etanol do estado (734 milhões de litros), seguido pela mesorregião de Sul/Sudoeste de Minas, com expansão de 273 milhões de litros.

O estado de Goiás registra a maior expansão da produção de etanol entre os estados do Centro-Oeste e Norte. Com a segunda maior média estadual de produtividade (6592 litros de

etanol por hectare), a expansão total do estado é equivalente a 1,238 bilhões de litros. As mesorregiões com maior expansão são a Sul e Centro-Goiano, representando 97% da expansão da produção do estado. Deve-se também fazer menção à alta produtividade da mesorregião Sul-Goiano, que produzindo em média 7005 mil litros de etanol por hectare, tem a segunda maior produtividade de todas as mesorregiões estudadas.

No Mato Grosso do Sul, a expansão é de 596 milhões de litros. A mesorregião de Sudoeste do Mato Grosso do Sul é quem recebe o maior impacto, sendo responsável por uma expansão de 300 milhões de litros. O restante da produção é quase toda dividida entre as mesorregiões Centro, Norte e Leste do Mato Grosso do Sul. A expansão no estado de Mato Grosso é menor, embora próxima (75%), que a expansão observada no Mato Grosso do Sul. No Mato Grosso, a expansão é de 447 milhões de litros. A maior ocorre na mesorregião Norte-Mato-grossense (181 milhões de litros), considerando também sua área total substancialmente maior que a média da região selecionada para este estudo⁷⁷. A segunda maior expansão do estado é observada na mesorregião Sudoeste Mato-grossense. Nessa mesorregião, 83% da expansão são concentradas na microrregião de Rondonópolis.

Embora muito inferior aos demais estados, a produção de álcool no Tocantins registra uma expansão significativa em relação a sua produção atual (expansão de 52 milhões de litros frente a uma produção atual de aproximadamente 9 milhões de litros). Deve ser dado o destaque ao município de Porto Nacional, que, sozinho, registraria uma produção de 24,5 milhões de litros.

5.2.2.3. Valor da produção

O valor da produção de álcool é outra variável de grande interesse para analisar os impactos da expansão da cultura canavieira na economia. Para este tópico, o cálculo do valor da produção será feito com base nos novos preços descritos na seção 5.2.1 (pressuposição P1) e a quantidade de etanol anidro descrita na seção 5.2.2.2 (pressuposição P2). Como verificamos, a pressuposição P2 não é indispensável para calcularmos o valor da expansão da produção, uma vez que esse cálculo poderia ser feito direto na quantidade e preço do ATR. Optou-se por

⁷⁷ A mesorregião Norte Mato-grossense tem área total de 48,2 milhões de hectares sendo mais de 10 vezes maior que a média das mesorregiões do presente estudo.

manter a hipótese P2 para facilitar a compreensão dos resultados para os leitores menos familiarizados com os detalhes da produção sucroenergética.

Sob P1 e P2, a expansão da produção de etanol geraria uma receita adicional para as usinas de 14,783 bilhões de reais. Os valores estaduais do adicional de receita estão reportados na Tabela 22. Naturalmente, as regiões com maior expansão de produção de etanol são as que se apropriam de uma maior parcela dessa receita. São Paulo representa, assim, 58% da receita total, enquanto os três estados com menor expansão juntos recebem apenas 9,3% das receitas totais. Por outro lado, o impacto da receita adicional relativo ao PIB da região não respeita a mesma ordem. O maior impacto relativo ocorre no Mato Grosso do Sul e, em seguida, em Goiás (acima de 2% do PIB). Embora tenha a maior expansão de produção, dado seu PIB relativamente elevado, o estado de São Paulo tem apenas o quinto maior impacto relativo.

Tabela 22: Receita adicional da expansão de produção de etanol (R\$ mil e percentual).

Estado	Receita (R\$ mil)	PIB 2005* (R\$ mil)	Receita/ PIB (%)
Goiás	1.383.600	52.919.401	2.61
Mato Grosso	500.283	39.233.068	1.28
Mato Grosso do Sul	665.883	22.635.705	2.94
Minas Gerais	1.652.951	201.694.582	0.82
Paraná	1.911.923	13.2593.519	1.44
São Paulo	8.559.896	761.341.187	1.12
Tocantins	63.713	95.12.014	0.67
Total geral	14.738.249	1.219.929.477	1.21

*Preços de 2006

Fonte: dados da pesquisa (receita adicional), IBGE e IPEA (PIB municipal)

5.2.2.4. Emprego

O número de empregos gerados é a última (mas não menos importante) variável analisada. Para calcular o número de empregos gerados, o efeito parcial sobre a produção de cana-de-açúcar⁷⁸ foi transformado em empregos na indústria e na colheita por meio de um índice constante. Podemos perceber que as pressuposições assumidas são P1 e P3, não sendo necessária a pressuposição P2 feita nos dois tópicos anteriores.

Sob P3, no padrão tecnológico em que a colheita é totalmente mecanizada, são gerados 0,279 empregos para cada mil toneladas de cana, sendo 0,149 para a indústria e 0,130 para a

⁷⁸ Ver seção 5.2.1.

colheita mecanizada. Esse padrão gera uma quantidade menor de emprego por tonelada de cana-de-açúcar que o atual (0,96 empregos por tonelada de cana), mas os empregos são de melhor qualidade. Não são também contabilizados os empregos indiretos e induzidos. Esse método de cálculo tende a subestimar a quantidade total de emprego gerada, mas possibilita a localização do emprego (o que é mais difícil se considerarmos os empregos indiretos e induzidos) e comparações com estatísticas confiáveis de emprego formal.

Para a comparação com o número observado de empregos, optou-se pelos bancos de dados municipais do Cadastro Central de Empresas (CEMPRE), disponíveis no SIDRA (IBGE, 2008). Pela definição,

O CEMPRE - é formado por empresas e unidades locais formalmente constituídas, registradas no CNPJ - Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica. Sua atualização ocorre anualmente, a partir das pesquisas anuais do IBGE, nas áreas de Indústria, Comércio, Construção e Serviços, e de registros administrativos, como a Relação Anual de Informações Sociais – RAIS (IBGE, 2008).

A Tabela 23 reporta o número de postos de trabalho por estado em diferentes classificações. Na primeira coluna, estão apresentados os empregos formais em 2005, de acordo com o CEMPRE. Nas colunas seguintes, estão os valores simulados de empregos gerados em diferentes padrões tecnológicos, diferenciados principalmente pelo percentual de colheita mecanizada. Foi também reportado o percentual do emprego gerado em relação aos empregos formais de 2005. Por ser uma função linear da quantidade de cana processada, a ordem e proporção de novos postos de trabalho em cada estado (em termos absolutos) é exatamente a mesma entre os padrões analisados. Embora o número de postos de trabalho totais reduza-se conforme migramos de um padrão tecnológico menos mecanizado para outro mais avançado, com redução de pessoal principalmente na colheita manual, o número total de postos de trabalho de melhor qualidade (industrial e colheita mecanizada) evolui de 40616 para 47968.

Quando avaliamos a expansão dos novos postos em proporção ao número de postos de trabalho de 2005, percebemos que a ordem entre estados é alterada. Isso ocorre, obviamente, pelos níveis de emprego originalmente mais baixos em determinados estados. Nesse caso, a nova ordem é: Mato Grosso do Sul; Goiás; Mato Grosso; Paraná; São Paulo; Minas Gerais; e Tocantins. São Paulo, que é o estado com maior expansão de produção, fica apenas em quarto lugar quando avaliamos o percentual de novos postos de trabalho.

Tabela 23: Empregos por estado, atuais e simulados em diferentes padrões tecnológicos

Estado/região	Emprego Total	Padrões tecnológicos setor sucroenergético					
		40% mecanizada (Ref 2006/07)		70% mecanizada (Ref 2010/11)		(100% mecanizada) (Ref 2015/16)	
		2005	Expansão	%	Expansão	%	Expansão
Goiás	1.099.253	13.079	1,19	8.150	0,74	4.200	0,38
Mato Grosso	544.668	4.971	0,91	3.098	0,57	1.596	0,29
Mato G. do Sul	450.926	6.607	1,47	4.117	0,91	2.122	0,47
Minas Gerais	4.227.800	16.722	0,40	10.420	0,25	5.370	0,13
Paraná	2.653.317	20.114	0,76	12.534	0,47	6.459	0,24
São Paulo	11.917.805	87.266	0,73	54.380	0,46	28.021	0,24
Tocantins	185.848	624	0,34	389	0,21	200	0,11
Total	2.107.9617	149.384	0,71	93.088	0,44	47.968	0,23

Fonte: IBGE – CEMPRE; UNICA, cálculos do autor.

A Figura 11 auxilia-nos na análise desagregada dos dados acima. As diferentes cores representam os diferentes impactos no nível de emprego de cada município. O nível tecnológico selecionado foi de corte 100% mecanizado e o número de empregos do CEMPRE foi usado como base. Para evitar discrepâncias devido a observações inicialmente muito baixas, foi feito um corte arbitrário quando o número de empregos formais reportados em um município era inferior a 10. As classes de tons azuis (de 0 a 0,19%) representam 50% da amostra. A em amarelo claro (0,19 a 1,66%) representa 22,5% da amostra, e mais 22,5% são de cor alaranjada (1,66 a 12,07%). Os 5% restantes estão coloridos de vermelho.

Figura 11: Percentual de empregos gerados sobre empregos formais de 2005

Fonte: dados da pesquisa e IBGE (CEMPRE)

Apesar de observarmos uma quantidade significativa de municípios nas classes mais altas nas regiões tradicionais de cana-de-açúcar, é possível encontrar nelas classes azuis. Esse fato é principalmente devido aos altos valores de empregos formais já existentes nesses municípios no período de base. Por outro lado, é possível observar valores acima da média (tons amarelo e superiores) em regiões menos tradicionais.

As 15 (entre 53) mesorregiões com maior expansão de empregos concentram 80% dos empregos totais gerados. Nessa classe, estão incluídas 9 mesorregiões de São Paulo, 2 do Paraná, 2 de Goiás, uma de Minas Gérias e uma do Mato grosso do Sul. As 10 mesorregiões onde o maior número de emprego foi criado são: Ribeirão Preto (SP), São José do Rio Preto (SP), Norte Central Paranaense (PR), Presidente Prudente (SP), Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG), Araçatuba (SP), Bauru (SP), Sul Goiano (GO), Piracicaba (SP) e Assis (SP).

Já entre as mesorregiões com maior expansão relativa do número de postos de trabalho são Assis (SP), Presidente Prudente (SP), Araçatuba (SP), São José do Rio Preto (SP), Noroeste Paranaense (PR), Sul Goiano (GO), Sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS), Norte Pioneiro

Paranaense (PR), Ribeirão Preto (SP), Sudoeste-Mato-grossense (MT). Além da alternância na ordem em relação aos valores absolutos, podemos perceber quatro novas mesorregiões entre as 10 principais em termos relativos, sendo duas no Paraná, uma no Mato Grosso do Sul e uma em Mato Grosso.

Esses resultados permitem-nos concluir que, apesar da geração de empregos ser mais intensa nas regiões mais tradicionais, quando a análise compara empregos gerados com os atuais, o padrão de expansão da cana tende a se fazer sentir também em regiões mais diversificadas.

6. CONCLUSÕES

O estudo buscou inferir o padrão de expansão do setor sucroenergético brasileiro no passado recente e no futuro próximo. A avaliação retrospectiva concentrou-se na descrição histórica, complementada por uma avaliação teórica dos condicionantes dessa expansão. A avaliação teórica foi fundamentada em elementos da Teoria Neoclássica e da Nova Economia Institucional. Os resultados da análise retrospectiva foram testados por meio de métodos quantitativos econométricos, o que permitiu a realização do exercício prospectivo.

A análise histórica identificou diferentes padrões condicionantes e estímulos à expansão da atividade canavieira no Brasil. A cana-de-açúcar é uma das atividades agrícolas mais rentáveis no território brasileiro, tendo, assim, importante papel histórico na formação e garantia da soberania do território nacional. O longo período analisado em seguida, entre 1580 e 1870, demonstrou que, mesmo uma atividade na qual o Brasil registrou significativas vantagens comparativas estáticas, a falta de instrumentos incentivadores da concorrência e inovação colocou em risco sua viabilidade e continuidade.

O período de tentativa de recuperação do setor, que culminou na intervenção estatal a partir da década de 1930, evidenciou a dificuldade do surgimento espontâneo de instituições setoriais capazes de conciliar grupos e interesses desiguais. A intervenção estatal considerada benéfica para o setor ajudou na sua reestruturação e resolução de seus conflitos internos, embora alguns autores tenham apontado a falta de isonomia e transparência como características marcantes da intervenção.

O Programa Nacional do Álcool foi um divisor de águas em que a cana-de-açúcar deixou definitivamente de ser apenas um produto alimentar, adquirindo características de um produto energético. O setor passou a ser guiado não mais apenas pelos preços e quotas de produção do açúcar, passando o álcool também a fazer parte da tomada de decisão. O processo de desregulamentação marcou o período entre o final da década de 1980 e início do século XXI.

Com as lições aprendidas, a estrutura do setor sucroenergético consolida-se na fase pós-desregulamentação, agora com novas estratégias e objetivos. As perspectivas de desenvolvimento concentram-se na “cana de energia”, na qual o principal avanço consiste na recuperação do mercado interno de etanol por meio dos veículos *flex* e perspectivas em

relação ao mercado internacional. Além de novos grupos empresariais, e estratégias comerciais articuladas, o setor sucroenergético passa a consolidar novos padrões de produção com elevado grau de mecanização e otimização dos subprodutos da cana-de-açúcar no padrão tecnológico existente e emergente.

Dentre os condicionantes da localização da produção sucroenergética, o estudo identificou a rentabilidade da produção de cana-de-açúcar, a rentabilidade das demais culturas (como custo de oportunidade para a produção de cana-de-açúcar), os custos de transporte dos produtos da cana-de-açúcar, a aptidão climática, a disponibilidade de terras, a aptidão para mecanização nas terras disponíveis, além das externalidades positivas e negativas geradas pelo próprio setor.

A identificação dos principais condicionantes da expansão espacial da cana-de-açúcar foi testada empiricamente e mostrou-se coerente com os resultados obtidos por meio da estimação econométrica. Os sinais dos parâmetros obtidos nos modelos econométricos respeitaram as relações deduzidas na análise qualitativa.

A variável construída para representar a rentabilidade da cana-de-açúcar em cada município considerou a produtividade agrícola e industrial, custos fixos e variáveis da fase agrícola e industrial, preços e participação dos produtos finais de açúcar e etanol. A comparação dos parâmetros indicou que o usineiro considera mais a rentabilidade da cana-de-açúcar do que o seu custo de oportunidade.

O sinal obtido no sinal da *proxy*, dedicada a mensurar as externalidades geradas pelo próprio setor, indica que as forças “atratoras” são, via de regra, mais fortes que as forças “repulsoras”. Ele indica que dificilmente a expansão das novas usinas e, por consequência, da cultura de cana-de-açúcar, dar-se-á em locais muito afastados dos atuais centros produtivos. Por outro lado, a instalação das novas usinas em regiões não tradicionais pode ter efeito significativo na probabilidade de ocorrência de novos pólos de aglomeração. Deve-se ressaltar que a *proxy* escolhida não distinguiu as usinas entre os diferentes grupos econômicos. A revisão qualitativa identificou a ocorrência de formação de “áreas de influência” de grupos econômicos, que posicionavam suas usinas próximas umas das outras, permitindo-lhes beneficiarem-se das externalidades positivas sem sofrer concorrência direta por insumos. Tal fato pode auxiliar na compreensão do sinal positivo obtido no modelo econométrico.

Os testes de significância estatística de *dummies* para as regiões de Ribeirão Preto e Piracicaba alertam para a possibilidade das externalidades positivas serem mais intensas em regiões mais tradicionais.

Controlado pela área apta para agricultura, os municípios mais planos, mais próximos do mercado consumidor interno e com mais aptidão climática tendem a ter mais probabilidade de existência de usina, maior número de usinas e uma quantidade total de cana-de-açúcar moída mais elevada.

A forma funcional selecionada para estimar a quantidade de cana-de-açúcar produzida em determinado município, estimada pelo modelo *tobit* e linear robusto a heterocedasticidade, foi confrontada com os resultados de três outros modelos econométricos com as mesmas variáveis dependentes. A probabilidade de existência de usina foi estimada pelos modelos *logit* e *probit*, a quantidade de usinas foi estimada pelo modelo de *poisson*. Os resultados dos cinco modelos estimados, além de coerentes com a teoria econômica, foram semelhantes entre si, dando maior robustez aos resultados.

O grau de ajuste dos modelos foi também bastante satisfatório. A espacialização dos resultados em mapas e a agregação dos resultados do modelo *tobit* em mesorregiões auxiliaram a demonstrar a sensibilidade dos modelos.

Embora tais resultados sejam estimulantes no sentido de analisar o passado, eles não nos garantem que o mesmo padrão será observado no futuro. Nesse caso, a precisão dos resultados prospectivos fica sujeita às pressuposições assumidas para a simulação.

O exercício prospectivo simulou uma elevação de preços do etanol de igual magnitude em todos os municípios da região selecionada. A seleção da região que engloba os estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Tocantins é justificada por consolidarem a região com maior potencial de expansão.

A elevação de preços é fruto da pressuposição feita acerca da eliminação da medida outros direitos e encargos (ODC). Para exportar etanol diretamente do Brasil pra os EUA, paga-se uma tarifa *ad valorem* de 2,5% além de US\$ 0,54 por galão referente ao ODC. A eliminação

do ODC corresponde hoje a um dos principais obstáculos às exportações brasileiras de etanol para os EUA e sua eliminação pode representar a realização de uma nova fase para o setor sucroenergético, com maior peso para o mercado externo de etanol.

No exercício, o novo patamar de preços elevou a produção de cana-de-açúcar em 171 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (45 % de crescimento sobre período base), o que é equivalente a 13,8 bilhões de litros de álcool anidro (88% de crescimento sobre período base). A receita adicional gerada pela expansão da produção de etanol foi de R\$ 14,8 bilhões (101% da receita de etanol no período base). A área colhida aumentou em 2,16 milhões de hectares (47% de crescimento sobre período base). O número de empregos gerados nas atividades agrícola e industrial depende muito do nível de mecanização e da qualidade do emprego gerado. No cenário que gerou a maior quantidade de empregos, foram gerados 149 mil novos postos de trabalho. No cenário que gerou a menor quantidade de empregos, 48 mil novos postos de trabalho de qualidade superior foram criados. Os efeitos indiretos ou induzidos não estão contabilizados, o que pode ampliar ainda mais o impacto do exercício sobre o emprego e renda.

A distribuição geográfica simulada no exercício foi desigual e merece atenção especial. Com maior parque instalado, o estado de São Paulo foi responsável pela a maior parte da expansão, seguido pelos estados do Paraná, Minas Gerais e Goiás e, em menor medida, pelo Mato Grosso do Sul. Nos demais estados, é possível identificar regiões onde a expansão ocorre de maneira mais intensa embora os valores estaduais sejam pequenos.

Os índices utilizados para medir a pressão da expansão sobre a disponibilidade de terras indicaram que esta é muito mais intensa nas regiões tradicionais de São Paulo e Paraná. A relação entre área de expansão e área de pastagens é mais severa nas regiões Ribeirão Preto, Araraquara, Piracicaba e Bauru, além de alguns municípios das mesorregiões Noroeste Paranaense e Norte Central Paranaense. Nessas regiões, a área de expansão chegou a ser superior à área ocupada por pastagens em 2006. Nos demais estados, a área de expansão da cana é menor que 10% da área de pastagens, com exceção de algumas regiões específicas dos estados de Minas Gerais e Goiás, além de alguns municípios isolados.

Vale ressaltar que a metodologia e índices utilizados no estudo não analisam a substituição entre culturas ou a mudança direta ou indireta de uso do solo. No entanto, a análise dos

resultados obtidos leva a concluir que dificilmente as áreas de vegetação natural estariam sendo substituídas por áreas dedicadas ao plantio de cana-de-açúcar.

Resultados interessantes foram obtidos na análise dos índices de emprego e renda. Nessa análise, os valores absolutos de novos postos de trabalho e valor da produção de etanol obtidos no exercício foram ponderados pelo nível inicial de emprego formal e PIB de cada unidade geográfica, respectivamente.

O aumento percentual dos empregos foi mais intenso no estado de Mato Grosso do Sul, seguido por Goiás e Mato Grosso. São Paulo, que registrou a maior expansão de produção, ficou apenas em quarto lugar quando avaliamos o percentual de novos postos de trabalho.

Uma análise parecida foi feita em relação ao índice utilizado para medir a expansão da renda. O maior impacto percentual ocorreu no estado do Mato Grosso do Sul e, em seguida, em Goiás (acima de 2% do PIB). O estado de São Paulo ficou apenas no quinto lugar.

Finalizando, procurou-se, neste estudo, contribuir para a literatura científica que se dedica a estudar o padrão de evolução do setor sucroenergético no passado recente e futuro próximo, fazendo uso de metodologias qualitativas e quantitativas complementares, sem, contudo, ter a pretensão de esgotar o assunto. Espera-se ter contribuído no sentido de esclarecer certas imprecisões que pairavam acerca da dinâmica de expansão espacial do complexo sucroenergético brasileiro, principalmente entre membros da comunidade política e científica internacional para os quais as peculiaridades dessa dinâmica, que é ainda pouco compreendida por nós brasileiros, são ainda menos evidentes.

Em suma, o trabalho mostrou que a eliminação da tarifa secundária dos EUA (ODC) geraria impactos socioeconômicos significativos e espacialmente difusos, enquanto os impactos ambientais medidos pela expansão da área colhida de cana-de-açúcar seriam concentrados nas regiões tradicionais. A concentração dos impactos ambientais ocorre porque as áreas de maior expansão são aquelas que combinam condições favoráveis de rentabilidade clima e logística e já são altamente ocupadas por outras atividades agrícolas. A dispersão dos impactos socioeconômicos dá-se parcialmente pelo nível de desenvolvimento regional das novas áreas relativamente inferior às áreas tradicionais. Por terem níveis iniciais de emprego e renda mais

baixos, a expansão do complexo sucroenergético nessas regiões tem impactos percentuais superiores à das regiões tradicionais.

Sob tal óptica, recomenda-se que os agentes do setor público e setor privado nacionais busquem articulações que permitam a eliminação de barreiras às exportações brasileiras de etanol, promovendo o desenvolvimento socioeconômico conciliado ao uso racional dos recursos ambientais.

Fica como sugestão para estudos futuros a realização de coleta de dados desagregados para um período mais extenso, que possibilite acrescentar a dinâmica temporal à análise econométrica. A integração de modelos de demanda de açúcar e álcool pode ainda tornar endógenos os preços que neste estudo foram assumidos por pressuposição. O levantamento de dados para uma região mais extensa, que inclua, por exemplo, os estados do Maranhão e Piauí podem gerar resultados interessantes. Ainda com a base de dados desenvolvida nesta dissertação, podem-se realizar diversos outros exercícios, simulando melhoramentos logísticos, tecnológicos, entre outros. Para os interessados em análises da eficácia da política ambiental, sugere-se também avaliar os impactos de diferentes arranjos para otimizar as áreas verdes e produção agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Relação de distribuidores líquidos**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 03/08/2007.

ALVES, Lucilio Rogério Aparecido. **Transmissão de preços do setor sucroalcooleiro do estado de São Paulo**. 107 p. Dissertação (Mestrado). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

ALVES, Maria Rita Pontes. **A dinâmica da cadeia de suprimento no setor sucroalcooleiro**. Sorocaba: Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais da Universidade Federal de São Carlos, 1998. Disponível em <www.abepro.org.br/biblioteca/ENECEP1998_ART189.pdf>. Acesso em julho de 2008.

ANDRADE, Manoel Correa de. **Área do Sistema Canavieiro**. No. 18, Recife: SUDENE, Série Estudos Regionais, 686 p., 1988.

AZEVEDO, Paulo Furquim de. **Nova Economia Institucional: referencial geral e aplicações para a agricultura**. Agricultura São Paulo. São Paulo, v.47, n1, p.33-52, 2000.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES - ANFAVEA. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. Ano de 2008. Disponível em <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>>. Acesso em maio de 2008.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. **Projetos de co-geração chegam a R\$ 2,3 bilhões e representam 1,4 mil MW**. Rio de Janeiro: Nota à imprensa, 2007. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/noticias/2007/not271_07.asp>. Acesso em janeiro de 2008.

BACCHI, Miriam Rumenos Piedade. **O preço do álcool hidratado na bomba cai ou não cai?** Artigo elaborado em 20/01/06. Disponível em: http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_alcool_GM.pdf. Acesso em fevereiro de 2007.

BARROS, Geraldo Santana de Camargo; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade; BURNQUIST, Heloisa Lee. **Estimação de equações de Oferta de exportação de Produtos agropecuários Para o Brasil (1992/2000)**. Brasília: Texto para discussão n°.865, 2002.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Balanço nacional de cana-de-açúcar e agroenergia**. Brasília: Secretaria de Produção e Agroenergia – SPAE, 139 p., 2007.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO MAPA; ACESSÓRIA DE GESTÃO ESTRATÉGICA – AGE. (MAPA/AGE) **Projeções do Agronegócio mundial e Brasil 2006/07 a 2017/18**. Janeiro de 2008. Disponível em www.agricultura.gov.br. Acesso fevereiro de 2008(a).

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Balanço Energético Nacional (BEN)**. Disponível em

<www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432>. Acesso em setembro de 2008(b).

BRASIL, MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO – MDIC. **Portal Aliceweb**. Disponível em <alicesweb.desenvolvimento.gov.br>. Acesso em fevereiro de 2008(c).

BURNQUIST William Lee. LANDELL, Marcos Guimarães de Andrade. O melhoramento genético convencional e a disponibilidade de variedades. *In*: MACEDO (org). **A energia da cana de açúcar doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade**. p. 175-179, 2005.

BRITISH PETROLEUM – BP. *Statistical Review of World Energy (2008)*. Disponível em <www.bp.com>. Acesso em junho de 2008.

CARUSO, Raquel Castelucci. **Análise da oferta e demanda de açúcar no estado de São Paulo**. 79p. 2002. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA – **Indicadores de preços**. Disponível em <www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em 14 de maio de 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar safra 2007/08**, terceiro levantamento, novembro de 2007. Brasília, 2007.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar safra 2008**, terceiro levantamento, agosto de 2008. Brasília, 2008(a).

_____. **Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil, situação observada em novembro de 2007**. Brasília: abril de 2008(b).

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. Superintendência técnica. **Balanço e perspectivas da agropecuária no Brasil**. Disponível em <<http://www.cna.org.br/>>. Acesso em 2008.

COSTA; Cinthia Cabral da. **Medidas protecionistas utilizadas pelos Estados Unidos e União Européia para o açúcar: impacto sobre a economia das regiões exportadoras do Brasil**. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ. Universidade de São Paulo, Piracicaba, janeiro de 2004.

_____. **Formação de preços de açúcar e álcool combustível anidro e hidratado no estado de São Paulo**. 2000. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO - DENATRAN. **Portal Renaest**. Disponível em <www.denatran.gov.br>. Acesso em 5 de junho de 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em janeiro de 2008.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA *Eliminating MTBE in gasoline in 2006*. EUA: EIA *Press release*. Disponível em <www.eia.doe.gov/>. Acesso em 22/02/2006.

ELOBEID, Amani; TOKGOZ, Simla. *Removal of U.S. ethanol domestic and trade distortions: impact on U.S. and Brazilian ethanol markets*. Working Paper 06-WP 427. Ames: Iowa State University, Center for Agricultural and Rural Development (CARD). Oct. 2006.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. *Energy independence and security Act*. Disponível em <<http://www.govtrack.us/congress/bill.xpd?bill=h110-6>>. Acesso em setembro de 2008.

EUROPA. *Energy for the future: renewable sources of energy - white paper for a community strategy and action plan*. Communication from the Commission - COM(97)599 final. Brussels: 1999. Disponível em <europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_en.pdf>. Acesso em Dezembro de 2007.

_____. *Directive 2003/30/ec of the european parliament and of the council of 8 may 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport*. Official Journal of the European Union, Brussels, 2003.

_____. *COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES Renewable Energy Road Map*. Communication from the commission to the council and the european parliament, Brussels, 10/01/2007.

FARGIONE, Joseph *et al.* *Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt*. Disponível em <www.sciencexpress.org / 7 / Page 1 / 10.1126/science.1152747>. Acesso em fev. de 2008.

FARINA, Elizabeth. **Competitividade e coordenação de sistemas agroindustriais: um ensaio conceitual**. Revista Gestão & Produção, vol.6, n.3, p.147-161. Sorocaba, dezembro de 1999.

FARRELL, A. E. *et al* *Ethanol can contribute to energy and environmental goals*. Science, v.311, p.506, 2006.

FEENSTRA, Robert. *Advanced international trade: theory and evidence*. 496 p. Princeton University Press, 2003.

FIGUEIRA, Sérgio Rangel. **Os programas de álcool como combustíveis nos EUA, no Japão e na União Européia e as possibilidades de exportação do Brasil**. 235 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

FIGUEIREDO, Renata. **Gargalos logísticos na distribuição de combustíveis brasileira**. Centro de Estudos em Logística, instituto pós-graduação pesquisa em Administração Universidade Federal do Rio de Janeiro – CEL/Coppead e Instituto Brasileiro do Petróleo - IBP, 2007.

FIGUEIREDO, Adriano Marcos Rodrigues. **Resposta da produção agrícola aos preços no centro-oeste brasileiro: uma análise de econometria espacial para o período 1975-995/1996**. Tese (Doctor Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Fevereiro de 2002.

FNP Consultoria & Comércio. **Agrianual 2007**: Anuário de agricultura brasileira. São Paulo, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Faostat**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em junho de 2008.

FOOD AND AGRICULTURAL POLICY RESEARCH INSTITUTE (FAPRI). **FAPRI 2008 U.S. and world agricultural Outlook**. Disponível em <www.fapri.org/outlook2008>. Acesso em junho de 2008.

GALHARDO, Diogo. **Infra-estrutura e logística**. *Ethanol Summit*. Novas Fronteiras para o etanol, os desafios da energia no século XXI. P. 156-159. São Paulo, 2007.

GIAMBIAGI, F.; MOREIRA, M.M. **A economia brasileira nos anos 90**. Rio de Janeiro: BNDES, 488 p., 1999.

GIAMBIAGI, Fábio *et al* (org). **Economia brasileira contemporânea (1945-2004)**. Rio de Janeiro: Elsevier. 425p, 2005.

GOLDEMBERG, José *et al* **The sustainability of ethanol production from sugarcane**. Centro Nacional de Referência em Biomassa – CENBIO, Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo 2007.

GREENE, William. **Econometric analysis**. *fifth edition*. New York: ed. Prentice Hall. 802p. 2000.

GRUPO DE PESQUISA E EXTENSÃO EM LOGÍSTICA AGROINDUSTRIAL (ESALQ-LOG). **Frete rodoviários**. Piracicaba. Disponível em <log.esalq.usp.br>. Acesso em janeiro de 2008.

_____. **Sistema de informações de fretes (Sifreca)**. Disponível em <<http://log.esalq.usp.br/home/pt/sifrecainf.php>>. Acesso em dezembro de 2007.

GUEDES, Sebastião Neto Ribeiro. **Verticalização da agroindústria canavieira e regulação fundiária no Brasil**: uma comparação internacional e um estudo de caso. 238p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, 2000.

HIRSCH, Robert L. *et al* (Project Leader). **Peaking of world oil production: impacts, mitigation, & risk management**. February 2005

HOUSE OF COMMITTEE ON AGRICULTURE, **Farm Bill**. Disponível em <<http://agriculture.house.gov/inside/FarmBill.html>>. Acesso em junho de 2008.

ICHIHARA, Sílvia Massaru. **O uso combinado dos modelos de insumo-produto e técnicas de geoprocessamento**. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, Piracicaba, 2007.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROINDUSTRIAL – IDEA. **Digital Usinas** safra 06/07. Disponível em <<http://www.ideaonline.com.br/idea/default.asp?menu=10&classificacao=16&nome=DIGITAL%20USINAS>>. Acesso em dezembro de 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE; Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. **Pesquisa agrícola municipal - PAM**. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em setembro de 2007.

_____. **Cadastro central de empresas - CEMPRE**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/cadastroempresa/default.shtm>>. Acesso em junho de 2008.

_____. **Malha digital municipal (CD)**. 2005.

_____. **Censo agropecuário e contagem da população 2007**. Disponível em <<http://censos2007.ibge.gov.br>>. Acesso em dezembro de 2007.

_____. **Levantamento sistemático da produção agrícola - LSPA**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em setembro de 2008(b).

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **IPEADATA Produto interno bruto municipal - PIB municipal**. Disponível em <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em abril de 2008.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. *Biofuels for Transport: an international perspective*. Paris: Chirat, abril, 2004.

_____. *World energy outlook 2006*. Paris: Chirat, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. *Summary for Policymakers Fourth Assessment Report, Working Group III*. Disponível em <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em outubro de 2007.

JANK *et al.* *EU and US Policies on Biofuels: Potential Impacts on Developing Countries*. Washington: *The German Marshall Fund of the United States*. 2007. Disponível em <www.iconebrasil.org.br>. Acesso em dezembro de 2007.

KOPLOW, Doug *Biofuels at what cost government support for ethanol and biodiesel in the United States*, 2007. *International Institute for Sustainable Development - IISD Update* october 2007.

MACEDO, I. de C. *et al.* *Balanço das emissões de gases do efeito estufa na produção e no uso do etanol no Brasil*. **Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo**. São Paulo: Abril, 2004.

MACEDO, Isaias Carvalho de (org). **A energia da cana-de-açúcar** doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade. São Paulo: Berlendis & Vertechia. 237p., 2005.

MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias de. **O mercado de trabalho da agroindústria canavieira: desafios e oportunidades**. *Economia. Aplicada*, v. 11, n. 4, p. 605-619, São Paulo, dezembro de 2007.

MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias de; RODRIGUES, Luciano. *Brazil alcohol national program*. Piracicaba, 53p., junho de 2006.

NATIONAL CORN GROWERS ASSOCIATION - NCGA. *Missouri river annual operation plan and flexible criteria*. 2005. Disponível em <<http://www.ncga.com>>.

NAPPO, Márcio. **A demanda por gasolina no Brasil: Uma avaliação de suas elasticidades após a introdução dos carros bicombustível**. Dissertação - Fundação Getúlio Vargas, Escola de Economia, São Paulo, 2007.

NASSAR, André *et al* 2008 *Prospects of the sugarcane expansion in Brazil: Impacts on direct and indirect land use changes*. Artigo a ser publicado no livro *Global impacts of sugarcane bio- ethanol prelo*. Sao Paulo: Wageningen University,. No Prelo. 2008.

NATALE NETO, J. **A saga do álcool**. São Paulo: Novo Século, 243p., 2007.

NEGRI NETO, Afonso. Estudos de oferta agrícola no instituto de economia agrícola no período de 1962 a 1998. **Informações Econômicas**, SP, v.36, n.2, fevereiro de 2006.

NETO, Luiz. **Cálculo das distâncias entre dois pontos da terra utilizando a trigonometria esférica**. Disponível no site <http://members.tripod.com/caraipora/calc_dist_entre_dois_pontos.htm>. Acesso em novembro de 2007.

NORTH, Douglass. *Institutional change: a framework of analysis*. *EconWPA, Economic History*, n. 9412001. 1994.

NUNES JÚNIOR, Dib *et al*. **Indicadores agrícolas do setor sucroalcooleiro safra 05/06**. 113p. Ribeirão Preto: Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial – IDEA. 2007. Disponível em <www.ideaonline.com.br>. Acesso em julho 2007.

NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - NIPE/UNICAMP. **Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo**. 320 p., dezembro de 2005

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Contribution to the United Nations Commission on Sustainable Development 15 -Energy for Sustainable Development**, june 2007

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - OECD-FAO. **Agricultural Outlook 2007-2016**. Paris, 88p., 2007.

PEREIRA, Newton Narciso. **Um estudo sobre Instalações propulsoras para empurradores fluviais**. 120p. dissertação (Mestrado) Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PHILCARTO. WANIEZ, Philippe. *Gallerie de cartes*. Disponível em <http://philcarto.free.fr/>. Acesso em março de 2007.

PORTER, Michael. *Location, Competition, and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy*. *Economic Development Quarterly*. 14; 15 2000. Disponível em <<http://edq.sagepub.com/cgi/content/abstract/14/1/15>>. Acesso em agosto de 2007.

PRADO JÚNIOR, Caio. **História econômica do Brasil**. 10ª ed., São Paulo: Brasiliense. 1976.

PROCANA. **Anuário da cana 2007**. 178p. *Brazilian sugar and ethanol guide*. 2007.

RAMOS, Pedro O futuro da ocupação na agroindústria canavieira do Brasil: uma discussão dos trabalhos disponíveis e um exercício de estimação. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.37, n.11. Disponível em <www.sucre-ethique.org>. Acesso em setembro de 2007(a).

_____, Pedro. **Os mercados mundiais de açúcar e a evolução da agroindústria canavieira do Brasil entre 1930 e 1980: do açúcar ao álcool para o mercado interno**. Rev. Economia Aplicada V.11, nº 4, p. 559-585, São Paulo, 2007(b).

RODRIGUES, Luciano. **O processo de terceirização e a presença de arranjos institucionais distintos na colheita de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 120p., 2006.

RENEWABLE FUEL ASSOCIATION - RFA. **Ethanol facts: trade**. Disponível em <<http://www.ethanolrfa.org/resource/facts/trade/>>. Acesso em setembro de 2008(a).

_____. **Industry statistics**. Disponível em <http://www.ethanolrfa.org>. Acesso em setembro de 2008(b).

SATOLO, Luiz Fernando. **Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana de açúcar**. 131p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

SEARCHINGER, Timothy *et al.* **Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change**. Disponível em <www.sciencexpress.org / 7 February 2008 / Page 1 / 10.1126/science.1151861>. Acesso em maio de 2008.

SHIKIDA Pery Francisco Assis. *et al.* Uma Análise Econométrica Preliminar das Ofertas de Açúcar e Alcool Paranaenses. **Rev. de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 21-32, jan./jun. 2007.

SOUZA, Raquel Rodrigues de. **Panorama, oportunidades e desafios para o mercado mundial de álcool automotivo**. 129p. Dissertação (Mestrado) COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

TAKEYAMA, Ricardo Tadashi. **Modelos de escolha discreta para dados de área**. 128p. Dissertação (Mestrado em Estatística). Departamento de estatística do Instituto de Matemática da Universidade Estadual de Campinas. 2004.

TILMAN David *et al.* **Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass**. *Science*, 314, 1598 (2006); Published online; 10.1126/science.1133141. 9 Nov. 2006

TOKGOZ, Simla *et al.* **Emerging biofuels: outlook of effects on U.S. grain, oilseed, and livestock markets**. *Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University – CARD*. Maio de 2007.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA, LOS ANGELES - UCLA *Stata data analysis examples tobit analysis*. Disponível em <www.ats.ucla.edu/stat/Mplus/dae/tobit.htm - 11k >. Acesso em janeiro de 2007.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **Dados e cotações**. Disponível em <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao>>. Acesso em setembro de 2008.

_____. **Apresentação**, Marcos Sawaya Jank, Fórum Internacional do Alcool, em Sertãozinho/SP, em 17/9/2007(a).

_____. **Produção e uso do etanol no Brasil**. São Paulo, 2007(b).

_____. **Dados e Cotações – Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica>>. Acesso em outubro de 2008.

URBANCHUK, John M. *Contribution of the ethanol industry to the economy of the United States. Prepared for the Renewable Fuels Association. February 21, 2006.*

VALOR ECONÔMICO. **Valor análise setorial – biocombustíveis**. Disponível em <<http://setorial.valor.com.br/>>. Acesso em maio de 2008.

VIAN, Carlos Eduardo de Freitas. **Complexo agroindustrial canavieiro** - Análise do Processo de evolução e consolidação tecnológica de 1930 a 2000. 58 p. Série Pesquisa Departamento de Economia, Administração e Sociologia. Piracicaba, ESALQ, Piracicaba 2006.

VIAN, Carlos Eduardo de Freitas; BÉLIK, Walter. **Os desafios para a reestruturação do complexo agroindustrial canavieiro do Centro-Sul**. *Revista de Economia*, v. 4, n. 1, p. 153-194, Niterói (RJ) jan./jun. 2003.

VIAN, Carlos Eduardo de Freitas; LIMA. **Estudo de impacto econômico (EIS) para o complexo agroindustrial canavieiro paulista - desafios e agenda de pesquisa**, v. 54, n. 2, p. 5-26. São Paulo: Rev. de Economia Agrícola, jul./dez. 2007.

WANIEZ, Philipe. *Philcarto Logiciel de Cartographie Statistique Assistée par Ordinateur*. 2008. Disponível em <<http://laurent.porcheret.free.fr>>. Acesso em janeiro de 2007.

WILLIAMSON, Oliver. *Economic institutions of capitalism firms, markets, relational contracting*. New York, The Free press. 1985.

WOOLDRIDGE, Jeffery. *Econometric analysis of cross section and panel data*. 752p. Massachusetts, MIT Press, 2002.

WU, Jun Jie *et al.* *From microlevel decisions to landscape changes: an assessment of agricultural conservation policies*. *American Journal of Agricultural Economics*. no 86, p.25-41, feb 2004.

WU, Jun Jie; ADAMS, Richard. *Micro versus Macro Acreage Response Models: Does Site-Specific Information Matter*. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, v.27, no 1: p. 40-60. 2002. Disponível em <<http://agecon.uwyo.edu/JAREonline/default.htm>>. Acesso janeiro de 2007.

WORLD WILDLIFE FUND – WWF. **Análise da expansão do complexo agroindustrial canavieiro no Brasil**, Maio de 2008.

WORLD ENERGY COUCIL – WEC. *Energy and climate change*. London. Published in Jun. 2007. Disponível em <www.worldenergy.org>. Acesso em agosto de 2007.

YOSHIZAKI, Hugo T. Y.; MUSCAT, Antonio R. N.; BIAZZI, Jorge L. de. **Revisando a logística de distribuição de álcool etílico**. Revista Gestão & Produção, v.4, n.2, p. 174-186, ago. 1997.

ZYLBERSZTAJN, Décio. **Estruturas de governança e coordenação do agribusiness uma aplicação da Nova Economia das Instituições**. 238p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Economia e Administração – Universidade de São Paulo, 1995.

ANEXOS

ANEXO A: Resultados do exercício (toneladas de cana)

ANEXO B: Resultados do exercício (efeito parcial sobre variáveis de interesse)

ANEXO C: Resultados do exercício (efeito parcial sobre variáveis de interesse - hectares)

ANEXO A: Resultados do exercício (toneladas de cana)

UF	Nome da Mesorregião	Ranking	Moagem na amostra	Cenário Base	Cenário alternativo	Efeito Parcial
GO	Centro Goiano	15	6599416	9977481	16270532	6293051
GO	Leste Goiano	40	0	656656	1013937	357281
GO	Noroeste Goiano	44	0	166389	242873	76484
GO	Norte Goiano	48	0	94922	132787	37865
GO	Sul Goiano	14	8323923	14216680	22469358	8252678
MG	Campo das Vertentes	39	0	647411	1022134	374723
MG	Central Mineira	19	3184082	2148030	3185743	1037713
MG	Jequitinhonha	47	0	104784	166211	61427
MG	Metropolitana de Belo Horizonte	35	0	2324665	3514854	1190189
MG	Noroeste de Minas	27	929904	3876905	5163996	1287092
MG	Norte de Minas	36	0	963154	1393619	430464
MG	Oeste de Minas	33	80000	2114072	3231743	1117671
MG	Sul/Sudoeste de Minas	20	2977768	5940678	9313283	3372605
MG	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	4	26577870	24458455	33504933	9046478
MG	Vale do Mucuri	26	1251196	210715	334923	124208
MG	Vale do Rio Doce	41	0	571685	901182	329498
MG	Zona da Mata	28	907009	1321355	2150285	828930
MS	Centro Norte de Mato Grosso do Sul	24	1785469	4287774	6212305	1924530
MS	Leste de Mato Grosso do Sul	18	4058766	4908813	6488900	1580088
MS	Pantaneais Sul Mato-grossense	43	0	158130	280607	122477
MS	Sudoeste de Mato Grosso do Sul	16	6291363	5892277	9852111	3959833
MT	Centro-Sul Mato-grossense	32	144380	619246	939186	319940
MT	Nordeste Mato-grossense	29	202024	1583399	2197175	613776
MT	Norte Mato-grossense	21	2584815	7395797	9705402	2309605
MT	Sudeste Mato-grossense	25	1757897	2019207	3035995	1016788
MT	Sudoeste Mato-grossense	13	8365240	2339655	3787898	1448243
PR	Centro Ocidental Paranaense	22	2504444	2734863	4205663	1470801
PR	Centro Oriental Paranaense	37	0	696475	1101472	404997
PR	Centro-Sul Paranaense	49	0	59685	93336	33651
PR	Metropolitana de Curitiba	51	0	53109	73012	19903
PR	Noroeste Paranaense	8	15139261	15548806	22612321	7063515
PR	Norte Central Paranaense	11	12858219	22146722	32450339	10303617
PR	Norte Pioneiro Paranaense	17	4933229	6462111	9828361	3366250
PR	Oeste Paranaense	38	0	733794	1125801	392006
PR	Sudeste Paranaense	52	0	36220	50817	14597
PR	Sudoeste Paranaense	50	0	46786	72516	25731
SP	Araçatuba	5	22078341	22156226	30879918	8723692
SP	Araraquara	9	14911958	11670081	16121914	4451833
SP	Assis	7	17014033	18024475	25290284	7265809
SP	Bauru	3	30568232	21596695	30219041	8622346
SP	Campinas	10	14642959	14856807	21079532	6222724
SP	Itapetininga	23	2405380	5272355	7566498	2294143
SP	Litoral Sul Paulista	53	0	2782	3396	614
SP	Macro Metropolitana Paulista	34	0	3022598	4404437	1381839
SP	Marília	30	160000	5325622	7535393	2209771
SP	Metropolitana de São Paulo	45	0	110610	176081	65471
SP	Piracicaba	6	19816934	23520421	30972874	7452453
SP	Presidente Prudente	12	11286191	25566076	35610907	10044831
SP	Ribeirão Preto	1	90851059	68946280	90846238	21899958
SP	São José do Rio Preto	2	47564108	47327663	66829169	19501506
SP	Vale do Paraíba Paulista	46	0	116313	181368	65055
TO	Ocidental do Tocantins	42	0	259806	428114	168308
TO	Oriental do Tocantins	31	160000	760466	1308679	548213

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO B: Resultados do exercício (efeito parcial sobre variáveis de interesse)

UF	Nome da mesorregião	Litros de etanol anidro	Produtividade Litros/ ton	Valor da produção (R\$)	Postos de trabalho (100% mecanizado)
GO	Centro Goiano	519102719	6336	579799905	1760
GO	Leste Goiano	29471500	5250	32917517	100
GO	Noroeste Goiano	6309014	3141	7046709	21
GO	Norte Goiano	3123390	2613	3488599	11
GO	Sul Goiano	680748949	7005	760346965	2308
MG	Campo das Vertentes	30443157	6101	32258635	105
MG	Central Mineira	84305731	5717	89333304	290
MG	Jequitinhonha	4990445	4700	5288050	17
MG	Metropolitana de Belo Horizonte	96693149	5682	102459446	333
MG	Noroeste de Minas	104565738	6246	110801517	360
MG	Norte de Minas	34971735	4567	37057274	120
MG	Oeste de Minas	90801663	5873	96216621	313
MG	Sul/Sudoeste de Minas	273996672	6250	290336466	943
MG	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	734952659	6578	778781566	2530
MG	Vale do Mucuri	10090927	5422	10692699	35
MG	Vale do Rio Doce	26769015	5022	28365385	92
MG	Zona da Mata	67343776	5982	71359822	232
MS	Centro Norte de Mato Grosso do Sul	151227907	5132	168910551	538
MS	Leste de Mato Grosso do Sul	124161913	4468	138679808	442
MS	Pantaneiros Sul Mato-grossense	9624124	5647	10749445	34
MS	Sudoeste de Mato Grosso do Sul	311160205	6714	347543272	1107
MT	Centro-Sul Mato-grossense	25104377	3955	28039760	89
MT	Nordeste Mato-grossense	48160461	3598	53791725	172
MT	Norte Mato-grossense	181225063	3710	202415188	646
MT	Sudeste Mato-grossense	79783088	4400	89111895	284
MT	Sudoeste Mato-grossense	113637536	5459	126924847	405
PR	Centro Ocidental Paranaense	114907591	6202	121760106	411
PR	Centro Oriental Paranaense	31640779	6173	33527677	113
PR	Centro-Sul Paranaense	2629003	3858	2785784	9
PR	Metropolitana de Curitiba	1554920	2585	1647648	6
PR	Noroeste Paranaense	551843376	6106	584752559	1975
PR	Norte Central Paranaense	804979187	6525	852984126	2881
PR	Norte Pioneiro Paranaense	262991231	6616	278674715	941
PR	Oeste Paranaense	30625832	4637	32452204	110
PR	Sudeste Paranaense	1140389	2782	1208396	4
PR	Sudoeste Paranaense	2010252	3565	2130133	7
SP	Araçatuba	703292359	7020	745233203	2440
SP	Araraquara	358900826	6456	380303879	1245
SP	Assis	585759823	6866	620691614	2032
SP	Bauru	695121984	6482	736575588	2411
SP	Campinas	501667697	6587	531584654	1740
SP	Itapetininga	184950720	6629	195980258	642
SP	Litoral Sul Paulista	49498	1517	52449	0
SP	Macro Metropolitana Paulista	111401986	6107	118045444	386
SP	Marília	178148771	6541	188772674	618
SP	Metropolitana de São Paulo	5278200	4982	5592966	18
SP	Piracicaba	600806775	6566	636635891	2084
SP	Presidente Prudente	809800846	6565	858093324	2809
SP	Ribeirão Preto	1765545300	6878	1870833606	6124
SP	São José do Rio Preto	1572185304	6906	1665942585	5454
SP	Vale do Paraíba Paulista	5244674	4550	5557440	18
TO	Ocidental do Tocantins	12395910	2410	14965985	47
TO	Ocidental do Tocantins	40375989	4039	48747244	153

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO C: Resultados do exercício (efeito parcial sobre variáveis de interesse - hectares)

UF	Nome da mesorregião	Expansão (ha)	Expansão sobre pasto (%)	Área de cana total /área total
GO	Centro Goiano	81923	4.1%	4.2%
GO	Leste Goiano	5613	0.3%	0.5%
GO	Noroeste Goiano	2009	0.1%	0.0%
GO	Norte Goiano	1195	0.0%	0.0%
GO	Sul Goiano	97174	1.6%	1.7%
MG	Campo das Vertentes	4990	1.2%	0.5%
MG	Central Mineira	14746	1.3%	1.4%
MG	Jequitinhonha	1062	0.1%	0.2%
MG	Metropolitana de Belo Horizonte	17017	1.2%	0.7%
MG	Noroeste de Minas	16741	0.8%	0.5%
MG	Norte de Minas	7657	0.2%	0.2%
MG	Oeste de Minas	15460	1.6%	0.9%
MG	Sul/Sudoeste de Minas	43837	2.2%	1.7%
MG	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	111728	2.8%	4.0%
MG	Vale do Mucuri	1861	0.2%	0.5%
MG	Vale do Rio Doce	5330	0.3%	0.4%
MG	Zona da Mata	11258	0.8%	1.1%
MS	Centro Norte de Mato Grosso do Sul	29467	0.9%	0.8%
MS	Leste de Mato Grosso do Sul	27791	0.5%	0.8%
MS	Pantaneais Sul Mato-grossense	1704	0.0%	0.0%
MS	Sudoeste de Mato Grosso do Sul	46342	1.1%	1.5%
MT	Centro-Sul Mato-grossense	6347	0.2%	0.2%
MT	Nordeste Mato-grossense	13385	0.2%	0.1%
MT	Norte Mato-grossense	48845	0.7%	0.2%
MT	Sudeste Mato-grossense	18132	0.7%	0.7%
MT	Sudoeste Mato-grossense	20816	0.6%	1.9%
PR	Centro Ocidental Paranaense	18526	6.5%	3.7%
PR	Centro Oriental Paranaense	5125	1.4%	0.2%
PR	Centro-Sul Paranaense	681	0.1%	0.1%
PR	Metropolitana de Curitiba	601	0.2%	0.1%
PR	Noroeste Paranaense	90378	6.4%	11.7%
PR	Norte Central Paranaense	123363	11.7%	10.2%
PR	Norte Pioneiro Paranaense	39752	5.9%	6.7%
PR	Oeste Paranaense	6604	1.4%	0.6%
PR	Sudeste Paranaense	410	0.3%	0.0%
PR	Sudoeste Paranaense	564	0.1%	0.3%
SP	Araçatuba	100183	15.8%	21.8%
SP	Araraquara	55593	64.3%	33.3%
SP	Assis	85307	20.1%	24.2%
SP	Bauru	107243	12.1%	17.7%
SP	Campinas	76157	17.2%	20.2%
SP	Itapetininga	27902	4.7%	3.5%
SP	Litoral Sul Paulista	33	0.0%	0.0%
SP	Macro Metropolitana Paulista	18241	5.4%	3.2%
SP	Marília	27236	5.4%	5.6%
SP	Metropolitana de São Paulo	1059	1.9%	0.2%
SP	Piracicaba	91500	64.5%	37.6%
SP	Presidente Prudente	123348	5.1%	13.0%
SP	Ribeirão Preto	256698	76.2%	43.6%
SP	São José do Rio Preto	227648	20.0%	21.7%
SP	Vale do Paraíba Paulista	1153	0.2%	0.2%
TO	Ocidental do Tocantins	5143	0.1%	0.0%
TO	Ocidental do Tocantins	9997	0.3%	0.1%

Fonte: Dados da pesquisa