

JAQUELINE ZANI DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DOS PREÇOS DO AÇÚCAR E ETANOL NA VARIAÇÃO
DA ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Botucatu

2016

JAQUELINE ZANI DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DOS PREÇOS DO AÇÚCAR E ETANOL NA VARIAÇÃO
DA ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientadora: Maura Seiko Tsutsui
Esperancini

Botucatu

2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Santos, Jaqueline Zani dos, 1987-

S237i Influências dos preços do açúcar e etanol na variação da área de cana-de-açúcar no estado de São Paulo / Jaqueline Zani dos Santos. - Botucatu : [s.n.], 2016
92 p. : grafs. color., ils., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016

Orientador: Maura Seiko Tsutsui Esperancini
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar - Preços. 2. Cana-de-açúcar - Derivados. 3. Desregulamentação. 4. Agroindústria canavieira.

I. Esperancini, Maura Seiko Tsutsui. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "INFLUÊNCIA DOS PREÇOS DO AÇÚCAR E ETANOL NA VARIAÇÃO DA ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO"

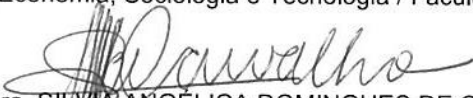
AUTORA: JAQUELINE ZANI DOS SANTOS

ORIENTADORA: MAURA SEIKO TSUTSUI ESPERANCINI

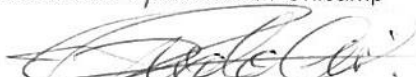
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



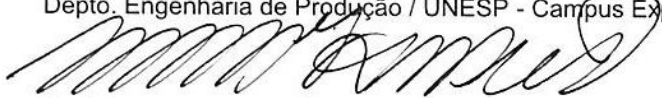
Profa. Dra. MAURA SEIKO TSUTSUI ESPERANCINI
Dep de Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP



Profa. Dra. SILVIA ÂNGELICA DOMINGUES DE CARVALHO
Instituto de Geociências / Unicamp



Prof. Dr. RICARDO GHANTOUS CERVI
Depto. Engenharia de Produção / UNESP - Campus Experimental de Itapeva



Prof. Dr. LUIS CARLOS FERREIRA DE ALMEIDA
Coordenadoria de Cursos - Engenharia Agrônômica / Campus Experimental de Registro - UNESP



Prof. Dr. LUIZ CESAR RIBAS
Dep de Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Botucatu, 09 de dezembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus, pela oportunidade à vida e ao conhecimento, por me amparar e sempre me iluminar no caminho a seguir.

À Profa. Dra. Maura Seiko Tsutsui Esperancini, pela orientação, disponibilidade, atenção, pelas oportunidades e por acreditar em mim.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e a Faculdade de Ciências Agrônômicas, aos diretores, docentes e funcionários.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Energia na Agricultura, aos coordenadores e professores, pelo crescimento acadêmico e formação.

Aos professores do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia da FCA/UNESP, em especial aos professores: Prof. Dr. Osmar de Carvalho Bueno, à Profa. Dra. Izabel C. Takitane e ao Prof. Dr. Luiz C. Ribas, por me recepcionarem com tanto carinho, pelos ensinamentos, pelas palavras de incentivo, pelas oportunidades de estar mais próxima à pesquisa e à docência.

Aos funcionários do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia da FCA/UNESP, especialmente ao Marcos Tavares e ao Mario Eduardo Baldini, profissionais e competentes, por me ajudarem em diversas formas, pela receptividade e carinho.

Aos professores Silvia Angélica D. Carvalho e Ricardo G. Cervi, pela colaboração e valiosas sugestões na participação da banca de qualificação.

Ao Dr. Eduardo de Masi, pela disponibilidade em me ajudar com os dados, por todos os ensinamentos e horas desprendidas a esclarecer minhas dúvidas.

Às equipes de açúcar e etanol do CEPEA/ESALQ, à Profa. Dra. Miriam Bacchi, pelos dados disponibilizados e orientações.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos alunos das disciplinas ministradas por mim como “docente bolsista” junto ao Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia da FCA/UNESP, por me enriquecerem na arte da docência.

A minha mãe, Maria Juraci, a quem devo tudo o que sou, agradeço eternamente por sempre me mostrar a importância do estudo. Pelo amor imensurável, pela dedicação, força, atenção e apoio. Mais uma vez torno a dizer, sem você tudo seria muito mais difícil. Obrigada por tudo, mãe!

Ao meu pai, José Roberto, *in memoriam*.

Ao meu namorado, Guilherme, pelo amor, paciência e compreensão.

Aos meus irmãos, Alexandre e Fabiano; meus sobrinhos, Gabriel, Giulia e Isadora; e a toda minha família e amigos, pelos sorrisos e alegrias, por de alguma forma terem me ajudado a chegar até aqui e para que mais uma etapa do meu conhecimento se concretizasse.

A todos os amigos da pós-graduação que fizeram parte desses momentos, sempre me ajudando e incentivando; à Leidiane e à Patrícia, com quem dividi as alegrias e aflições; à Giulia, pela amizade e carinho. Foi extremamente prazeroso e enriquecedor conhecer e conviver com todos vocês.

O meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta tese, desta etapa do caminho ao conhecimento.

Que Deus possa lhes retribuir e abençoar sem medidas!

Muito obrigada!

“Comece fazendo o que é necessário,
depois o que é possível,
e de repente estará fazendo o impossível.”

São Francisco de Assis

RESUMO

O setor sucroenergético tem grande representatividade histórica no agronegócio brasileiro e vem ganhando notoriedade com a crescente demanda mundial por fontes de energia renováveis. A expressiva expansão da cultura de cana-de-açúcar demonstra a dimensão que o setor possui dentro do cenário atual. A capacidade produtiva brasileira é incontestável, porém, ainda existem divergências no que se refere ao comportamento dos preços. Destaca-se que as decisões realizadas dentro do setor se dão em um contexto de formação livre de preços, mas o ambiente de mercado tem sido fortemente influenciado, por influências exógenas, tal como desregulamentação do mercado e lançamento dos veículos *flex fuel*. Entretanto, é possível que os produtores sejam guiados em suas decisões de produção mais, predominantemente, pelos preços. Dentro deste contexto, o presente trabalho procura identificar se há influência dos preços do açúcar, do etanol e da própria cana-de-açúcar na área plantada de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, no período de 1995 a 2015. Faz-se uso da metodologia proposta por Box-Jenkins de Função Transferência, que se constitui num método multivariado de séries temporais e que apresenta vantagens em relação aos métodos tradicionais de estimação. Os resultados demonstraram que os preços têm influenciado o aumento na área de cana-de-açúcar, em especial, o preço do açúcar. Também foram feitas análises de intervenções para os principais eventos ocorridos no mercado sucroenergético para os anos em estudo, onde o preço do açúcar foi o mais influenciado, seguido da área de cana-de-açúcar, do preço do etanol e do preço da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Mercado sucroenergético. Desregulamentação. Função Transferência.

ABSTRACT

Historically, the sugarcane industry has been an important play in the Brazilian agribusiness that has gained notoriety with the increasing global demand for renewable energy sources. The significant expansion of sugarcane cultivation shows the extent that this sector has in the current scenario. Brazil's production capacity is indisputable, however, there are still differences regarding the sugarcane products prices behavior. It is noteworthy that the decisions within the sector are done in the context of free pricing, but the market environment has been heavily influenced by exogenous influences, such as deregulation of the market and launch of flex-fuel vehicles. However, it is possible that the producers' decisions have been guided, predominantly, by the market prices. Within this context, this study seeks to identify whether there is an influence of sugar, ethanol, and sugarcane prices on the sugarcane planted area in São Paulo state, from 1995 to 2015. The methodology used was the one proposed by Box-Jenkins, Transfer Function, which is a multivariate time series method and has advantages over traditional methods of estimation. The results showed that all prices have influenced the increase in sugarcane area, in particular the sugar's price. Moreover, interventions were made to the main events in the sugarcane market for the years under study, where the price of sugar was the most affected, followed by sugarcane area, the price of ethanol, and the price of sugarcane.

Keywords: Sugar and energy market. Deregulation. Transfer Function.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de rendimento de açúcar, etanol anidro e etanol hidratado por Açúcar Total Recuperável – ATR	28
Tabela 2 - Descrição das variáveis de entrada e saída.	59
Tabela 3 - Correlação cruzada entre as séries de entrada (preços) e saída (área plantada de cana-de-açúcar).	68
Tabela 4 - Correlação cruzada entre as séries de entrada (preços).	68
Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência, preço da cana-de-açúcar, no estado de São Paulo (1995 a 2015).	70
Tabela 6 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência, preço do açúcar, no estado de São Paulo (1995 a 2015).	72
Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência, preço do etanol, no estado de São Paulo (1995 a 2015).	73
Tabela 8 - Matriz de correlação das variáveis do modelo.	74
Tabela 9 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência com intervenção, área de cana-de-açúcar, no estado de São Paulo (1995 a 2015).	76
Tabela 10 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência com intervenção, preço da cana-de-açúcar, no estado de São Paulo (1995 a 2015).	77
Tabela 11 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência com intervenção, preço do açúcar, no estado de São Paulo (1995 a 2015).	78
Tabela 12 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência com intervenção, preço do etanol, no estado de São Paulo (1995 a 2015).	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de cana-de-açúcar nas regiões Norte-Nordeste, Centro-Sul e Brasil (anos selecionados).	26
Figura 2 - Evolução da área de cana-de-açúcar nas regiões Norte-Nordeste, Centro-Sul e Brasil.	27
Figura 3 - Evolução da produção de açúcar nas regiões Norte-Nordeste, Centro-Sul e no Brasil.	35
Figura 4 - Evolução da produção de etanol anidro, hidratado e total no Brasil.....	38
Figura 5 - Modelo funcional da metodologia Box-Jenkins.....	52
Figura 6 - Representação esquemática de uma função transferência com uma série de entrada.....	54
Figura 7 - Logaritmo da área de cana-de-açúcar no estado de São Paulo entre 1995 e 2015.....	64
Figura 8 - Logaritmo da área de cana-de-açúcar e do preço da cana-de-açúcar no estado de São Paulo entre 1995 e 2015.	65
Figura 9 - Logaritmo da área de cana-de-açúcar e do preço do açúcar no estado de São Paulo entre 1995 e 2015.....	65
Figura 10 - Logaritmo da área de cana-de-açúcar e do preço do etanol no estado de São Paulo entre 1995 e 2015.....	66
Figura 11 - Funções de autocorrelação e autocorrelação parcial do modelo de função transferência ajustado à série de preço de cana-de-açúcar, no estado de São Paulo, 1995 a 2015.	70
Figura 12 - Funções de autocorrelação e autocorrelação parcial do modelo de função transferência ajustado à série de preço do açúcar, no estado de São Paulo, 1995 a 2015.....	71
Figura 13 - Funções de autocorrelação e autocorrelação parcial do modelo de função transferência ajustado à série de preço do etanol, no estado de São Paulo, 1995 a 2015.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ATR	Açúcar Total Recuperável
ARMA	Modelo Autorregressivo de Médias Móveis
ARIMA	Modelo Autorregressivo Integrado de Médias Móveis
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CIMA	Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONSECANA	Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Alcool
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
DF	Dickey-Fuller
ECP	Elasticidade de Curto Prazo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EQMP	Erro Quadrático Médio de Previsão
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IAA	Instituto do Açúcar e Alcool
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Instituto de Economia Agrícola
IGP-DI	Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna
Lar	Logaritmo da área de cana-de-açúcar
LPc	Logaritmo do preço da cana-de-açúcar
LPa	Logaritmo do preço do açúcar
LPe	Logaritmo do preço do etanol
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MQO	Método dos Mínimos Quadrados Ordinários
NYBOT	<i>New York Board Trade</i>
PCTS	Pagamento da Cana pelo Teor de Sacarose
PP	Phillips - Perron

PROÁLCOOL	Programa Nacional do Álcool
SDR	Secretaria do Desenvolvimento Regional
TCU	Tribunal de Contas da União
UNICA	União da Indústria de Cana-de-açúcar
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
VEC	Modelo de Auto-Regressão Vetorial com <i>Correção de Erro</i>
VHP	<i>Very High Polarization</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1 CANA-DE-AÇÚCAR: ÁREA, PRODUÇÃO E PREÇOS	25
2.2 MIX DE PRODUÇÃO: AÇÚCAR X ETANOL.....	31
2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM O MERCADO DE AÇÚCAR	33
2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM O MERCADO DE ETANOL	37
2.5 REGULAÇÃO DO SETOR E POLÍTICAS ENERGÉTICAS	40
2.6 ESTUDOS DE SÉRIES TEMPORAIS	46
2.7 DESCRIÇÃO DOS MODELOS ESTATÍSTICOS.....	49
2.7.1 Modelos ARIMA	49
2.7.2 Função Transferência.....	52
2.7.3 Análise de Intervenção	56
3 METODOLOGIA	58
3.1 ESCOPO DO TRABALHO E FONTE DE DADOS	58
3.3 PROCEDIMENTOS PARA AJUSTAMENTOS DE FUNÇÃO TRANSFERÊNCIA	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
4.1 ANÁLISE GRÁFICA	63
4.2 ANÁLISES DE ESTACIONARIEDADE E CORRELAÇÃO CRUZADA	66
4.3 MODELOS DE FUNÇÃO TRANSFERÊNCIA	69
4.3.1 Modelo 1 – Preço da cana-de-açúcar.....	69
4.3.2 Modelo 2 – Preço do açúcar.....	71
4.3.3 Modelo 3 – Preço do etanol.....	72
4.3.4 Modelo 4 – Preços da cana-de-açúcar, do açúcar e do etanol	74
4.4 MODELOS DE FUNÇÃO TRANSFERÊNCIA COM INTERVENÇÃO	75
4.4.1 Modelo 5 – Intervenções na área de cana-de-açúcar	76
4.4.2 Modelo 6 – Intervenções no preço da cana-de-açúcar	77
4.4.3 Modelo 7 – Intervenções no preço do açúcar.....	78
4.4.4 Modelo 8 – Intervenções no preço do etanol.....	78
4.5 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS.....	79
5 CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS.....	84
APÊNDICE A - Testes de raiz unitária.	91
APÊNDICE B - Teste de normalidade dos resíduos.....	92

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é uma das mais importantes e antigas atividades econômicas na história do país, onde seu cultivo remonta da época do Brasil colônia. No início do cultivo a produção do açúcar foi o sustentáculo econômico e, na atualidade, também se configura com a produção de etanol.

Com uma evolução histórica marcada por diversas conjunturas, ora favoráveis ora desfavoráveis, a década de 1990 se mostrou como um verdadeiro ponto de inflexão para a economia canavieira: início do processo de desregulamentação do mercado sucroenergético. Nesse novo cenário, o Estado deixa de ser regulador, e o setor a operar próximo ao livre mercado¹ (SHIKIDA, 2014). A partir desse período, os preços do açúcar deixaram de ser tabelados, as exportações de açúcar foram liberadas, e posteriormente os preços do etanol anidro e hidratado e da cana-de-açúcar também deixaram de ser controlados.

No Brasil, a produção de cana-de-açúcar é a segunda maior cultura em Valor da Produção Agrícola, respondendo por um valor estimado de R\$ 45,48 bilhões de acordo com a Confederação Nacional da Agricultura – CNA (CNA, 2015). A produção de cana-de-açúcar no Brasil na safra 2014/15 foi de 654 milhões de toneladas, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015), e foram produzidos 28,6 bilhões de litros de etanol e 35,5 milhões de toneladas de açúcar.

Segundo dados da União da Indústria da Cana-de-açúcar (UNICA, 2015), entre as safras 1999/00 a 2014/15 a quantidade de cana-de-açúcar moída mais que duplicou, e a produção de etanol que era de 12,9 milhões de m³ passou a totalizar 28,3 milhões de m³. A produção de açúcar apresentou um aumento de aproximadamente 83,3% no mesmo período, saindo de 19,3 milhões de toneladas para 35,5 milhões de toneladas.

A demanda pelos produtos do setor sucroenergético e seus derivados cresce no cenário mundial. O Brasil, nesse segmento, de acordo com a Organização para a Alimentação e Agricultura - FAO, é líder na produção. Este fato ocasionou a expansão de polos produtores, tanto em regiões tradicionais de produção, quanto nas regiões onde o cultivo da cana-de-açúcar figurava como sendo uma atividade de

¹ Livre mercado é um modelo econômico onde as interações econômicas voluntárias dos indivíduos de uma sociedade são livres de distorções geradas por um poder centralizador, por exemplo, do Estado.

importância secundária, tais como os estados de Mato Grosso e de Goiás (REIS, 2014).

O estado de São Paulo é tradicionalmente referência no cultivo e na produção de derivados de cana-de-açúcar. Segundo a CONAB (2015), a indústria sucroenergética paulista produziu 21,9 milhões de toneladas de açúcar e 14,1 bilhões de litros de etanol que representam, respectivamente, 61,6% e 49,4% do total produzido no Brasil, na safra 2014/15. Esses derivados foram provenientes de uma colheita de 337 milhões de toneladas de cana-de-açúcar produzidos no estado. A economia do setor representa 42,55% de toda a agropecuária paulista, totalizando um ganho de R\$ 25,47 bilhões (IEA, 2015).

O estado de São Paulo possui usinas instaladas que processam matéria-prima proveniente de cerca de 5,8 milhões de hectares plantados com cana-de-açúcar. Essa área representa 53,35% dos aproximados 10,87 milhões de hectares com a cultura em todo o território brasileiro na safra 2014/15 (IBGE, 2015). Nos últimos vinte anos, a área no estado apresentou um aumento 60,5%, que em 1995 era de 2,25 milhões de hectares.

A cultura da cana-de-açúcar está distribuída em praticamente todo o estado de São Paulo, com destaque para o centro-norte (Piracicaba, Ribeirão Preto, Franca e Barretos), as regiões de Campinas, Bauru e Jaú e, mais recentemente, o oeste (Araçatuba e Presidente Prudente) (PECEGE, 2015).

Apesar do açúcar e do etanol serem os principais produtos derivados da indústria canavieira, outros subprodutos são obtidos a partir da cana-de-açúcar, como o mais recente, a queima do bagaço para a geração de energia elétrica (RODRIGUES, 2009). O bagaço tem seu aproveitamento como combustível nas caldeiras, gerando vapor para aquecimento e para geração de energia elétrica para consumo na usina e, para venda às concessionárias de energia elétrica.

O setor se apresenta também, com grande peso na matriz energética do país com a participação do etanol e da bioeletricidade. Esses são os principais responsáveis pelo crescimento das fontes renováveis de energia no país, que atualmente representam 16,9% de toda a oferta de energia, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016).

Dessa forma, o setor vem se consolidando na importância da economia brasileira. Isso devido à crescente demanda pelo mercado de energia renováveis,

das recorrentes oscilações do preço do petróleo, do aumento da demanda por alimentos no mundo e à necessidade crescente de fontes alternativas para a geração de energia elétrica (RODRIGUES, 2009).

Apesar da expressiva evolução produtiva e participação econômica na economia, a situação do setor ainda apresenta problemas. Como explicam Santos, Garcia e Shikida (2015) o crescimento do setor esbarra em diversos gargalos como: aumentos dos custos de produção; perdas de matéria-prima (devido a intempéries); diminuição da competitividade do etanol agravado pelo controle estatal do preço da gasolina; ondas de otimismo com aumento em área de produção, mas com lento ganho em produtividade; entre outros. Tais situações impactam negativamente na comercialização e preços, consumo e empregos, o que, por consequência, afetam fornecedores e suas atividades.

Nesse cenário, cabe observar que durante anos o setor sucroenergético foi suscetível às oscilações conjunturais, às variações nos preços de seus derivados no mercado (tanto nacional, quanto internacional), com alterações nos incentivos governamentais, novas tecnologias (veículos *flex fuel*) e adversidades climáticas. Ressalta-se também a suscetibilidade dos produtores com relação às variações dos preços que ainda se constitui em uma variável determinante no desempenho econômico do setor.

Destaca-se que as decisões realizadas dentro do setor sucroenergético ocorrem em um contexto de formação livre de preços (etanol, açúcar), mas o ambiente de mercado tem sido fortemente influenciado pelas políticas relacionadas ao setor energético, como os preços da gasolina e da eletricidade. Após o período de desregulamentação do setor, acredita-se que esta política, de forma indireta, vem afetando as decisões de produção por interferirem na livre flutuação dos preços.

Dentro deste contexto, estuda-se a hipótese de que variações nos preços praticados no setor sucroenergético influenciam na área de cana-de-açúcar. Também parte-se da hipótese que fatores exógenos referente ao mercado sucroenergético possam afetar preços e a área de cana-de-açúcar.

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo identificar se há influência dos preços do açúcar, do etanol e da cana-de-açúcar na área plantada de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, no período de 1995 a 2015.

Especificamente, pretende-se: a) Verificar se, historicamente, os preços da cana-de-açúcar, do açúcar e do etanol influenciam a área (plantada) de cana-de-

açúcar, em conjunto ou isoladamente; b) quantificar a influência dos preços dos derivados de cana de açúcar sobre a área de produção, por meio dos coeficientes de elasticidade entre preços e área de cana-de-açúcar; c) analisar e quantificar a influencia de fatores exógenos do mercado nas variáveis de preços e área.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar: área, produção e preços

A cana-de-açúcar é cultivada no Brasil desde o século XVI, quando os portugueses iniciaram seu plantio a fim de povoarem as terras, na tentativa de não perdê-las para os espanhóis e franceses (CHAGURI, 2010). Em menos de vinte anos, as plantações de cana-de-açúcar se espalharam pelo litoral brasileiro de forma que por volta de 1550 o país já era o maior produtor mundial de açúcar (CHANG, 2012).

Entretanto foi a partir da implantação do Proálcool, na primeira metade da década de 1970, que houve uma expansão geográfica da produção de cana-de-açúcar e etanol no Brasil, passando a se desenvolver no Noroeste e Oeste de São Paulo, na região Centro-Oeste (em Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), no Triângulo Mineiro e no estado do Paraná. Na década de 1990, estas regiões passaram a produzir açúcar e a exportar por novas rotas de transporte. Esta expansão da cultura canavieira para outras regiões deu início a um processo de diminuição da concentração econômica e financeira do setor sucroenergético no Brasil (ALVES; LIMA, 2010).

Atualmente o cultivo de cana-de-açúcar está presente em quase todo o território brasileiro, com exceção de poucos estados. Em algumas regiões, o cultivo destina-se a atender a alimentação de animais em épocas de maior necessidade de alimentos e em outros, os maiores produtores, destina-se à cultura para a produção de açúcar e etanol (PASQUALETTO; ZITO, 2000).

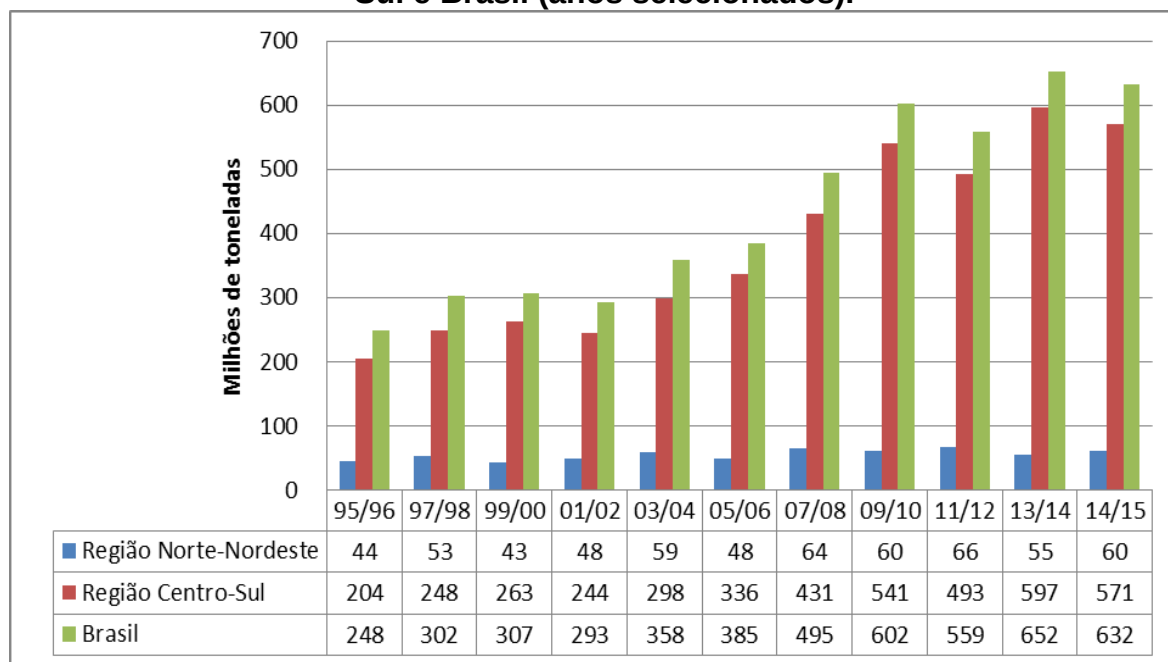
As regiões de produção de cana-de-açúcar são a Norte-Nordeste (PE, AL, AM, AC, AP, BA, CE, MA, PA, PB, PI, RN, RD, RR, SE e TO), com safra de setembro a março; e Centro-Sul (SP, PR, RJ, MG, GO, MT, MS, ES, e DF), com safra de maio a dezembro (MEURER; SHIKIDA, 2014). É interessante destacar que a existência de duas regiões produtoras permite que o país seja abastecido o ano todo com açúcar e etanol, já que os períodos de safra são diferentes.

Apesar do Nordeste ter sido a porta de entrada para a cultura de cana-de-açúcar no Brasil, a região Centro-Sul se tornou a maior e mais importante produtora. De acordo com dados do IBGE (2015), na região Centro-Sul situam-se cerca de 8,5 milhões de hectares de cana-de-açúcar disponíveis para colheita. Destes, 58% (4,9 milhões/ha) estão localizados no estado de São Paulo, produzindo 337 milhões de

toneladas, fazendo de São Paulo o maior estado produtor de cana-de-açúcar e seus derivados do país.

A produção de cana-de-açúcar no Brasil evoluiu substancialmente nos últimos anos como se pode observar na Figura 1. Na última década a produção mais que dobrou, passando de 293 milhões de toneladas na safra de 2001/2002, para 632 milhões de toneladas na safra 2014/2015.

Figura 1 - Produção de cana-de-açúcar nas regiões Norte-Nordeste, Centro-Sul e Brasil (anos selecionados).



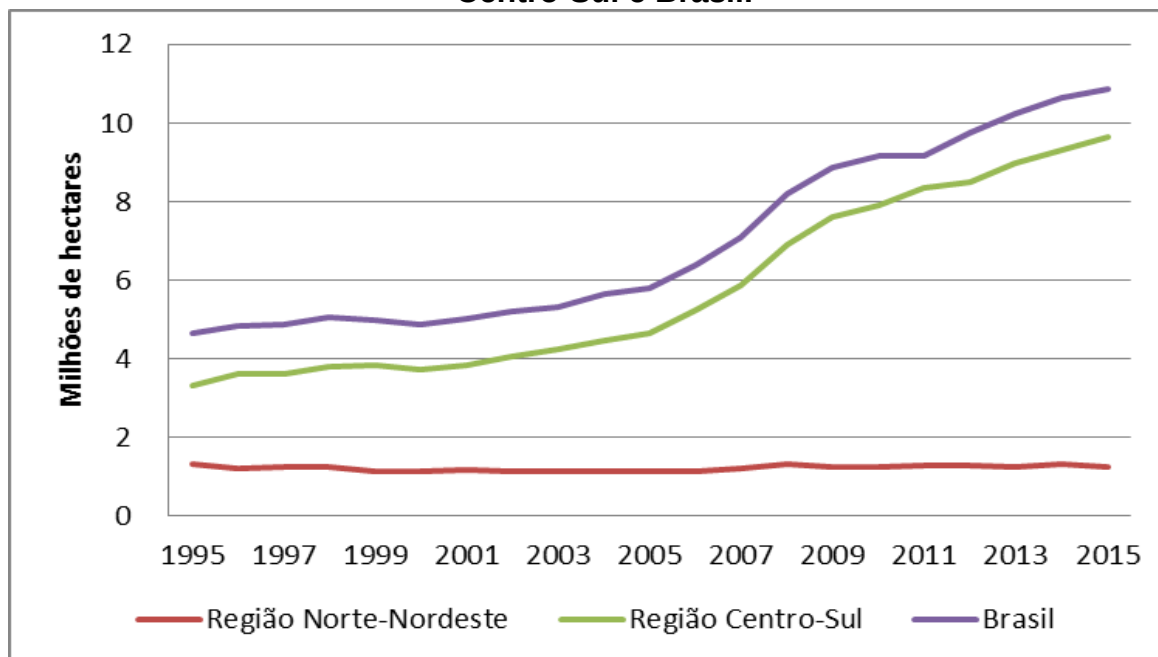
Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da UNICA e IBGE (2015).

Ainda na Figura 1 se pode observar que, nos últimos vinte anos, a região Norte-Nordeste pouco evoluiu na produção de cana-de-açúcar, passando de 44 milhões de toneladas na safra 1995/1996, para 60 milhões de toneladas na última safra (2014/2015). Diferentemente da região Centro-Sul, onde houve um crescimento de 180%, totalizando uma produção de 571 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na safra 2014/2015.

Tanto a produção de cana-de-açúcar quanto a área plantada têm aumentado no Brasil. Percebe-se que da safra de 1994/1995 para a safra 2014/2015 houve um aumento de 62% em proporção de mil toneladas, e a área cultivada da cultura aumentou em 57,4% (Figura 2). Essa diferença resulta do aumento no ganho de

produtividade. O aumento na área de plantio da cultura se acentuou a partir de 2006, como se observa na Figura a seguir.

Figura 2 - Evolução da área de cana-de-açúcar nas regiões Norte-Nordeste, Centro-Sul e Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da UNICA e IBGE (2015).

Assim como a produção e a área, a produtividade da cana-de-açúcar também evoluiu, de 66,61 t/ha em 1995, para 80,96 t/ha em 2009. Hoje, a produtividade média da cana-de-açúcar no Brasil é de aproximadamente 73,79 ton/ha (CONAB, 2015).

Na agricultura, a produtividade depende da interação dos fatores genéticos da planta, do clima e solo do local considerado, bem como o manejo (ALVES, 2002). A produção canavieira vem crescendo em produtividade na última década mediante programas de melhoramento genético, que buscam um maior desenvolvimento da cultura, aumentando assim a produção (TORQUATO, 2006).

Um indicador atual de produtividade da cana-de-açúcar é o ATR (Açúcar Total Recuperável), que representa a quantidade útil de sacarose no caldo da cana-de-açúcar e é a matéria-prima básica do processo de fabricação dos produtos finais (SACHS, 2007). O mesmo indica a quantidade de produto final, açúcar ou etanol, que pode ser produzido com uma tonelada de cana-de-açúcar (Tabela 1).

O ATR é um importante índice que, além de variar entre regiões, está sujeito também a variações de uma safra para outra, devido ao comportamento das condições climáticas sobre o desenvolvimento das lavouras de cana-de-açúcar, bem como do próprio processo de condução e colheita das mesmas (EPE, 2013).

Tabela 1 - Índice de rendimento de açúcar, etanol anidro e etanol hidratado por Açúcar Total Recuperável – ATR

Produto final	Unidade de produção	Quantidade de ATR
Açúcar	1 kg	1,0495 kg
Etanol Anidro	1 litro	1,7651 kg
Etanol Hidratado	1 litro	1,6913 kg

Fonte: EPE, 2013.

Esse rendimento industrial é um importante componente para o cálculo do custo de produção unitário dos produtos finais. Assim, uma vez que o rendimento em ATR está basicamente associado aos fatores climáticos ou a maior ou menor propensão regional para a lavoura de cana-de-açúcar está automaticamente determinando localizações de maior produtividade (EPE, 2013).

A região Centro-Sul destaca-se também na produtividade de cana-de-açúcar. Entretanto, nas últimas safras o rendimento da cana-de-açúcar vem decrescendo devido à falta de investimento nos canaviais, principalmente com a crise financeira mundial no ano de 2008, e a problemas climáticos (UNICA, 2015).

Um fator que também tem explicado essa queda da produtividade é a adoção da mecanização da colheita. Apesar dos inúmeros benefícios para o setor e para o meio ambiente. Na safra 2015/2015 quase 90% da colheita foi realizada mecanicamente na região Centro-Sul segundo dados da UNICA (2016). Porém, tal tecnologia trouxe problemas para a lavoura, bem como para dentro da indústria.

O incremento do tráfego envolvido nas lavouras de cana-de-açúcar acarreta aumento do pisoteamento e, por conseguinte, uma maior compactação do solo tornando-o degradado, o que afeta diretamente sua produtividade. Outro ponto a se analisar é o cortador de base da colhedora, que contém os dois discos rotativos, que cortam a cana-de-açúcar e, em função de também cortar a terra e demais impurezas, que são levados juntos com a matéria-prima para o processo produtivo, tem reduzido a produtividade (NYKO et.al., 2013).

De acordo com o Centro de Tecnologia Canavieira – CTC (CTC, 2015) entre as safras 2010/11 e 2013/14 o nível de impurezas minerais aumentou 7% e as

vegetais, 9%. A consequência disso foi a redução do ATR das últimas safras em função da piora da qualidade da cana-de-açúcar entregue nas usinas. Na safra 2013/14 houve uma desaceleração no carregamento de impureza mineral à indústria, demonstrando que o setor está se adaptando às atuais condições de colheita (CTC, 2015).

Em termos agrônômicos, a cana-de-açúcar é caracterizada por ser uma cultura semi-perene, apresentando um ciclo produtivo em média de cinco anos, com colheita realizada a cada ano, ou ano e meio. A primeira colheita é denominada de primeiro corte e apresenta maior produtividade em comparação aos demais anos/cortes (COSTA, 2014).

A cana-de-açúcar apresenta algumas características, sendo as principais sua perecibilidade e sazonalidade da produção (safra e entressafra). Em se tratando especificamente de seus derivados, a matéria-prima deve chegar aos estabelecimentos produtores em no máximo 48 horas após o corte, garantindo assim sua qualidade (HISSA, 2011).

Tendo em vista diversas peculiaridades na cadeia produtiva da cana-de-açúcar, essas implicam em um elevado grau de especificidade locacional, temporal e físico, de acordo com Moraes (2000). Segundo a autora, essas especificidades são enfrentadas na comercialização da cana-de-açúcar.

Antes mesmo da liberação dos preços do setor sucroalcooleiro, já havia a necessidade de uma nova maneira de remuneração da cana-de-açúcar em substituição ao tabelamento de preços praticado pelo governo anteriormente, que atendesse tanto aos fornecedores de cana-de-açúcar como as usinas e destilarias (MORAES, 2000).

A “cana-de-açúcar padrão” era determinada nesse período pela Comissão Regional de Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose de cada estado, que era composta por representantes dos fornecedores de cana, dos industriais e do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA). O governo fixava o preço da cana-de-açúcar, o qual poderia ter um ágio caso a matéria-prima entregue apresentasse uma qualidade superior à cana-de-açúcar padrão do estado e, um deságio, caso contrário (SACHS, 2007).

O sistema de pagamento da cana-de-açúcar denominava-se Sistema de Pagamento da Cana pelo Teor de Sacarose (PCTS), por meio do qual o pagamento aos fornecedores era feito pela qualidade, ou seja, pelo teor de sacarose da cana-

de-açúcar e a pureza do caldo (MARJOTTA-MAISTRO, 2002). Assim, na entrega da produção na unidade industrial eram feitas as análises e determinado o preço da tonelada.

Após a desregulamentação do setor sucroalcooleiro, o Sistema de Pagamento da Cana pelo Teor de Sacarose (PCTS) não fazia mais sentido, dado que o governo não mais tabelava o preço da cana-de-açúcar, surgindo então divergências sobre a remuneração dos produtores canavieiros.

Com a intenção de solucionar esse problema, em 1997, o Estado de São Paulo constituiu um grupo técnico e econômico com o objetivo de desenvolver um novo sistema para a remuneração da cana-de-açúcar, formando o Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (CONSECANA-SP) (SACHS, 2007). O grupo deveria apresentar regras básicas para o setor e assim, assessorar os produtores de açúcar e etanol na realização dos contratos de fornecimento da matéria-prima para as usinas, divulgando critérios adequados para a determinação da qualidade da cana-de-açúcar e para o preço da tonelada, considerando que o governo não mais estabelecia os preços para o setor (MORAES, 2000).

O novo sistema de remuneração da matéria-prima, denominado Sistema de Remuneração da Tonelada de Cana pela Qualidade/CONSECANA, começou a vigorar como sendo um modelo de autogestão da própria cadeia, diferentemente da antiga tutela do Estado. O mesmo foi adotado como alternativa de cálculo para remuneração da cana-de-açúcar, para determinar valores de arrendamentos de terra e fixação de salários (VIAN, 2003).

O atual sistema de pagamento de cana-de-açúcar utiliza como base a qualidade da cana-de-açúcar expressa pela quantidade de açúcares (frutose, glicose, sacarose) recuperáveis no processo industrial expresso em quilograma, por tonelada de cana-de-açúcar (SACHS, 2007). A soma desses açúcares é o chamado Açúcar Total Recuperável (ATR) contido por tonelada da matéria-prima, entregue pelo produtor (SATOLO, 2008).

O valor do ATR se fundamenta nos preços do açúcar e do etanol nos mercados interno e externo, pelo *mix* de produção de cada usina e pela participação dos custos de produção do açúcar e do etanol para assim fixar a remuneração do produtor (SACHS, 2007).

Assim, as oscilações dos preços do etanol e do açúcar são repassadas ao preço da tonelada da cana-de-açúcar, fazendo com que os produtores participem mais das variações ocorridas nos mercados dos produtos finais (SATOLO, 2008).

Dado que a cana-de-açúcar é remunerada principalmente pela sua qualidade, variações nos preços se dão pela maturação e produtividade da mesma (MORAES, 2004). E, assim como na maioria dos produtos agrícolas, variações nos seus preços, estão relacionadas com o ciclo produtivo da cana-de-açúcar, períodos de safra e entressafra, onde neste segundo período pode-se verificar um aumento nos preços, dada a menor oferta.

Sachs (2007) conclui que a utilização do sistema CONSECANA para remunerar a tonelada de cana-de-açúcar mostra claramente que não existe um valor único para a tonelada de cana. O preço pode variar conforme a qualidade da cana-de-açúcar de cada produtor, que é influenciada por fatores climáticos, tipos de solos, variedades e condução dos tratos culturais. Além desse fator, também é determinante o *mix* e custo de produção de cada unidade industrial na qual a matéria-prima é entregue.

Assim, pode-se avaliar que a produção e precificação da cultura de cana-de-açúcar envolve diversos fatores, bem como, se relaciona com a produção e mercado de seus derivados. Esses aspectos serão tratados nos demais tópicos.

2.2 Mix de produção: açúcar x etanol

Característica importante da agroindústria canavieira brasileira consiste na flexibilidade de sua produção: ora produzir mais açúcar, ora mais etanol (MARJOTTA-MAISTRO, 2002). As usinas de açúcar com destilaria anexa podem direcionar o caldo oriundo da moagem da cana-de-açúcar tanto para a fabricação de açúcar como para a de etanol, dependendo da rentabilidade desses produtos (BACCHI; ALVES, 2004).

Essa flexibilidade mostra-se como um instrumento que possibilita aos produtores redirecionarem suas atividades frente aos sinais do mercado, ou seja, frente a possíveis ganhos com a produção de açúcar ou etanol. Mas se por um lado o mercado pode guiar as decisões empresariais, por outro lado, tais decisões não

devem estar desvinculadas de um planejamento de longo prazo para seus produtos (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

A escolha de produção entre o açúcar e o etanol, segundo Moraes (2004), dependerá de seus preços relativos. Assim, preços maiores para o etanol direcionam a cana-de-açúcar para esse produto. Em sentido inverso, aumenta-se a produção de açúcar, em detrimento da produção de etanol. A decisão de produção entre etanol hidratado ou anidro também depende dos seus preços relativos. Por sua vez, a demanda pelo etanol hidratado depende do preço do etanol, em relação à gasolina.

Decisões de escolha de produção também dependem de fatores climáticos. Macedo e Sousa (2010) explicam que nos períodos de chuva o rendimento em sacarose diminui e, dessa forma, é preferível atingir o máximo de produção de etanol e diminuir a produção de açúcar, ocorrendo o inverso em períodos de seca.

As decisões relativas a quanto produzir cada produto para cada safra são tomadas com antecedência, tendo em vista a operacionalização da produção. Os usineiros, no processo de tomada de decisão, formam expectativas entre o comportamento dos preços e às quantidades demandadas de açúcar e etanol, tanto no mercado interno quanto no mercado externo (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

A evolução do mercado externo em relação à produção sucroenergética é um fator importante já que o país tem grande parcela na participação da produção de açúcar. Já a participação do etanol é pequena no que se refere às exportações devido a forte demanda interna do produto, e à pequena utilização de etanol como combustível em outros países do mundo, comparada ao Brasil (SATOLO, 2008).

Na composição do *mix* de produção, a participação do mercado interno, quanto à demanda de açúcar e etanol, também são variáveis de grande representatividade para a tomada de decisão de ambos os produtos.

O consumo de açúcar tem grande representatividade na alimentação do brasileiro. Desta forma, fazendo referência ao consumo interno de etanol (hidratado e anidro), um planejamento de longo prazo atenta para a necessidade de abastecimento do produto, dado ao aumento de veículos *flex fuel* e às alterações no percentual de etanol anidro adicionado à gasolina A (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

Na evolução do *mix* de produção no Brasil a distribuição entre açúcar e etanol até a safra 2006/2007 permaneciam muito próximos ao patamar dos 50% para cada produto. A partir de então a participação da produção de etanol na distribuição do

Açúcar Total Recuperável produzido tem aumentado em detrimento da participação do açúcar. Entretanto, antes do processo de desregulamentação as diferenças dos percentuais de destinação do ATR entre ambos produtos se acentuavam mais. Na década de 1970 a participação do *mix* para a produção de açúcar era maior (em torno de 80%), o que alterou após a criação do Proálcool (30%) (MAPA, 2015).

As unidades produtoras possuem volume determinado de cana-de-açúcar a ser moída durante a safra e uma capacidade limitada para a produção de açúcar e etanol. Desta forma, as condições de operação obrigam as unidades de produção mista a produzir tanto açúcar quanto etanol, fazendo com que o percentual de distribuição dos Açúcares Totais Recuperáveis variem entre 5% e 10% (ZANÃO, 2009).

Dessa forma, percebe-se que as mudanças no foco da produção, ora para o açúcar, ora para o etanol, como uma estratégia utilizada pelas usinas que passam a produzir com maior intensidade o produto, que apresenta melhores rendimentos em determinados períodos.

2.3 Fatores que influenciam o mercado de açúcar

O açúcar é um produto que faz parte da cesta básica de alimentos dos brasileiros, e também se constitui uma *commodity*, comercializada tanto no mercado físico como no mercado futuro, em todo o mundo.

Seu processo de fabricação se resume em extraí-lo através do caldo proveniente do esmagamento da cana-de-açúcar, com posterior branqueamento, decantação, evaporação, flotação e cristalização (WAAK et.al., 1998). Existem diversos tipos de açúcar para diversos destinos, seja consumidor final (refinarias) ou os diversos segmentos do mercado industrial de alimentos e bebidas, cada qual com seu valor no mercado, além das *tradings*, principal canal de exportação. Entre estes estão os açúcares: demerara, mascavo, cristal, refinado, VHP (*Very High Polarization*).

O VHP destina-se essencialmente à exportação. Por ser menos úmido que o açúcar bruto (também conhecido como demerara), e podendo ser refinado domesticamente, este tipo de açúcar é o preferido no mercado internacional. O açúcar refinado permanece, em sua maior parte, no mercado interno. Já o açúcar

cristal pode ser consumido tanto no mercado interno (seja através do varejo ou pelas indústrias) quanto no mercado externo (SATOLO, 2008).

Assim, neste elo de fabricação, destacam-se o açúcar destinado diretamente ao consumo humano, como também direcionado ao setor da indústria alimentícia. A menor parcela do açúcar brasileiro é destinada ao mercado interno (40%), distribuído para as indústrias de atacado e varejo. No caso do mercado externo, o açúcar exportado é do tipo VHP (MACHADO, 2012).

A produção de açúcar está inserida em área agrícola e industrial, estando sujeita às condições ambientais, que influenciam na qualidade da matéria-prima (cana-de-açúcar), provocando ampla variação de seus parâmetros técnicos e de fornecimento (MACHADO, 2012).

A produção brasileira contabilizou 36 milhões de toneladas de açúcar e 24 milhões de toneladas exportadas na safra 2014/2015 - quantias equivalentes a, respectivamente, 20% da produção global e 40% da exportação mundial (UNICA, 2015).

O mercado do açúcar mudou consideravelmente após a década de 70 devido à crise do petróleo e a entrada de países em desenvolvimento que passaram a investir intensivamente neste mercado. O aumento do preço do açúcar nessa década possibilitou a modernização das indústrias, as quais foram remodeladas através do auxílio do FUNPROÇÚCAR² criado pelo IAA (LIEBERG, 2014). Países como Brasil, Índia, China e Tailândia ganharam grande representatividade.

O Brasil, que sempre figurou entre os maiores produtores de açúcar do mundo, passou a ocupar o primeiro lugar do *ranking* em 1997/98, estando no lugar da Índia, que historicamente liderava a produção mundial. Além de maior produtor de açúcar também ocupa o posto de maior exportador mundial do produto, posição que passou a ocupar a partir de 1995/96 (SILVEIRA; BURNQUIST, 2006). Em 2014/15, de acordo com dados da USDA (2015), o país foi responsável por aproximadamente 20,6% da produção mundial, seguido pela Índia (16,9%) e pela China (6,3%).

Para Lieberg (2014) os principais fatores que tornaram o Brasil um dos líderes deste mercado foram: condições climáticas favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar, ciclo de safra mais longo e em período diferente dos demais países produtores, a flexibilidade em se produzir etanol e açúcar na mesma unidade industrial, incentivos

² FUNPROÇÚCAR – fundo criado pelo IAA para a modernização das indústrias e usinas de cana-de-açúcar (LIEBERG, 2014).

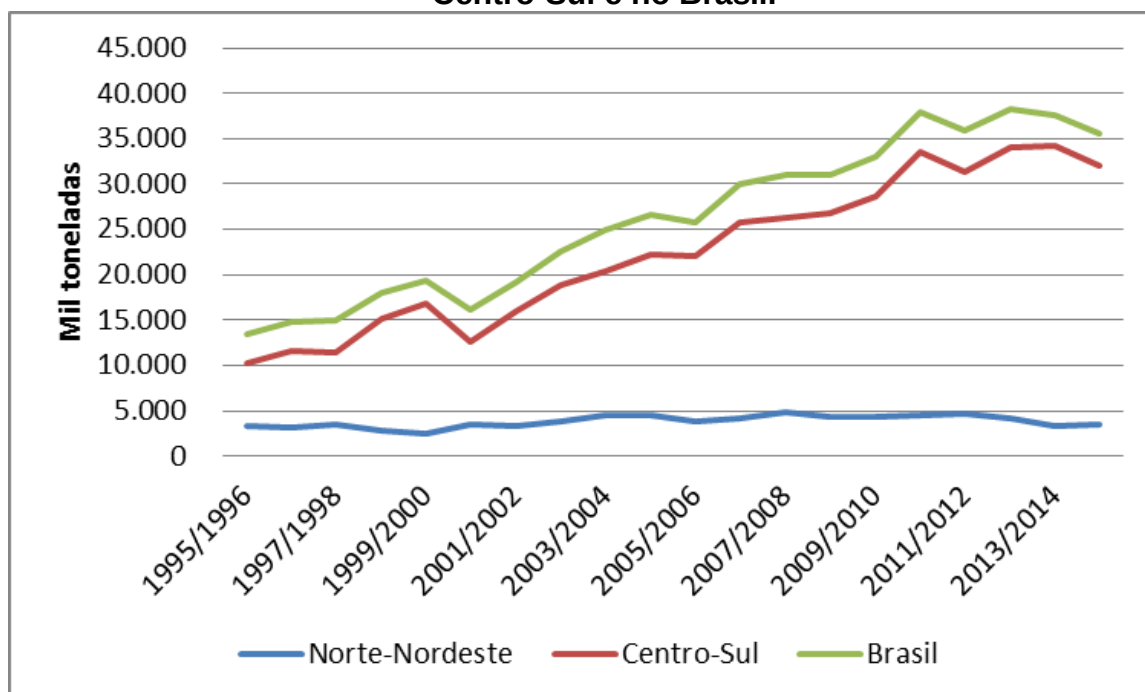
governamentais para o crescimento do setor durante os anos 80 e 90, investimentos no setor desde o período colonial, entre outros.

Fato importante a ser analisado no mercado de açúcar foi a quebra de safra da Índia na safra 2008/2009 em função de condições climáticas desfavoráveis, o que também influenciou a safra subsequente. A Índia, que até então ocupava segundo lugar no *ranking* de produção mundial, passou a importar açúcar, o que prejudicou a oferta do produto, o que conseqüentemente, ocasionou a elevação dos preços no mercado internacional. Costa (2014) analisa que essa redução na oferta mundial de açúcar favoreceu os produtores brasileiros que aumentaram seus ganhos devido ao melhor preço do açúcar e conquistaram novos mercados.

A Figura 3 ilustra a evolução da produção de açúcar no Brasil e nas duas macrorregiões produtoras nos últimos vinte anos. A região Centro-Sul se mostra com grande representatividade na produção, atingindo 90% da produção brasileira na última safra (2014/2015).

Nota-se um expressivo aumento na produção durante os anos ilustrados, o que fez com que o Brasil tornasse líder na produção e exportação mundial, exceto na safra 2000/2001, na qual houve uma quebra de safra em função de adversidades climáticas e falta de investimentos.

Figura 3 - Evolução da produção de açúcar nas regiões Norte-Nordeste, Centro-Sul e no Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da UNICA (2015).

O estado de São Paulo, assim como na produção de cana-de-açúcar e etanol, segue com destaque na produção de açúcar, totalizando quase 22 milhões de toneladas na safra 2014/15, seguido dos estados de Minas Gerais e Paraná. Os estados da região Nordeste se mostram representativos na produção açucareira, diferentemente do que acontece na produção de etanol. Pernambuco e Alagoas somaram juntos 8,13% do total de açúcar produzido na última safra. Entretanto, historicamente, e até a safra 2007/08, o estado de Alagoas foi o segundo colocado no *ranking* da produção brasileira.

Assim como a produção brasileira, a produção mundial de açúcar também vem crescendo ao longo da última década. O consumo também apresentou uma tendência crescente no período, passando de 162,2 milhões de toneladas para 174,3 milhões de toneladas entre 2010/11 e 2014/15 (USDA, 2015).

No caso do açúcar brasileiro, as exportações são o canal de influência do mercado externo sobre o interno. Cerca de 60% da produção nacional de açúcar são exportados, segundo dados da UNICA (2015). Assim, o preço do açúcar no mercado internacional é a principal referência para os agentes que operam no mercado de açúcar, tanto pelo lado da oferta quanto pelo lado da demanda. Para o produtor, outro ponto importante é o coeficiente tecnológico de transformação de cana-de-açúcar em açúcar ou etanol e, pesam também nas relações contratuais na decisão de produção de açúcar ou etanol. E, ainda é importante salientar a relação com o mercado de combustíveis, em especial, o preço da gasolina no mercado brasileiro (LIMA, 2011).

De acordo com Campos (2010), o preço do açúcar no mercado nacional é determinado pelo preço do açúcar no mercado internacional, mais precisamente, sobre as cotações dos contratos futuro na Bolsa de Nova Iorque para os preços no mercado físico no Brasil.

Assim, ao fazer a análise dos preços no mercado interno não se pode deixar de mencionar a influência da taxa de câmbio, fator determinante das exportações nacionais (CAMPOS, 2010). Na medida em que a desvalorização da moeda nacional frente ao dólar estimula as exportações e inibe as importações. O inverso ocorre no caso de uma valorização.

Analisando o comportamento os preços de açúcar cristal e açúcar VHP no mercado brasileiro, observa-se que o preço do açúcar cristal é maior que o VHP,

pois o primeiro já passou por demais processos produtivos de refino. Também se avalia que as oscilações no preço do açúcar cristal estão mais associadas aos períodos de safra e entressafra, o que não se observa para o açúcar VHP. Como já foi dito, o açúcar VHP é destinado às exportações e, portanto, está mais associado ao comportamento do mercado externo.

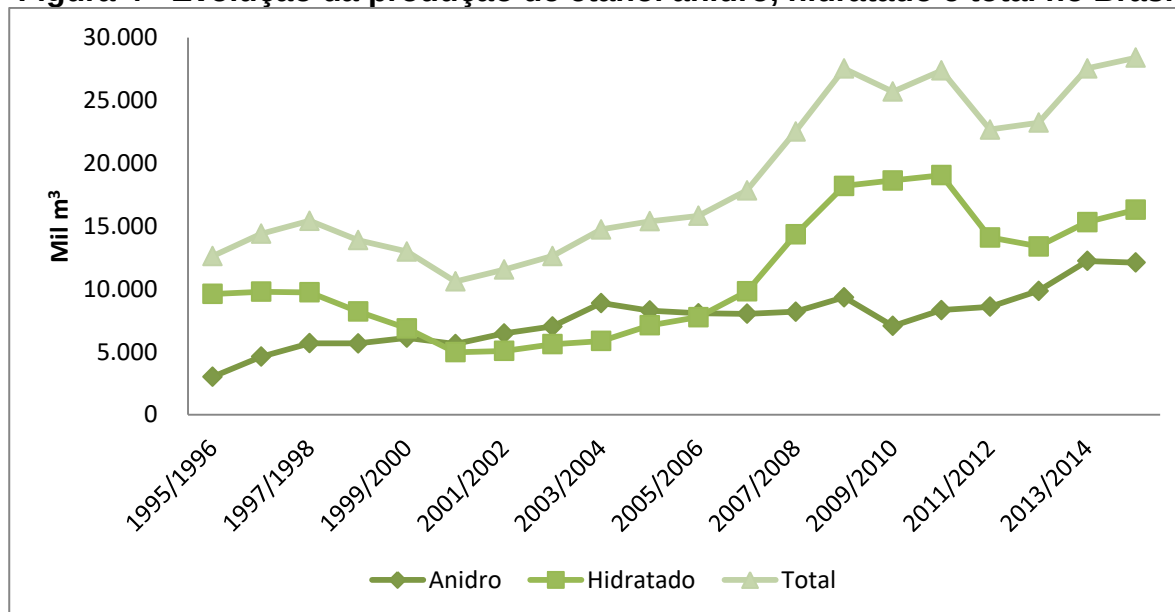
O mercado de açúcar é mais consolidado, da cadeia sucroenergética, no país e no mundo. Daí a importância do mercado externo de açúcar, não somente para o mercado doméstico desse produto, mas também para o etanol e demais produtos do setor.

2.4 Fatores que influenciam o mercado de etanol

O cenário de comercialização do etanol foi impulsionado principalmente pelo Proálcool, lançado em 1975. No entanto, veio a se consolidar no início do século XXI, com o fim do controle de preços pelo Estado, divulgado ao final da década de 1990 e com o lançamento do veículo *flex fuel* em 2003.

Assim, este mercado teve como coadjuvante a indústria automobilística, por estar envolvida na criação de uma nova tecnologia, onde veículos automotores poderiam ser abastecidos com etanol ou gasolina, ou a qualquer proporção dos dois combustíveis, o *flex-fuel*. O lançamento do veículo *flex* alterou significativamente a demanda de etanol no mercado interno.

Como se pode visualizar na Figura 4, nas últimas décadas a produção aumentou substancialmente, na safra 1995/1996 eram cerca de 12,61 milhões de m³, enquanto em 2009/10 passou para 25,7 milhões de m³. Na última safra (2014/15) a produção foi de 28,39 milhões de m³.

Figura 4 - Evolução da produção de etanol anidro, hidratado e total no Brasil.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da UNICA (2015).

O etanol produzido é dividido entre etanol anidro, utilizado na mistura com gasolina, e etanol hidratado, o etanol combustível. Conforme mostram Alves e Lima (2010), a diferença entre o etanol anidro e hidratado é que o anidro deve conter no mínimo 99,3% de álcool e o hidratado deve ter no máximo 96% deste. Satolo (2008) também explica que para ser considerado anidro, o etanol pode conter 1% de água, e seu principal uso é como aditivo à gasolina para um funcionamento mais eficiente dos motores. Se a concentração de água no etanol for maior que 1%, é dito como hidratado, e usado como combustível nos automóveis. Além disso, o custo de produção do etanol anidro é cerca de 8% maior que o do hidratado, devido ao fato de sua produção ser mais complexa, o que por consequência, seus preços também são maiores (ALVES; LIMA, 2010).

O lançamento do carro *flex* em 2003 alterou os níveis de produção do etanol, aumentando a produção total, e também inverteu a quantidade de cada tipo (anidro e hidratado) produzido (Figura 4). A partir da safra 2005/06 a produção de etanol hidratado superou a de anidro, crescendo 110% e 50%, respectivamente. Também se observa durante anos um crescimento praticamente regular da produção de etanol anidro, por ser este um mercado mais estável, devido à garantia de adição obrigatória à gasolina.

O estado de São Paulo, historicamente, é o que possui maior participação na produção de etanol anidro e hidratado do Brasil. Seguido do estado de Goiás, que desde a safra 2010/11 ocupa a segunda colocação. Em terceiro o estado de Minas Gerais segue representando 9,5% da produção brasileira de etanol anidro e hidratado (UNICA, 2015).

Comparando-se a evolução da produção e consumo de etanol hidratado nota-se também o crescimento deste segundo na última década, principalmente após 2003, segundo informações da UNICA (2015) e da ANP (2015). De acordo com dados da ANP, em 2015 foram consumidos mais de 16,27 milhões de m³ de etanol hidratado. Pelo lado da produção, no mesmo ano foram produzidos 18,8 milhões de m³ de etanol.

Os níveis de produção de etanol estão diretamente relacionados à quantidade e eficiência da produção da cana-de-açúcar, como também à alocação dessa matéria-prima entre o açúcar e o etanol. Dessa forma, as razões para alterações na oferta, são normalmente, ou de ordem climática ou associadas ao consumo internacional de açúcar (MORAES, 2004).

Em seu processo de comercialização o etanol hidratado é adquirido pelas distribuidoras e direcionado para postos de revenda, para todo o país. De acordo com dados da ANP, em seu Anuário Estatístico, ao final do ano de 2014 existiam 291 bases de distribuição de combustíveis líquidos (autorizados pela ANP) em todo o país. Destas, 92 se situavam na região Sudeste. Esse aparato detinha a capacidade de armazenar 3,8 milhões de m³, onde 779 mil m³ eram destinados ao etanol, sendo 47,7% dessas na região Sudeste.

De acordo com Campos (2010) a desregulamentação do setor favoreceu a entrada de novos distribuidores e propiciou uma comercialização mais competitiva.

O etanol anidro, derivado do etanol hidratado, é adquirido pelas distribuidoras para compor a mistura com a gasolina A, dando origem à gasolina C (MACEDO; SOUSA, 2010). As alterações nos percentuais são estipuladas por Decretos do Governo Federal, podendo variar entre 20% e 25%. Essas decisões são tomadas levando em conta a expectativa de produção de etanol e/ou disponibilidade do produto, tendo em vista a estabilidade de preços (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

Tratando-se das relações de precificação e comercialização, o etanol está diretamente relacionado com a comercialização deste produto e outros combustíveis, sendo o mais importante a gasolina C (CAMPOS, 2010).

Como o etanol hidratado é um substituto para a gasolina, a elevação do preço do petróleo pode acarretar um aumento do etanol. Por sua vez, a elevação do preço do etanol tende a elevar o preço da matéria-prima para produção do açúcar e incentivar produtores a substituir a produção do açúcar por etanol (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

Faz-se necessário mencionar neste contexto que o preço do etanol esbarra no preço da gasolina, que é controlado pelo Estado, sendo que numa proporção de preços maior que 70%, torna-se mais vantajoso abastecer com gasolina (MORAES, 2004).

Ainda se pode acrescentar a ocorrência de sazonalidade dos preços, relacionada com a produção agrícola (safra e entressafra), ocasionando desajustes de oferta e demanda. A oferta se concentra no período de colheita/safra, enquanto a demanda se mantém por todo o ano (CAMPOS, 2010).

De acordo com Campos (2010), embora as oscilações nos preços sejam facilmente identificadas, e vários estudos na literatura explicam as causalidades que influenciam os preços, os fundamentos econômicos que as provocam ainda não são bem explicados.

Assim, a necessidade de se reduzir oscilações nos preços do etanol ganha relevância, dado a necessidade dos agentes do setor poderem assegurar maior previsibilidade de preços, para reduzir riscos no mercado. Para Bacchi e Alves (2004), políticas de estoques reguladoras deveriam ser adotadas como forma de amenizar a alta variabilidade dos preços, visando uma estabilidade no decorrer de safras e entressafras.

2.5 Regulação do setor e políticas energéticas

O setor sucroalcooleiro viveu durante 60 anos (de 1930 a 1990) sob a intervenção do Estado.

Na década de 30, a criação do Instituto do Açúcar e Alcool - IAA teve o intuito de defender as empresas do setor canavieiro, onde os produtores reivindicavam por um órgão regulador do setor que intermediasse conflitos de interesses entre os elos da cadeia (produtores, comerciantes, estados, ministérios, instituições financeiras) (CABRAL; TAQUES, 2015).

Segundo Lima (1992), o IAA fez uso da utilização de uma série de instrumentos tais como: o controle de preços e da comercialização; estabelecimento de quotas de produção, capazes de garantir o equilíbrio entre as safras de cana-de-açúcar e o consumo, seus principais produtos, entre outros. Assim, o Instituto detinha o poder de estipular e sugerir medidas relacionadas à regulamentação do açúcar e do álcool.

Para Shikida (2014), com a atuação do IAA, a indústria canavieira passou a se enquadrar em uma série de arranjos institucionais que ligavam os interesses do setor com as estruturas de decisão do governo. Assim, com os mecanismos de regulação (quotas de produção, fixação de preços nos elos da cadeia) a reserva de mercado era garantida de modo que o produtor não precisava preocupar-se com mudanças tecnológicas com a finalidade de diluir custos, nem proporcionar ambiente mais competitivo, já que sua permanência no mercado era preservada.

Apesar do expressivo desenvolvimento da indústria canavieira, a cana-de-açúcar não alcançou a mesma quantia de hectares plantados quanto o café, o milho ou o arroz no Brasil nesse período (CABRAL; TAQUES, 2015). Mesmo sendo um dos principais produtos exportados na década de 1970, o papel da cana-de-açúcar era de coadjuvante na economia rural e isso somente alterou-se com a criação do Proálcool (Programa Nacional do Álcool).

Devido às duas crises do Petróleo em 1973 e 1979, o governo criou, em 1975, um programa de incentivo à produção de álcool na indústria canavieira, o Proálcool (Programa Nacional do Álcool). O mesmo visava a produção de álcool anidro de cana-de-açúcar, em destilarias anexas às usinas, para ser adicionado à gasolina. Assim, a cana-de-açúcar cultivada seria destinada em grande parte à indústria alcooleira, evitando o excesso de oferta do açúcar (SHIKIDA, 2014).

Segundo Bittencourt, Fontes e Campos (2012), o programa podia ser dividido em duas vertentes principais: a primeira, destinada ao estabelecimento da estrutura produtiva de etanol no país e fomento para desenvolvimento de tecnologia para fabricação de veículos movidos exclusivamente a etanol; e a segunda, orientada para a expansão da produção de etanol, incluindo a expansão da área plantada de cana-de-açúcar.

Cruz, Guerreiro e Raiher (2012) argumentam que o Programa teve forte relacionamento político, e o investimento público chegou a 90% do necessário para viabilizar a construção de uma nova destilaria e 100% para aumentos em área de

cultivo. Sendo assim, observou-se nos anos 70, grande expansão do setor industrial canavieiro, mas especialmente, da área plantada da cana-de-açúcar por todo o país.

Para promover a produção do combustível em quantidades suficientes, houve uma elevação dos preços determinada pelo IAA para que o programa fosse um meio alternativo de aproveitar a capacidade ociosa da produção de açúcar (MORAES, 2000).

Também foram criados alguns instrumentos básicos para a implementação do Proálcool compostos pela garantia da compra do álcool hidratado pela Petrobrás como: criação de linhas de crédito tanto para o produtor rural quanto para a indústria; paridade de preços com os do açúcar e, preços mínimos do insumo no mercado (SHIKIDA; BACHA, 1999).

Segundo Shikida (2014) o programa pode ser caracterizado em três fases: de 1975 a 1979 por um crescimento “moderado”; por uma expansão “acelerada” de 1980 a 1985; e de 1986 a 1995 com “desaceleração e crise”.

A primeira fase enfatizou o aproveitamento da capacidade ociosa das destilarias, contribuindo para expansão da produção de etanol anidro, adicionado na gasolina. Assim, a produção de álcool teve um rápido crescimento e passou a ser importante produto da matriz energética brasileira (SZMRECSÁNTYI; MOREIRA, 1991).

Como consequência da primeira fase, a área colhida cresceu 608 mil hectares entre 1976 e 1980, aumentando a produção em 43,7% (MARJOTTA-MAISTRO, 2002). Neste período São Paulo foi responsável por 56% do aumento e já alcançava 50% da produção nacional e os estados vizinhos começaram a expandir a cultura também, reduzindo a participação do Nordeste na produção total do país (SZMRECSÁNTYI; MOREIRA, 1991).

Na segunda fase do Programa (1980 a 1985) o foco acontece, principalmente, na produção e uso de álcool hidratado (álcool combustível), dando ênfase à implantação de destilarias autônomas. A produção de etanol anidro não alcançou os patamares almejados, enquanto a produção de etanol hidratado aumentou quase 13 vezes (SHIKIDA, 2014).

A terceira fase do Proálcool (1986 a 1995) se caracterizou pela retirada gradual dos investimentos públicos. Assim, começou a apresentar descompasso entre produção e consumo do etanol (SHIKIDA, 2014). O crescimento da produção interna de petróleo, estabilização e queda do preço do petróleo, somado a problemas

fiscais, o aumento constante dos preços internacionais do açúcar, e também da retirada dos financiamentos e subsídios por parte do governo, colaboraram para a desaceleração econômica do Proálcool (CABRAL; TAQUES, 2015). A produção de álcool se manteve em níveis constantes, registrou-se queda na produção de veículos movidos a álcool e as exportações de açúcar reduziram-se neste período.

Para Moraes e Bacchi (2015), os principais fatores geradores da crise do Proálcool foram a queda no preço do petróleo e de seus derivados, e o desabastecimento de álcool em 1989, que afetou a confiança do consumidor. Esse desabastecimento gerou trocas de acusações entre o Estado, a Petrobras e empresários do setor. Os fatores citados somados à liberação das exportações de açúcar e redução das subvenções para produção de álcool definiram a crise citada por Shikida (2014).

Na década de 90, inicia-se um novo estágio do setor sucroalcooleiro. O setor passa por uma forte desregulamentação e, conseqüentemente o afastamento do Estado, levando o Proálcool à sua decadência (SZMRECSÁNTYI; MOREIRA, 1991).

Assim, se estabeleceu a concorrência via mercados (oferta e demanda), forçando uma redução nos custos de produção via implementação de inovações, o que afetou toda a economia canavieira do Brasil (SHIKIDA, 2014).

Em 15 de março de 1990, a Medida Provisória 151/90 determinou que o Instituto de Açúcar e Álcool fosse extinto a partir daquela data e que não haveria mais um órgão regulador que supervisionasse a produção, gerando uma desestruturação do setor (CABRAL; TAQUES, 2015).

Moraes (2000) argumenta que em 1991, foi criada a Secretaria do Desenvolvimento Regional (SDR), a qual ficou responsável por supervisionar, controlar e normatizar as ações da agroindústria canavieira. A SDR manteve algumas práticas reguladoras como a fixação de cotas de produção, planejamento de safra, a necessidade de permissão para a implementação de novas destilarias e usinas, assim como foram mantidos os subsídios para os produtores do Norte/Nordeste – sob a forma de taxa de equalização de custo. Porém, muitos desses mecanismos de controle e planejamento foram sendo paulatinamente extintos ao longo da década de 1990 (MORAES, 2000).

Assim, com a crise do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) e a extinção do Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA) o setor passou a ser regido pelas forças de mercado e, gradativamente, foi sendo desregulamentado (ALVES; LIMA, 2010).

Em 1996, através da Portaria nº 294 do Ministério da Fazenda, houve a liberação dos preços do álcool anidro a partir de 1º de maio de 1997 e os preços de açúcar e das outras variedades de álcool a partir de 1º de maio de 1998, ocasionando o fim da regulamentação do setor sucroalcooleiro, que se submetia agora às regras do livre mercado (SACHS, 2007). A partir de janeiro de 2002 o setor de combustíveis passou a operar totalmente sob livre mercado, sendo que os preços da refinaria deixaram de ser regulados e permitiu-se a importação de derivados de petróleo por empresas privadas (MORAES, 2000).

Em 1997 foi criada o Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool (CIMA) como sendo uma alternativa do governo organizar esse setor no livre mercado. O mesmo era composto por representantes de produtores de açúcar e etanol das duas macrorregiões produtoras, Centro-Sul e Nordeste (COSTA, 2014). Segundo Moraes (2000), este conselho desempenhou importante contribuição na tomada de decisões e na busca de soluções de conflitos gerados por diferentes interesses entre os grupos atuantes no mercado.

Após 1999, com o fim do regime de bandas cambiais, e início da vigência da taxa de câmbio flutuante, as exportações brasileiras, em especial de açúcar, tiveram novo impulso (BACCHI; ALVES, 2014).

Outro órgão importante criado para regulação e orientação do setor foi a Agência Nacional do Petróleo – ANP em 1998, que contribuiu para a criação de regras e fiscalização do mercado de etanol.

No momento pós-desregulamentação do setor sucroalcooleiro, o Estado perde o poder de interventor, com o fim dos órgãos reguladores, e passa a não fornecer mais os incentivos financeiros que antes havia oferecido (CABRAL; TAQUES, 2015). Com o afastamento do Estado, as organizações foram obrigadas a se reformularem, redefinindo suas metas e suas formas de organização e atuação. Novas demandas foram colocadas pelos membros das associações, devido ao fim do aparato de sustentação estatal até então vigente, que garantia a realização de lucros ao setor (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

Quem passou a ter maior controle e poder do setor foram os industriais da região Sudeste, que detinham os recursos financeiros suficientes para promover ganhos de produtividade agrícola e industrial, aumento de exportações, redução de

custos, além de mais recursos tecnológicos, mecanização do plantio e colheita, investimento em centros de pesquisa e novas formas de gestão (SHIKIDA, 2014).

A desregulamentação foi determinante na forma de evolução da agroindústria da cana-de-açúcar, considerando-se que os preços e os volumes produzidos vinham sendo determinados, a cada ano-safra, por instituições governamentais, já há um longo período. O novo contexto de mercados desregulados afetou principalmente a forma e de comercialização e os preços do açúcar, do álcool, e da cana-de-açúcar, matéria-prima básica do setor (MORAES; BACCHI, 2015).

Com a liberalização dos preços no mercado sucroalcooleiro, esses começaram a se formar de acordo com as características de mercados concorrenciais. Assim, os fatores determinantes desses preços estão relacionados à oferta e à demanda do produto, tanto no âmbito doméstico como no internacional (BACCHI; ALVES, 2014).

Assim, após períodos de intenso controle e atuação governamental, o setor sucroenergético passou a vivenciar maior autonomia e menor regulação.

Conforme já mencionado, a utilização de etanol como combustível teve novo impulso a partir do lançamento do veículo *flex fuel* por parte da indústria automobilística. Como resultado, o etanol passou a ocupar posição relevante na matriz energética brasileira. Outra contribuição da cana-de-açúcar para a matriz energética nacional se mostra pelo potencial de geração de energia elétrica a partir de resíduos da produção (TCU, 2012).

No Brasil a participação de energias renováveis está entre as mais elevadas do mundo, somando 41,2% em 2015, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016). Os derivados de cana-de-açúcar (etanol, bagaço, palha) ultrapassaram a energia hidráulica na oferta interna de energia e proporcionaram 16,9% da energia consumida no país no ano de 2015 (EPE, 2016).

Entretanto, um aumento na participação de derivados da cana-de-açúcar na matriz energética nacional, depende de investimentos no setor sucroenergético, principalmente na construção de novas usinas e em tecnologias que aumentem a produtividade dos canaviais (TCU, 2012).

2.6 Estudos de séries temporais

Vários estudos sobre área e produtividade da cana-de-açúcar e o mercado sucroenergético, envolvendo tanto açúcar quanto etanol, podem ser encontrados na literatura. Na sequência, são apresentadas as características e os principais resultados dos trabalhos que mais se relacionam com a análise estatística utilizada na presente pesquisa.

Muhammad, Javed e Basher (1992) buscaram através de modelagem prever uma série de dados da produção de cana-de-açúcar no Paquistão. A metodologia Box-Jenkins foi utilizada para a previsão. Foram realizadas previsões para os anos 1989-1990 a 1999-2000 com base no modelo selecionado. Os resultados indicaram que os valores das safras anteriores coincidem com as previsões calculadas com o modelo selecionado.

Margarido, Kato e Ueno (1994) utilizaram o método de função transferência, desenvolvido por Box & Jenkins, para analisar a relação entre os preços de tomate no atacado e no varejo entre maio de 1970 e dezembro de 1992. Os resultados obtidos indicaram que a transmissão de preço é parcialmente instantânea, com o restante da informação sendo transmitida no mês subsequente. Sendo assim, verificou-se que o preço do tomate em nível de atacado influencia decisivamente na formação do seu preço no varejo.

Lima e Sampaio (1997) discutiram as flutuações do preço do açúcar aos níveis internacional e doméstico e também os determinantes das variações dos preços no mercado doméstico. Para tanto, os autores utilizaram o modelo de séries de tempo de função transferência para verificar o impacto dos preços internacionais para os nacionais entre os anos de 1980 e 1995. Os resultados mostraram que os preços no país são mais influenciados pela memória autoregressiva do que pela transferência do mercado internacional/doméstico.

Alves (2002) explorou as relações contemporâneas entre os preços do açúcar e do álcool anidro utilizando o método de Auto-Regressão Vetorial com *Correção de Erro* (VEC). Foram apresentadas decomposições de variância e funções resposta de impulso. Os resultados apontam inter-relações entre os preços dos produtos estudados. No entanto, essas relações não se mostraram tão significativas como era esperado.

Silveira (2004) analisou o impacto da produção brasileira de açúcar (potencial de exportação) sobre a formação do preço no mercado internacional através de um modelo de regressão linear múltipla. O autor utilizou as cotações da Csce/Nybot na análise da influência da produção brasileira sobre os preços internacionais, considerando-se que esta bolsa é a maior referência para o mercado de açúcar e a que tem maior liquidez.

Em estudo realizado por Satolo e Bacchi (2009) foram avaliadas as dinâmicas das flutuações da produção de cana-de-açúcar. Através de um modelo estimado de VEC – Modelo de Auto-Regressão Vetorial com *Correção de Erro* constatou-se que estímulos advindos da oferta foram os mais importantes para explicar flutuações na produção de cana-de-açúcar.

Rodrigues (2009) avaliou as relações de preços entre açúcar, álcool combustível e gasolina através de testes econométricos para avaliar a presença de raiz unitária. Mostrou-se que os preços do álcool combustível tem sua oscilação balizada pelo preço da gasolina no varejo e pelo açúcar no atacado, determinando assim uma faixa dentro da qual o preço desse produto oscila.

Fazendo uso da metodologia Box-Jenkins, Santana, Russo e Figueroa (2012) visaram analisar e prever a produção de cana-de-açúcar, por meio da análise descritiva dos dados, gráficos e tabelas. Verificou-se a presença de autocorrelação e que esta produção tende a crescer. Devido a investimentos em novas tecnologias, aumento da produtividade interna e da descoberta da utilidade da matéria prima para outros fins como: a produção de etanol, termoeletricidade e biogás.

Carvalho, Sáfadi e Gaio (2012) tiveram como objetivo de estudo analisar o comportamento das flutuações de preço da série da cana-de-açúcar para o período entre janeiro de 1995 e março de 2008. Os resultados evidenciaram a existência de tendência na série e não confirmaram a existência de sazonalidade significativa, mas apenas uma componente sazonal. O modelo ARIMA propôs duas intervenções. A primeira intervenção ocorreu por volta de agosto de 2006, e a segunda, em maio de 2007. Tanto a primeira quanto a segunda proporcionaram uma grande queda no preço da cana-de-açúcar, principalmente em virtude da queda dos preços dos produtos provenientes da mesma, tais como o álcool e o açúcar.

Para identificar as áreas onde esta atividade traria maior retorno econômico ao produtor, em função da produtividade simulada, custos de produção e preços de venda da cana-de-açúcar no Brasil, Hissa (2011) utilizou técnicas de análises

espaciais. A autora fez uso de um simulador espacial e análises de crescimento e rentabilidade.

Chang (2012) estudou a mudança no uso e nos preços da terras no estado de São Paulo para o período entre 1995 e 2010, objetivando determinar quais os principais vetores que influenciaram nessa mudança, dando especial atenção a retomada do crescimento do setor sucroalcooleiro. Fez-se uso de ferramentas de gerenciamento de informações geográficas (SIG) e modelos econométricos. Os resultados indicaram uma correlação positiva entre áreas em declividade de solo até 15% e preços da terra, também mostraram efeito positivo de expansão canavieira, grau de urbanização e áreas de ocupação de eucalipto para reflorestamento em terra nua.

Cruz, Guerreiro e Raiher (2012), analisaram a evolução da produção brasileira de etanol de 1975 a 2009, através da análise de correlação e modelo de regressão múltipla, estimado pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Foram observados os indicadores de área colhida, produção e rendimento da cana-de-açúcar, produção e preços de etanol, gasolina e açúcar. Os resultados demonstraram que o rendimento da cana-de-açúcar influenciou positivamente no produção de etanol, enquanto os custos de produção de etanol exerceu um efeito negativo sobre sua produção.

Na análise de Tomasetto, Margarido e Shikida (2013) buscou-se através da metodologia de Box-Jenkins avaliar a transmissão de preços entre os mercados de cana-de-açúcar de São Paulo e Paraná. Constatou-se que um choque não antecipado no preço da cana-de-açúcar em São Paulo é transmitido na magnitude de 41,19% para os preços da cana-de-açúcar no Paraná no curto prazo. No longo prazo, choques não antecipados no preço da cana-de-açúcar em São Paulo são transmitidos com magnitude igual a 70,12%, portanto, essa relação é inelástica.

O estudo feito por Lieberg (2014) analisou a influência do estoque mundial de açúcar sobre o preço do mesmo. Para tanto foram utilizados modelos ajustados na avaliação do efeito do estoque, e da produção dos principais países sobre o preço internacional. Foram ajustados considerando as propriedades de integração e co-integração das séries utilizadas e para a formação de estoques. Observou-se o efeito do preço internacional de açúcar sobre o *mix* de produção açúcar/etanol brasileiro e não o contrário.

Kumar e Anand (2014) utilizaram a modelagem de séries temporais de Box-Jenkins para prever a produção de cana-de-açúcar na Índia. Foram feitos estudos para prever, o futuro da produção de cana-de-açúcar por um período de até cinco anos. Os resultados da previsão mostraram que a produção anual deveria crescer em 2013, em seguida, registraria uma acentuada queda em 2014. Nos anos seguintes, de 2015 até 2017, deveria crescer a uma taxa média de cerca de 3% ao ano.

Os estudos listados se preocuparam com vários aspectos da cultura da cana-de-açúcar e seus derivados. Especificamente tratando das inter-relações dos preços de mercados dos subprodutos e sua expansão de área, são poucos os que analisaram de alguma forma.

Conforme argumentam Alves e Lima (2010) estudos sobre o mercado de açúcar e etanol utilizando métodos quantitativos são escassos na literatura brasileira em função da regulamentação existente no setor até o período recente, e da consequente indisponibilidade de séries históricas suficientemente longas para período de livre mercado. Os autores ainda indicam que alguns estudos feitos para a análise do mercado de produtos do setor sucroalcooleiro utilizaram séries mistas que incluem período regulamentado e liberado, o que compromete, de certa forma, os resultados obtidos.

Entretanto, este tipo de informação se mostra de grande importância para ajudar o entendimento do comportamento do mercado sucroenergético, colaborando com a identificação da evolução da produção canavieira e de seus preços.

2.7 Descrição dos modelos estatísticos

2.7.1 Modelos ARIMA

A modelagem ARIMA (Autorregressivos, Integrados e de Médias Móveis) é bastante utilizada para a estimação de modelos de séries temporais, a qual leva em consideração a extração dos movimentos previsíveis em dados observados. Tais modelos têm por objetivo captar o comportamento das autocorrelações entre as observações da série de tempo e, com base nesse comportamento, pode-se realizar previsões e/ou inferências (MASI, 2014).

Os modelos ARIMA resultam da composição de três componentes, chamados de filtros. Após a verificação da estacionariedade da série utiliza-se de filtros para modelá-la: filtro autorregressivo (AR), o filtro de integração (I) e o de médias móveis (MA). A série pode ser modelada na forma AR, na forma MA, na forma ARMA(p, q) e ARIMA(p, d, q) dependendo de suas propriedades. O p significa o número de termos auto-regressivos, o d o número de diferenças para a série se tornar estacionária e o q o número de termos de médias móveis (SARMENTO; ZEN; BEDUSCHI, 2007).

A utilização destes filtros tem o intuito de se obter o melhor tratamento dos dados, gerando estimativas e previsões que sejam capazes de serem analisadas pelo tomador de decisão (COSTA, 2014).

A escolha do modelo mais adequado depende da correta identificação das ordens de cada componente. O componente autorregressivo modela a dependência linear dos valores vizinhos. O componente de integração serve para eliminar a tendência na série e torná-la estacionária, o que normalmente é feito por meio de diferenciação. O componente de médias móveis trata a parte não explicada da série por seus valores passados, ou seja, são choques aleatórios³ que não podem ser adequadamente modelados por um AR puro (MASI, 2014).

Para a aplicação da metodologia de Box-Jenkins (1976) é preciso obedecer as fases para a identificação do melhor modelo através dos seguintes passos (ciclo iterativo):

1. **Identificação:** consiste em determinar qual o processo gerador da série, quais os filtros e suas ordens. Ou seja, definir os valores dos componentes de p , d e q . Para tanto é necessário: verificar a estacionariedade da série; caso não se apresente estacionária, dever-se-á transformá-la em quantas diferenças forem necessárias para torná-la estacionária; e identificar o modelo. A realização do processo de identificação, além da análise gráfica, requer a observação da função de autocorrelação - FAC e função de autocorrelação parcial - FACP.
2. **Estimação:** após a identificação dos valores de p , d , q , estimam-se os parâmetros do modelo por mínimos quadrados

³ Um choque que pode ser definido como um evento externo que impacta em dado ponto da série, que não necessariamente o mesmo onde ele ocorreu (MASI, 2014; ENDERS, 1995).

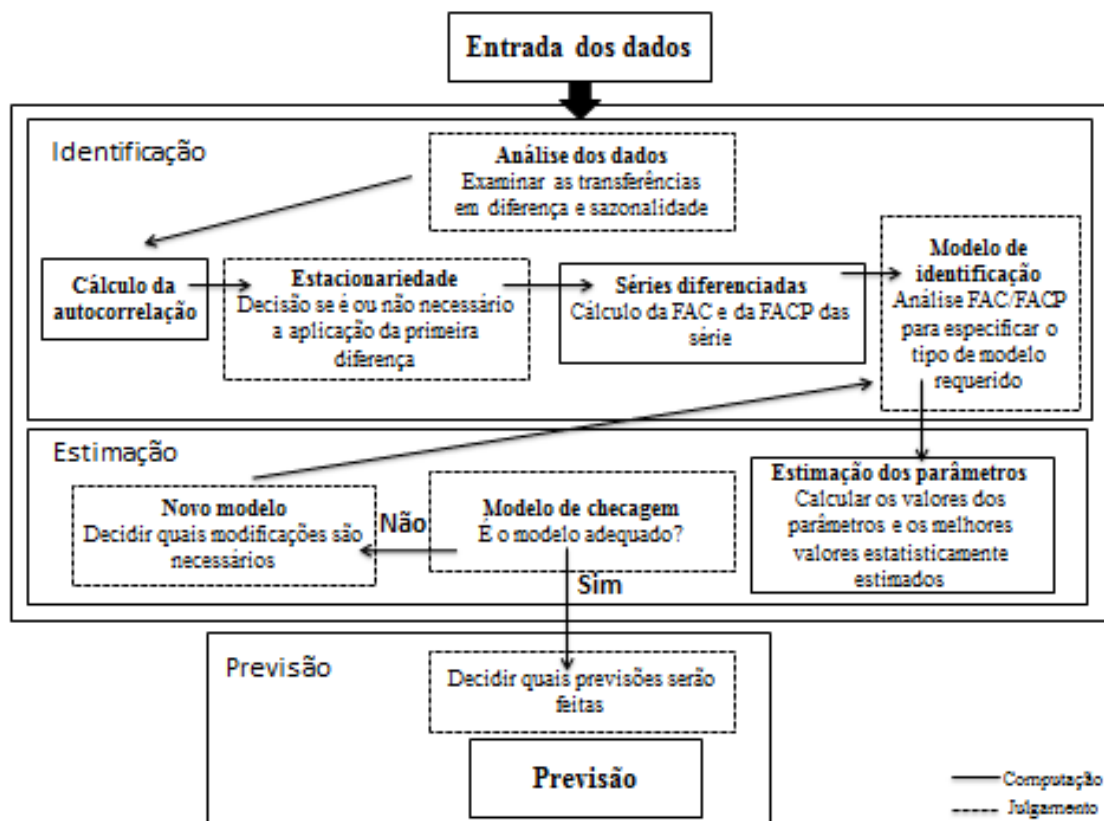
condicionados ou máxima verossimilhança. Sendo portanto, os parâmetros do componente autorregressivo, do componente de médias móveis e a variância.

3. **Verificação:** verifica-se o modelo identificado e estimado através da análise dos resíduos e pela avaliação da ordem do modelo. Os resíduos devem se comportar como ruído branco⁴. O modelo também não deve estar super-especificado nem sub-especificado, deve obedecer ao critério da parcimônia. Pelo erro-padrão dos coeficientes e pela correlação entre eles, detectam-se os parâmetros redundantes. Caso o modelo não seja adequado, retorna-se à identificação e reinicia-se o processo.
4. **Previsão:** consiste em realizar a previsão n passos à frente, atentando-se para o valor do erro quadrático médio de previsão (EQMP) e do desvio padrão residual.

Na Figura 5 se pode visualizar o ciclo iterativo para identificação do melhor modelo estatístico ajustando os três componentes do modelo (p , d , q) a um conjunto de dados.

⁴ Uma sequência é dita como ruído branco se cada valor da série tiver média zero, variância constante, e não apresentar correlação serial. Ver Enders (1995).

Figura 5 - Modelo funcional da metodologia Box-Jenkins.



Fonte: Adaptado de VANDAELE (1983). Elaborado pela autora.

A metodologia de Box-Jenkins é justificada pelo princípio da parcimônia. Entre os modelos diferentes que representem adequadamente o conjunto de dados em estudo, deve-se optar por aquele mais simples, ou seja, o que tiver o menor número de parâmetros (BOX; JENKINS, 1976).

Gujarati (2006) explica que o objetivo do modelo é o de conseguir boas previsões fora do período da amostra. O autor também argumenta que considerando o princípio da parcimônia, o modelo deve ser mantido o mais simples possível e, dessa forma, este nunca deve ser uma representação completa do mundo real, uma vez que o tornaria muito complexo, não possuindo assim uso na prática.

2.7.2 Função Transferência

Para se verificar a influência do comportamento dos preços da cana-de-açúcar, do açúcar e do etanol na evolução da área plantada de cana-de-açúcar foram utilizados os modelos de Função Transferência, de Box e Jenkins (1976). Este método é uma generalização da metodologia univariada que permite verificar a

influência no caminho do tempo da variável dependente (área) do caminho de uma variável independente (preços).

A diferença dos modelos de função de transferência em relação aos modelos ARIMA é que estes apresentam, incluídas no modelo, variáveis quantitativas explicativas, além dos termos autorregressivos e de médias móveis. Parte-se da hipótese de que valores passados da variável dependente não têm nenhuma influência nos valores da variável explicativa (CRUZ, 2007).

Moreira (1999) explica que essa metodologia tem se popularizado em razão de uma série de especificidades, mas em especial, pela simplicidade, pois envolve pequeno número de parâmetros, sendo a escolha do modelo feita com base nos próprios dados.

Cruz (2007) analisa que a principal vantagem da função transferência consiste na possibilidade de se aprimorar as previsões em relação aos modelos, principalmente quando tais previsões forem realizadas para um período que ultrapasse o curto prazo. Enquanto a maior desvantagem, citada pelo autor, está na dificuldade prática de disponibilidade de dados que sirvam como variável explicativa.

Moreira (1999) ainda cita outras características deste tipo de modelagem como umas delas que parte do comportamento da série pode ser explicada pelo comportamento passado da própria série, através do componente autoregressivo. A ideia é que outras variáveis explicativas não incluídas no modelo que poderiam interferir na variável endógena serão captadas por este componente.

Outra característica desejável das funções transferência é que não se fazem hipóteses *a priori* a respeito do comportamento dos resíduos. Esta característica é importante em situações como a do presente trabalho, onde o estreito conhecimento a respeito da evolução da área de cana-de-açúcar e dos preços não permite formular hipóteses a respeito do comportamento dos resíduos, sendo este modelado ao longo do processo de estimação. O fato da escolha das variáveis ser feita com base nos próprios dados da série exige alguma experiência nos processos de ajustamento. Apesar disso, dadas as características do problema apresentado, considera-se que esta abordagem apresenta grandes vantagens com relação a modelos determinísticos.

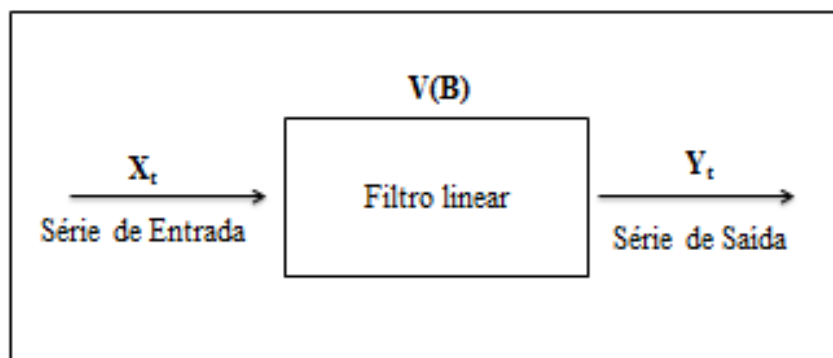
Segundo Enders (1995), se não há *feed-back*, ou seja, se não há influência da variável endógena sobre a exógena, a análise pela função transferência é considerada uma metodologia bastante adequada para análise multivariada de

séries temporais, ou seja, quando existe influência no tempo de uma variável sobre a outra.

O conceito da utilização de função transferência é que uma série de informações que expliquem o comportamento da variável endógena sejam contidas no passado da própria série $\{Y_t\}$, mas a explicação para o comportamento da série pode melhorar com a introdução de outras variáveis explicativas. A introdução das variáveis explicativas pode melhorar a estimativa dos parâmetros se estas contiverem informações que não estejam completamente contidas no passado da série $\{Y_t\}$.

Sendo assim, o modelo de função transferência simplificado envolve duas séries temporais, uma de entrada e outra de saída. A série de saída $\{Y_t\}$ é o resultado da passagem da série de entrada $\{X_t\}$ através de um filtro linear $(V(B))$. Esquemáticamente, tem-se conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6 - Representação esquemática de uma função transferência com uma série de entrada.



Fonte: Adaptado de MARGARIDO; KATO; UENO(1994). Elaborado pela autora.

Neste sentido, supondo a variável dependente Y_t , e admitindo uma variável exógena Z_t que explica parte das variações ocorridas em Y_t , a variável Y_t pode, assim, ser decomposta em duas partes:

$$Y_t = U_t + N_t \quad (1)$$

onde, U_t contém a parte de Y_t que pode ser explicada em termos de Z_t e N_t é o erro ou o termo residual (que não é necessariamente ruído branco) representando todas as variáveis não incluídas no modelo.

Considera-se, em primeiro lugar a relação entre U_t e a variável Z_t , que pode ser representada pela seguinte equação (MOREIRA, 1999):

$$U_t - \delta_1 U_{t-1} - \dots - \delta_m U_{t-m} = c + \omega_0 Z_{t-b} - \omega_1 Z_{t-b-1} - \dots - \omega_h Z_{t-b-h} \quad (2)$$

ou seja,

$$(1 - \delta_1 B - \dots - \delta_m B^m) U_t = c + (\omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_h B^h) Z_{t-b} \quad (3)$$

tal que:

$$U_t = c + [(\omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_h B^h) / (1 - \delta_1 B - \dots - \delta_m B^m)] Z_{t-b} = c + \omega(B) / \delta(B) Z_{t-b} \quad (4)$$

$$U_t = c + V(B) Z_{t-b} \quad (5)$$

A função transferência $V(B)$ contém:

- um “operador de média móvel” dado por $\omega(B)$
- um “operador autoregressivo” dado por $\delta(B)$
- um parâmetro b de defasagem representando o número completo de intervalos de tempo necessários para que a variável Z_t produza algum efeito em Y_t .

A função (5) é chamada de função de transferência de ordem (m, h, b) , onde m é o número de termos autoregressivos, h é o número de termos da média móvel e b é a defasagem. O termo c representa o termo constante da função.

Quando a variável exógena já é por si, um processo ruído branco⁵, o modelo ARMA é um caso particular de função transferência. Para que o sistema seja estável é preciso que a função de transferência $V(B)$ seja convergente, ou seja as raízes das equações características dos polinômios $\omega(B)=0$ e $\delta(B) = 0$ estejam fora do círculo unitário⁶.

O termo residual pode ser representado por um modelo do tipo:

$$N_t = \theta(B) / \phi(B) a_t \quad (6)$$

Então com (1) e (6) a função transferência torna-se do tipo:

$$Y_t = c + \omega(B) / \delta(B) Z_{t-b} + \theta(B) / \phi(B) a_t$$

Se necessário, utilizam-se as variáveis nas diferenças, tal que:

$$y_t = c + \omega(B) / \delta(B) z_{t-b} + \theta(B) / \phi(B) a_t$$

$$\text{com } y_t = \Delta^d Y_t \text{ e } z_t = \Delta^d Z_t$$

A variável z deve ser corrigida na média para a obtenção da estimativa de c . Dessa forma, tem-se:

$$y_t = c + \omega(B) / \delta(B) (z_{t-b} - \bar{z}) + \theta(B) / \phi(B) a_t$$

Generalizando para n variáveis explicativas, tem-se:

$$y_t = c + \sum_{j=1}^n \omega_j(B) / \delta_j(B) (z_{j, t-b_j} - \bar{z}_j) + \theta(B) / \phi(B) a_t,$$

⁵ Uma sequência é dita como ruído branco se cada valor da série tiver média zero, variância constante, e não apresentar correlação serial. Ver Enders (1995).

⁶ Ver condições de estabilidade em Enders (1995).

com cada uma das variáveis explicativas tendo uma função de transferência com seu próprio operador de média móvel $\omega_j(B)$, operador autoregressivo $\delta_j(B)$ e de defasagem b_j .

Os coeficientes destes polinômios mostram o efeito do comportamento dos preços praticados na cadeia sucroenergética sobre a área plantada de cana-de-açúcar.

Como os dados sofreram algumas transformações, a interpretação dos coeficientes estará condicionada a estas transformações, o que será detalhado adiante.

A parte não explicada do modelo (n_t) é um processo ARIMA. Assim, o modelo de função transferência pode ser visto como um caso mais geral do que um modelo ARIMA, porque além dos termos de erro, tem como séries de entrada variáveis exógenas. Em função disso, atualmente esses modelos tem recebido a denominação de ARIMAX (MASI, 2014).

2.7.3 Análise de Intervenção

Geralmente, séries temporais podem ser afetadas por eventos de caráter exógeno como, por exemplo, bruscas variações climáticas. Assim, estes eventos não devem ser desconsiderados quando se estuda uma relação estrutural entre as variáveis, pois se corre o risco de estimar modelos viesados e, por consequência, afetar o poder de previsão dos mesmos. Assim, intervenção é a ocorrência de algum tipo de evento, em dado instante de tempo, que pode alterar a trajetória ou inclinação da série.

A análise de intervenção é um caso particular da função de transferência em que a variável de entrada é binária (*dummy*), assumindo valor 1 para ocorrência da intervenção e valor 0 para a ausência. A mesma tem por objetivo avaliar o impacto de tal evento no comportamento da série.

Há muitas formas pelas quais uma intervenção pode alterar uma série de tempo. As alterações que mais se destacam são a mudança no seu nível, a qual pode ser abrupta ou suave, e até mesmo alterações na trajetória de sua tendência (MARGARIDO; KATO; UENO, 1994). Essas mudanças podem ainda ser imediatas ou então, ocorrer algum tempo depois de iniciada a intervenção.

Segundo Masi (2014) para identificar adequadamente qual o tipo de função transferência, o conhecimento a priori do problema é essencial, enquanto os dados fornecem novas informações sobre efeitos desconhecidos primeiramente.

Em análise de intervenção há duas formas de representa-las: função passo (*step function*) ou função pulso (*pulse function*). A função passo representa uma intervenção que ocorreu a partir de um determinado instante de tempo e se estendeu pelo restante de tempo da série. A função pulso refere-se a uma intervenção que ocorreu em um instante pontual no tempo (MASI, 2014).

O procedimento para combinar análise de intervenção com modelo de função transferência segundo Margarido, Kato e Ueno (1994) segue o roteiro: deve-se identificar e estimar o modelo de função transferência; a seguir, torna-se necessário analisar a série dos resíduos, ou seja, deve-se proceder a sua identificação e posterior estimação e, somente depois incorporar a intervenção ao modelo.

3 METODOLOGIA

3.1 Escopo do trabalho e fonte de dados

O estado de São Paulo tem grande influência e importância no setor sucroenergético. A produção está concentrada neste estado devido às condições climáticas e de solos e, usinas e destilarias instaladas nesta região.

Assim, a região escolhida para análise neste trabalho foi o estado de São Paulo, por ser este o maior produtor de cana-de-açúcar e seus derivados, sendo também o maior consumidor de etanol do país. Segundo dados da UNICA na safra 2014/15 o estado paulista concentrou 70% da produção total brasileira de etanol. A área de cultivo foi 60% da área nacional de cana-de-açúcar, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015).

Além de ser o maior produtor, o estado de São Paulo também possui, conforme foi dito, o maior mercado consumidor do Brasil, o que impacta nos custos logísticos dos produtos. De acordo com dados da UNICA, cerca de 60% do consumo de etanol do país está concentrado no estado paulista. Tal condição influencia tanto na comercialização do produto no mercado nacional como no internacional, devido ao fato do principal porto de escoamento do etanol se encontrar neste estado.

Devido à disponibilidade de dados e às grandes disparidades regionais na produção de cana-de-açúcar, a análise estará restrita ao estado de São Paulo. Conforme argumenta Satolo (2008, p. 19), a relevância de estudar o setor sucroenergético do estado de São Paulo “tem residido na representatividade do estado na produção, tanto no contexto do mercado doméstico como do mercado internacional”.

Neste estudo são utilizadas séries econômicas de dados mensais de preços. As variáveis: preço do açúcar cristal (R\$/ sc 50 Kg) e preços do etanol anidro (R\$/l), todas ao nível produtor, referem-se aos indicadores de preços coletados e divulgados pelo CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/ESALQ/USP. Já as séries relativas ao preço da cana-de-açúcar (R\$/t), foram as coletadas e divulgadas pelo Instituto de Economia Agrícola – IEA.

Justifica-se a opção por utilizar o etanol anidro e não o etanol hidratado pelo fato do mercado de etanol anidro ser mais estável no mercado brasileiro (devido à

garantia de adição obrigatória na gasolina), e também, por falta de uma séria história para o indicador do hidratado.

As séries de preços em termos nominais foram deflacionadas e obtidas através do Índice Geral de Preços ao Consumidor - Disponibilidade Interna (IGP-DI), divulgado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) (base 100 = 1995).

Os dados referentes à área cultivada de cana-de-açúcar são as séries disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Os preços dos derivados da cana-de-açúcar e da própria cana-de-açúcar alteram-se diariamente, enquanto a variável área não se altera da mesma forma. Assim, neste estudo se faz uma média ponderada simples dos preços de cada variável para cada ano de análise. A variável área plantada já está disponibilizada anualmente pelo IBGE.

A descrição das séries de entrada (variáveis explicativas) e variáveis de saída (variável dependente) estão ilustradas e resumidas na Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição das variáveis de entrada e saída.

Variável	Fonte	Unidade	Terminologia utilizada	Variável entrada/saída
Preço açúcar cristal	CEPEA	R\$/sc 50 kg	LPa	entrada
Preço etanol anidro	CEPEA	R\$/l	LPe	entrada
Preço cana-de-açúcar	IEA	R\$/t	LPc	entrada
Área de cana-de-açúcar	IBGE	ha	Lar	saída

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborada pela autora.

Os anos de abrangência da análise referem-se ao período de janeiro de 1995 e dezembro de 2015, portanto 21 anos de análise. Sendo assim, o início do período da análise compreende os anos em que se teve início o processo de desregulamentação e o período pós-desregulamentação. Anterior a esse período, julgou-se inadequado a inclusão das observações no modelo de correlação, pois o controle do mercado impunha uma correlação quase que perfeita entre os valores recebidos pelos produtores.

As séries de tempo disponíveis anterior a este fato impossibilitam a identificação de um padrão sistemático do comportamento dos preços, o que impede a realização de estudos que tenham como objetivo a obtenção de estimativas de parâmetros que

seriam utilizados em análises prospectivas para um período de preços liberados (ALVES; LIMA, 2010).

O período de desregulamentação foi bastante conturbado, com alterações na forma de definição dos preços, bem como no controle das cotas de produção para cada unidade produtora. Entretanto, o trabalho inclui este período para tentar entender melhor o comportamento das variáveis estudadas, perante as conturbações e volatilidades no setor.

Também se argumenta para o início do período de análise ser o ano de 1995, dada à estabilização da economia a partir desta data.

Os anos de análise também compreendem o lançamento do carro bicom bustível (*flex fuel*), introduzido no mercado brasileiro em 2003, que se constituiu numa das importantes alterações no agronegócio da cana-de-açúcar, expandindo a demanda por etanol hidratado.

Visando captar os possíveis efeitos provocados por eventos exógenos sobre os preços e a área plantada de cana-de-açúcar, foram introduzidas variáveis binárias tipo *dummy*. Tais intervenções em análise ocorreram nos anos de 1998 (desregulamentação do mercado), 2003 (lançamento do veículo *flex*) e 2009 (pós-crise financeira mundial; adversidades climáticas de 2008; quebra de safra de açúcar na Índia em 2008).

3.3 Procedimentos para ajustamentos de função transferência

Após o deflacionamento dos preços, as variáveis foram convertidas em logaritmos neperianos, para que assim os valores dos coeficientes estimados de cada variável forneçam diretamente as suas respectivas elasticidades de curto e longo prazo. As séries são submetidas a testes econométricos para verificação de suas propriedades com vistas a avaliar correlação entre a expansão de área plantada de cana-de-açúcar e o comportamento dos preços da própria cana-de-açúcar, do açúcar e do etanol para o estado de São Paulo. Os testes são aplicados para verificar a qualidade dos ajustamentos. Os cálculos dos mesmos são feitos por meio do *software* Stata 13 (STATACORP, 2013).

Antes de ajustar modelos às séries de variáveis exógenas é necessário verificar se as séries são estacionárias, condição primordial para ajustamentos. Tal fato

assegura que as raízes da equação estejam fora do círculo unitário complexo e que possuam média, variância e covariância constantes ao longo do tempo (LÜTKEPOHL; KRATZIG, 2004).

Os procedimentos de estimação do modelo de função transferência seguiram as recomendações de McDowell (2002).

Conforme a metodologia de Box-Jenkins, primeiramente procedeu-se a identificação do modelo. A estacionariedade da série foi testada com o teste Dickey-Fuller (1979) (DF) e com o teste de Phillips-Perron (1988) (PP) para raiz unitária. As ordens autorregressivas, de médias móveis foram identificadas pela observação das Funções de Autocorrelação (FAC) e Autocorrelação Parcial (FACP).

A correlação temporal entre as séries de entrada e a de saída foi estimada usando-se a função de correlação cruzada. Identificadas as estruturas de correlação entre as séries de entrada e de saída, partiu-se para a construção do modelo de função transferência.

O modelo foi construído primeiro introduzindo a série indicadora da área de cana-de-açúcar. Depois, entraram as séries de preços: da própria cana-de-açúcar, do açúcar e do etanol. Foram elaborados modelos isoladamente para cada indicador de preço e da área e após um modelo com todas as variáveis indicadoras de preços. Após ajustados os modelos entraram as séries de intervenção (*dummy*).

Durante todo o processo, o modelo foi sendo ajustado para encontrar as séries que melhor explicavam o evento de interesse. Durante esse processo também analisou-se o comportamento dos anos de intervenção e as variáveis redefinidas como binárias, as quais entraram no modelo como intervenção. Após cada ajuste o modelo era re-estimado.

Segundo Enders (1995), o procedimento para ajustar funções transferência estabelece que, se a seqüência $\{Z_t\}$ não for um processo ruído branco é necessário ajustar um modelo ARMA para a seqüência. Os resíduos calculados $\{\epsilon_{zt}\}$ são chamados de valores filtrados da seqüência $\{Z_t\}$. Como, raramente, as séries temporais são ruído branco, torna-se necessário estimar as inovações na seqüência $\{Z_t\}$. Muito embora, por si, esta não seja um processo ruído branco.

Por fim, a checagem do modelo foi verificada pela análise do correlograma dos resíduos, que fornece as funções de autocorrelação e autocorrelação parcial e pela estatística Q (teste Q de Ljung-Box), que checa se os resíduos são ruído branco. Para tanto, também se verificou a normalidade do resíduo pelo teste de Shapiro-

Wilk. O melhor modelo foi escolhido baseando-se no critério de informação de Akaike (AIC), no erro quadrático médio de previsão (EQMP) e no desvio padrão residual, conforme Morettin e Toloi (2006), Masi (2014) e Gujarati (2006).

Além disso, sempre se optou pelos modelos mais parcimoniosos, ou seja, aqueles com menor número de parâmetros, seguindo a metodologia de Box-Jenkins. Os modelos foram estimados e ajustados e, em todas as análises, adotou-se o nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

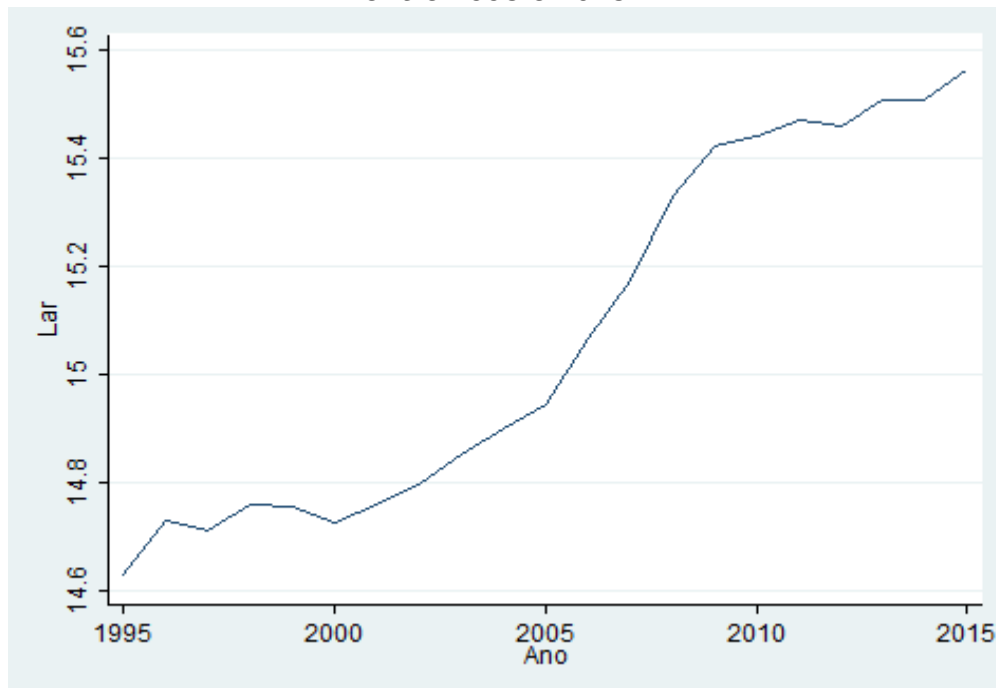
A seguir serão apresentados e analisados os resultados dos modelos de função transferências e análises de intervenção. Assim, apresentam-se os principais resultados do estudo de acordo com a seguinte terminologia adotada para as séries estimadas: **Lar** = logaritmo da área de cana-de-açúcar; **LPc** = logaritmo do preço da cana-de-açúcar; **LPa** = logaritmo do preço do açúcar; **LPe** = logaritmo do preço do etanol. Como já mencionado, as variáveis encontram-se na forma logarítmica, para que os resultados já representem as elasticidades de curto e longo prazo.

4.1 Análise gráfica

Inicialmente, foram realizadas as análises gráficas para todas as variáveis em estudo. As análises gráficas em conjunto e de correlações cruzadas das séries subsidiaram a construção dos modelos de função transferência.

A Figura 7 demonstra o gráfico da série do logaritmo da área de cana-de-açúcar no período de 1995 a 2015. Esta apresenta tendência mesmo após estar na forma logarítmica, que poderia ter sido corrigido após aplicar logaritmo na série. A principal alteração é notada entre os anos 2000 e 2010 com forte tendência de crescimento da área. Um dos principais fatores responsáveis por esse aumento foi a crescente demanda por automóveis *flex* lançados em 2003. É possível analisar também que possíveis efeitos de caráter exógenos estão influenciando a variável em torno dos anos 1999, 2003 e 2009. Visando captar esses efeitos foram introduzidas variáveis binárias do tipo *dummy*.

Figura 7 - Logaritmo da área de cana-de-açúcar no estado de São Paulo entre 1995 e 2015.



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do IBGE (2016).

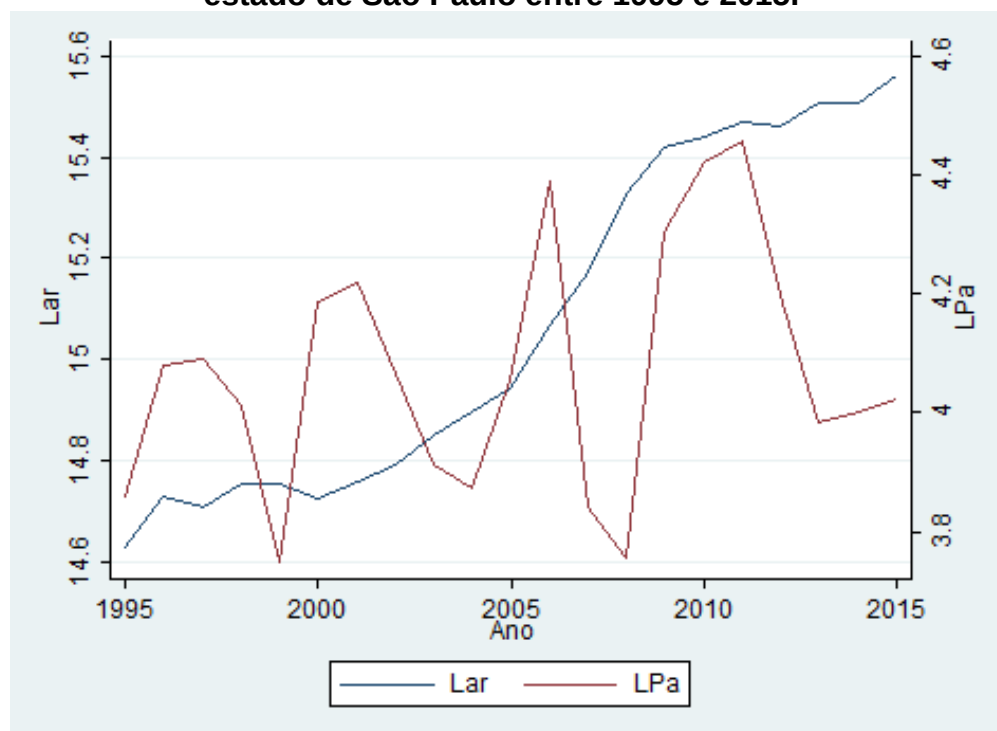
As Figuras 8, 9 e 10 demonstram os gráficos das séries dos logaritmos dos preços da cana-de-açúcar, do açúcar e do etanol, respectivamente. No comportamento dessas séries pode-se pensar em descartar a presença de tendência (o que pode já ter sido corrigida pela transformação em logaritmo). Também se descarta a presença de sazonalidade, o que é muito comum em séries de produtos agrícolas nas épocas de safra e entressafra (em virtude de mudanças na oferta do produto), mas como estamos trabalhando com séries anuais essas sazonalidades não se apresentam. Entretanto, se nota alguns ciclos entre crescimento e declínio dos preços das variáveis.

Figura 8 - Logaritmo da área de cana-de-açúcar e do preço da cana-de-açúcar no estado de São Paulo entre 1995 e 2015.



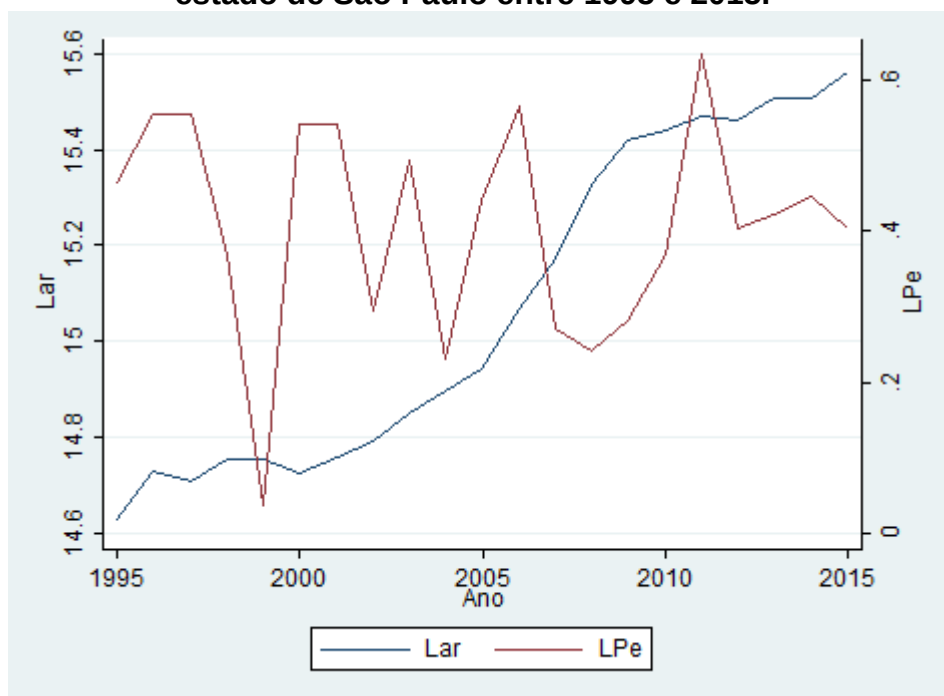
Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do IBGE (2016) e CEPEA (2016).

Figura 9 - Logaritmo da área de cana-de-açúcar e do preço do açúcar no estado de São Paulo entre 1995 e 2015.



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do IBGE (2016) e CEPEA (2016).

Figura 10 - Logaritmo da área de cana-de-açúcar e do preço do etanol no estado de São Paulo entre 1995 e 2015.



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do IBGE (2016) e CEPEA (2016).

4.2 Análises de estacionariedade e correlação cruzada

A análise segue os passos conforme mostrado no item 3.3, iniciando com os testes de raiz unitária de Dickey e Fuller (1979) e de Phillips e Perron (1988). Os resultados mostram (Apêndice 1) que, para todas as variáveis, as séries são estacionárias em nível (ao nível de significância de 5%), com exceção da área de cana-de-açúcar. Esta série, porém, se mostrou estacionária em primeira diferença, sendo integrada de ordem um $I(1)$.

As análises de correlação cruzada foram conduzidas para identificar as relações defasadas entre as séries de entrada e saída. Estas subsidiam a construção do modelo.

A Tabela 3 apresenta as correlações cruzadas entre as séries de entrada e a série de saída da área de cana-de-açúcar. Séries omitidas referem-se àquelas em que não houve correlação significativa.

Todas as séries de entrada foram correlacionadas antecipadamente (*leads*) e defasadamente (*lags*) com a série área de cana-de-açúcar. Tal resultado sugere

efeito em *feedback*, ou seja, um aumento na área (correlação positiva) ou uma diminuição na área (correlação negativa) antecede o aumento ou queda dos preços. Tal fato sugere haver uma bidirecionalidade dos efeitos, com a área afetando os preços, e esses influenciando na área plantada.

Em relação a variável preço da cana-de-açúcar a análise mostrou evidências de que havia alguma influência sobre a variável de saída (área) nos instantes $t=0$, $t=2$ e $t=3$, ou seja, no mesmo instante e entre 2 e 3 anos o preço da cana-de-açúcar poderia estar influenciando na área de cana-de-açúcar. Para as variáveis preço do açúcar e preço do etanol essas correlações se mostraram nos instantes $t=2$, $t=3$ e $t=4$; e, $t=1$, $t=4$ respectivamente (Tabela 3).

A Tabela 4 apresenta as correlações cruzadas entre as séries de entrada, ou seja, entre os preços do setor sucroenergético. Assim como entre as correlações de série de entrada e saída, as séries dos preços também foram correlacionadas antecipadamente e defasadamente, sugerindo um efeito de *feedback*.

Os resultados para as correlações cruzadas entre preço da cana-de-açúcar e o preço do açúcar ($LP_c - LP_a$) e aquelas entre preço da cana-de-açúcar e o preço do etanol ($LP_c - LP_e$) mostram que, em quase todos os instantes tais correlações são significativas. Tal resultado talvez possa ser explicado pelo fato do preço da cana-de-açúcar ser expresso em valor do ATR, que se fundamenta, entre outros itens, nos preços do açúcar e do etanol para o mercado interno e externo. Tal fato não se apresenta com tanta representatividade para as correlações entre o preço do etanol e do açúcar ($LP_e - LP_a$).

Os resultados também mostram que o aumento no preço da cana-de-açúcar (LP_c) está correlacionado ao aumento do preço do açúcar no mesmo ano ($lag=0$) em 78% e, em seguida, dois anos depois com a queda no preço do açúcar em 58%. Nota-se que, esse comportamento se repete nos *lags* 5 e 7. Portanto parece haver um ciclo de cinco anos do aumento dos dois preços, seguido dois anos depois por queda.

O mesmo comportamento é notado para as demais correlações entre os preços. Uma correlação positiva no *lag* 0, e positiva no *lag* 2 e tal incidência repetindo nos *lags* 5 e 7.

Tabela 3 - Correlação cruzada entre as séries de entrada (preços) e saída (área plantada de cana-de-açúcar).

Séries de entrada	Coeficiente de correlação														
	<i>lead 7</i>	<i>lead 6</i>	<i>lead 5</i>	<i>lead 4</i>	<i>lead 3</i>	<i>lead 2</i>	<i>lead 1</i>	<i>lag 0</i>	<i>lag 1</i>	<i>lag 2</i>	<i>lag 3</i>	<i>lag 4</i>	<i>lag 5</i>	<i>lag 6</i>	<i>lag 7</i>
Preço da cana-de-açúcar	ns	ns	0,24	0,28	0,18	ns	-0,34	-0,23	ns	0,21	0,16	ns	ns	0,21	ns
Preço do açúcar	ns	ns	0,19	0,39	0,45	0,32	ns	-0,15	-0,14	ns	-0,13	-0,19	ns	ns	ns
Preço do etanol	0,18	-0,13	0,29	ns	ns	ns	-0,37	-0,12	ns	ns	ns	-0,19	ns	ns	ns

(ns) não significativa

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração da autora.

Tabela 4 - Correlação cruzada entre as séries de entrada (preços).

Séries de entrada	Coeficiente de correlação														
	<i>lead 7</i>	<i>lead 6</i>	<i>lead 5</i>	<i>lead 4</i>	<i>lead 3</i>	<i>lead 2</i>	<i>lead 1</i>	<i>lag 0</i>	<i>lag 1</i>	<i>lag 2</i>	<i>lag 3</i>	<i>lag 4</i>	<i>lag 5</i>	<i>lag 6</i>	<i>lag 7</i>
LPc - LPa	-0,24	ns	0,13	ns	-0,23	ns	0,36	0,78	ns	-0,58	-0,23	0,28	0,29	ns	-0,26
LPc - LPe	-0,36	0,18	0,37	-0,13	-0,31	-0,49	ns	0,60	ns	-0,27	-0,13	ns	0,21	ns	-0,23
LPe - LPa	-0,18	ns	0,29	ns	ns	ns	ns	0,57	ns	-0,65	-0,21	ns	0,30	ns	-0,49

(ns) não significativa

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração da autora.

4.3 Modelos de função transferência

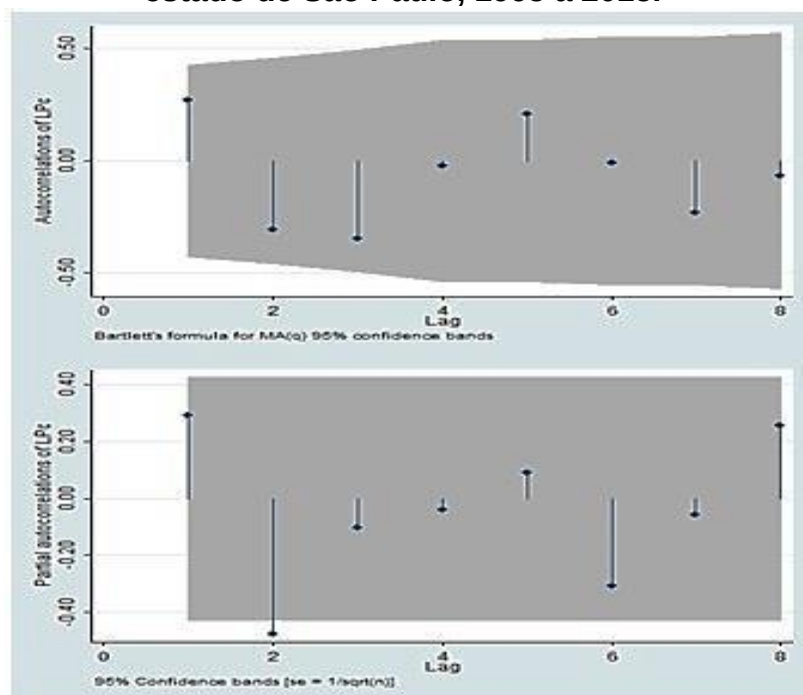
Com base na metodologia foram ajustados modelos de função transferência para cada variável preço isoladamente. Também se buscou ajustar um modelo a fim de avaliar a inferência de todas as variáveis de preço na área de cana-de-açúcar. Dentre os diversos modelos estimados e que representavam adequadamente os dados em análise, optou-se por aqueles mais parcimoniosos e com melhores previsões.

4.3.1 Modelo 1 – Preço da cana-de-açúcar

Seguindo as fases de identificação do modelo após a verificação da presença de raiz unitária nas séries e análises de correlação cruzada, fez-se os gráficos de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP) a fim de se verificar as possíveis ordens do modelo. Para o preço da cana-de-açúcar a FAC e a FACP revelou autocorrelações significativas nas defasagens de 1 e 2 anos (Figura 11). Para dar conta disto, no modelo ajustado foram incluídos termos autorregressivos de ordem um e nenhum parâmetro de médias móveis.

Na sequência, definiu-se o modelo definitivo. No modelo que melhor se ajustou à série para identificar a influência do preço da cana-de-açúcar na área de cana-de-açúcar foram incluídas duas defasagens e termos autoregressivos de ordem um. Para averiguar a efetividade da filtragem foi aplicado o teste Q (teste Q de Ljung-Box), a fim de verificar a existência de correlação dos resíduos, cujos resultados indicaram a não autocorrelação serial, sendo assim a série pode ser considerada um ruído branco. Para um bom ajuste, os resíduos não podem estar correlacionados, ou seja, todos os dados (ou mais de 95% deles) têm de estar dentro do intervalo de confiança. Também, para analisar a normalidade dos mesmos, se aplicou o teste de Shapiro-Wilk (Apêndice 2).

Figura 11 - Funções de autocorrelação e autocorrelação parcial do modelo de função transferência ajustado à série de preço de cana-de-açúcar, no estado de São Paulo, 1995 a 2015.



Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela autora.

Na Tabela 5 estão resumidas as estimativas dos parâmetros do modelo de função transferência para o preço da cana-de-açúcar. Pode ser visto que variações no preço da cana-de-açúcar são transferidas para a área em 10,07%. Isso quer dizer que a relação entre o preço e a área assume caráter inelástico, pois variações de preço não são integralmente repassados à área de cana-de-açúcar. Ressalta-se que o parâmetro autoregressivo de ordem 1 [AR (1)], significa dizer que a diferença da área plantada um período atrás ($t-1$) influencia a área plantada no presente a uma taxa de 50,62%. Ou seja, a área plantada de cana-de-açúcar no presente depende mais da área do ano anterior do que da variação no preço da cana-de-açúcar.

Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência, preço da cana-de-açúcar, no estado de São Paulo (1995 a 2015).

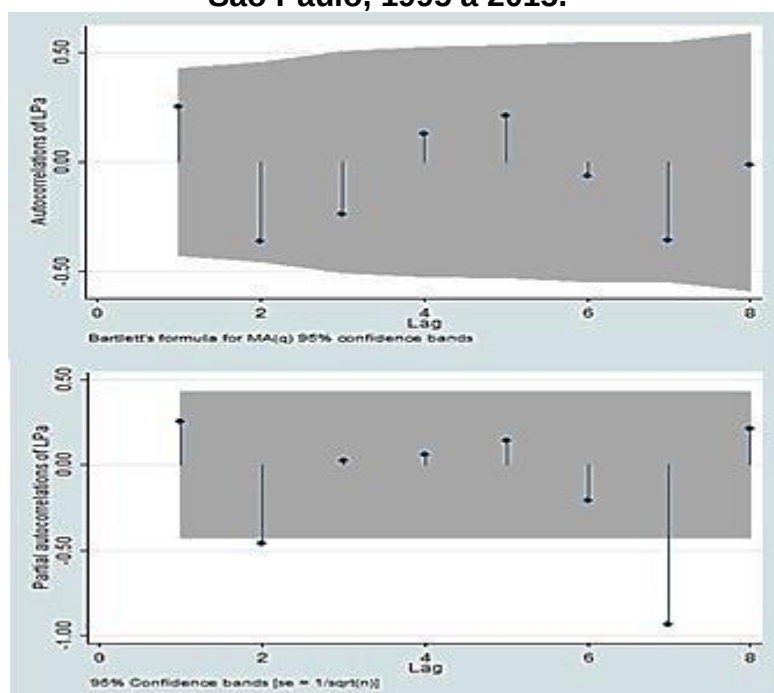
d.Lar	Coefficiente	Defasagem	z	p> z	Intervalo de confiança	
LPc	0,1007	2	2,39	0,017	0,0018	0,0183
ARMA						
AR	0,5062	1	2,56	0,010	0,1184	0,8939
<i>sigma</i>	0,0403	-	6,16	0,000	0,0275	0,0532

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

4.3.2 Modelo 2 – Preço do açúcar

A partir da identificação dos parâmetros estimou-se o modelo com bases nos gráficos de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP) a fim de se verificar as possíveis ordens do mesmo para a variável preço do açúcar (LPa) (Figura 12). Para este a FAC e a FACP revelou autocorrelações significativas nas defasagens de 1 e 2 anos. Assim, no modelo que melhor se ajustou foram incluídos termos autorregressivos de ordem um e nenhum parâmetro de médias móveis.

Figura 12 - Funções de autocorrelação e autocorrelação parcial do modelo de função transferência ajustado à série de preço do açúcar, no estado de São Paulo, 1995 a 2015.



Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela autora.

No modelo estimado para identificar a influência do preço do açúcar na área de cana-de-açúcar foram incluídas uma defasagem e termos autoregressivos de ordem um. Após a definição do modelo, verificou-se a eficácia do método de filtragem, cujos resultados indicaram a não autocorrelação serial e distribuição normal, sendo assim a série pode ser considerada um ruído branco (Apêndice 2).

Tabela 6 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência, preço do açúcar, no estado de São Paulo (1995 a 2015).

d.Lar	Coeficiente	Defasagem	z	p> z	Intervalo de confiança	
LPa	0,1045	1	2,35	0,019	0,0017	0,0191
ARMA						
AR	0,5183	1	2,65	0,008	0,1351	0,9014
<i>sigma</i>	0,4031		6,16	0,000	0,0274	0,5314

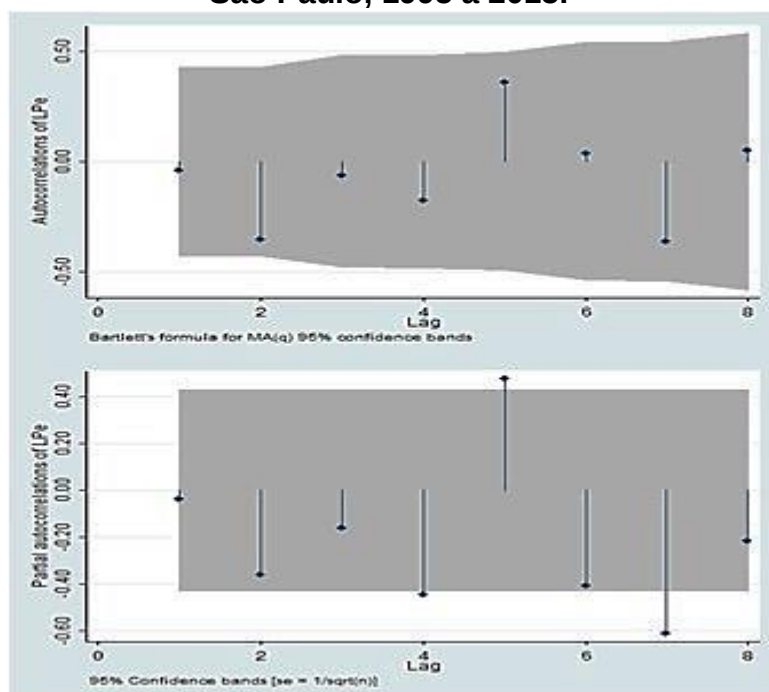
Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Diante dos resultados das estimativas do modelo (Tabela 6) variações nos preços do açúcar são transferidos para a área de cana-de-açúcar em 10,45%, também assumindo um caráter inelástico onde variações de preço não são integralmente repassados à área de cana-de-açúcar. A inclusão do parâmetro autoregressivo de ordem 1 [AR (1)], salienta para que a diferença da área plantada deste ano sofre influência da área cultivada de um período atrás ($t-1$), em 51,83%. Assim, a área plantada de cana-de-açúcar no instante t depende mais da área do ano anterior do que da variação do preço do açúcar.

4.3.3 Modelo 3 – Preço do etanol

Com bases nos gráficos de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP) se pôde verificar as possíveis ordens do mesmo para a variável preço do etanol (LPe). Para este a FAC e a FACP revelou autocorrelações significativas 1 e 2 anos. No modelo que melhor se ajustou foram incluídos termos autorregressivos de ordem dois e nenhum parâmetro de médias móveis.

Figura 13 - Funções de autocorrelação e autocorrelação parcial do modelo de função transferência ajustado à série de preço do etanol, no estado de São Paulo, 1995 a 2015.



Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela autora.

No modelo estimado que melhor se ajustou à série para identificar a influência do preço do etanol na área de cana-de-açúcar foram incluídas uma defasagem e termos autoregressivos de ordem dois [AR(2)]. O mesmo foi adequado, com os resíduos sendo normalmente distribuídos e não correlacionados, tendo comportamento compatível com ruído branco (Apêndice 2).

Na Tabela 7 são apresentados os resultados dos parâmetros do modelo de função transferência para o preço do etanol.

Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência, preço do etanol, no estado de São Paulo (1995 a 2015).

d.Lar	Coefficiente	Defasagem	z	p> z	Intervalo de confiança	
LPe	0,0828	1	2,32	0,020	0,0128	0,0152
ARMA						
AR	0,4905	2	2,34	0,019	0,0795	0,9015
sigma	0,4408		6,16	0,000	0,0303	0,0578

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Diante dos resultados verifica-se que as variações no preço do etanol são transferidos para a área plantada em 8,28%. Mais uma vez, assim como nos demais indicadores de preço, essa relação assume caráter inelástico, pois variações de preço não são integralmente repassados à área de cana-de-açúcar.

Por fim, ressalta-se que o parâmetro autoregressivo de ordem 2 [AR (2)], significa dizer que a diferença da área plantada deste ano sofre influência da área cultivada a dois período atrás ($t-2$), a uma taxa de 49,05%. Ou seja, a área plantada de cana-de-açúcar no presente depende mais da área do ano anterior do que da variação no preço da cana-de-açúcar.

4.3.4 Modelo 4 – Preços da cana-de-açúcar, do açúcar e do etanol

Após analisar a influência isoladamente dos preços na área de cana-de-açúcar, procurou-se ajustar um modelo no qual pudesse avaliar o possível de todas as variáveis em conjunto sobre a área. Assim como nos demais, seguiu-se as fases de identificação do modelo.

As análises de correlação cruzada e de autocorrelações utilizadas para basear a construção do modelo foram as mesmas já apresentadas nos modelos para variáveis isoladas. Diversos modelos foram possivelmente identificados e posteriormente, testados. Entretanto, nenhum dos modelos se mostrou significativo aos testes de verificação. Dessa forma, se buscou entender o porquê de tal comportamento.

Entre as análises para encontrar tal resposta, a matriz de correlação das variáveis do modelo com todas as variáveis faz a indicação (Tabela 8).

Tabela 8 - Matriz de correlação das variáveis do modelo.

e(V)	LPc	LPa	LPe	Sigma const
LPc	1,00			
LPa	-0,998	1,00		
LPe	-0,997	-0,996	1,00	
Sigma const	0,00	-0,00	-0,00	1,00

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Na Tabela 8 é possível verificar que a correlação entre as variáveis são muito próximas (igual a 1), ou seja, há uma correlação perfeita entre elas. Na prática, isso demonstra que elas se transmitem, quando juntas, na mesma intensidade.

Destarte, essa dinâmica pode ser explicada economicamente pelo fato de que o preço da cana-de-açúcar é fortemente influenciado pelos preços dos produtos

finais (açúcar e etanol) ou por outros aspectos como a qualidade da matéria-prima que varia ao longo do ano (composição do ATR).

Também como concluíram Satolo e Bacchi (2009), em estudo sobre a dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar, as variações do preço médio do açúcar e do etanol foram mais importantes para explicar as variações do preço da cana-de-açúcar do que o contrário, concluindo que isso pode ser reflexo do modelo CONSECANA utilizado para precificar a matéria-prima.

Assim, após diversas tentativas, para a metodologia proposta neste trabalho, parece não haver condições de aglutinar todas as variáveis em estudo em um só modelo.

4.4 Modelos de função transferência com intervenção

Continuando as análises com base na metodologia de Box e Jenkins (1976) foram ajustados modelos de função transferência incluindo variáveis de intervenção do tipo binária (*dummy*). Tais *dummies* foram introduzidas a fim de captar efeitos exógenos sobre a área de cana-de-açúcar e os preços da própria cana-de-açúcar e de seus derivados (açúcar e etanol). Também se argumenta a inclusão destas intervenções por verificar que houve pouco efeito (apresentando um caráter inelástico) das variáveis referentes aos preços sobre a área plantada.

Dessa forma, analisou-se a hipótese de que outros fatores possam ter influenciado o comportamento das variáveis em estudo.

Os fatores externos analisados foram: a desregulamentação do setor sucroenergético (ano 1998); o lançamento no mercado dos veículos *flex* (ano 2003); e, ano pós-crise financeira mundial e adversidades climáticas (ano 2009).

Nos modelos de intervenção, diferentemente dos modelos anteriores, as séries de preço foram tomadas como séries de saída (dependente) com a finalidade de testar se as ações ocorridas no mercado influenciavam os preços. Tal modificação se baseia no fato de haver bidirecionalidade do efeito, com a área afetando os preços, e esses influenciando na área. Assim, estas foram modeladas separadamente para entender como o mercado, através dos fatores em questão, afeta a área plantada e os preços.

As análises para identificação das ordens dos modelos seguiram as mesmas já apresentadas nos modelos sem intervenção. Nas identificações houve necessidade de inserir um parâmetro autoregressivo de ordem um [AR(1)] para ajustar os resíduos. Como esse parâmetro teve valor muito próximo de 1 (0,998), optou-se e tornou-se mais adequado agora tomar uma diferença de todas as variáveis, ou seja, todas as variáveis são integradas de ordem um [I(1)]. Justifica-se segundo o princípio da parcimônia de Box-Jenkins, sendo preferível a diferença ao termo autorregressivo, já que a primeira não consome graus de liberdade.

Na sequência, definiu-se o modelo possivelmente definitivo. Para averiguar a efetividade da filtragem se aplicou o teste Q (teste Q de Ljung-Box), a fim de verificar a existência de correlação dos resíduos e o teste de Shapiro-Wilk para a normalidade dos mesmos (Apêndice 2). Dessa forma, apresentam-se as análises dos resultados dos modelos.

4.4.1 Modelo 5 – Intervenções na área de cana-de-açúcar

No modelo de função transferência estimado para identificar a influência das intervenções na área de cana-de-açúcar foram incluídas duas defasagens para as intervenções de desregulamentação do mercado (1998) e lançamento dos veículos *flex*. Como já mencionado, foi tomada a primeira diferença da variável.

Os resultados das estimativas dos parâmetros do modelo estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência com intervenção, área de cana-de-açúcar, no estado de São Paulo (1995 a 2015).

d.Lar	Coeficiente	Defasagem	z	p> z	Intervalo de confiança	
Lar						
Desregula	0,0288	2	1,96	0,050	-0,0000	0,0577
Flex	0,0788	2	3,56	0,000	0,0354	0,1222
Crise/clima	-0,0745		-3,60	0,000	-0,1150	-0,0340
<i>sigma</i>	0,033		6,16	0,000	0,0225	0,0434

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Interpretando os coeficientes, estes são lidos diretamente como elasticidade de curto prazo. A partir da intervenção da desregulamentação do mercado há acréscimo gradual (anual) de 2,9% na área plantada de cana-de-açúcar, seguida

por acréscimo de mais 7,9% devido aos carros *flex* e com declínio de 7,4% devido à intervenção em 2009.

A soma das elasticidades nos períodos das ocorrências resulta na contribuição total ao modelo. Sendo assim, elasticidade de curto prazo do modelo estimado para tais intervenções resulta ao final do período em um aumento na área de cana-de-açúcar em 3,4%. Onde, de 1998 a 2003, ocorre um aumento de 2,9%; de 2003 a 2009, resulta em um aumento na área de 10,8 % (soma dos dois períodos = 2,9% + 7,9%); e, de 2009 a 2015, um aumento na área de 3,4% (soma dos três períodos = 2,9% + 7,9% - 7,4%).

Importante notar que há defasagem de dois *lags* tanto para a intervenção de desregulação do mercado, quanto para a intervenção do lançamento dos veículos *flex*, o que indica que tais efeitos são transferidos para a área plantada dois anos após tais intervenções.

4.4.2 Modelo 6 – Intervenções no preço da cana-de-açúcar

No modelo de função transferência estimado para identificar a influência das intervenções no preço da cana-de-açúcar foi incluída uma defasagem para a intervenção de desregulamentação do mercado (1998). Na Tabela 10 estão apresentados os resultados dos parâmetros para o modelo.

Tabela 10 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência com intervenção, preço da cana-de-açúcar, no estado de São Paulo (1995 a 2015).

d.LPc	Coefficiente	Defasagem	z	p> z	Intervalo de confiança	
LPc						
Desregula	0,0397	1	0,55	0,582	-0,1019	0,1814
<i>Flex</i>	-0,0896		-0,96	0,337	-0,2724	0,0932
Crise/clima	0,0547		0,68	0,496	-0,1028	0,2123
<i>sigma</i>	0,1445		6,32	0,000	0,9975	0,1893

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Os resultados demonstram que apesar do tratamento os dados e análises sobre o modelo, não foi possível encontrar um modelo em que as intervenções em estudo afetassem o preço da cana-de-açúcar. Esse resultado pode ser analisado na Tabela 10, onde os coeficientes do modelo não se mostram significativos.

Sendo assim, não é possível afirmar qual o comportamento dos preços da cana-de-açúcar em relação às intervenções do mercado.

4.4.3 Modelo 7 – Intervenções no preço do açúcar

No modelo de função transferência estimado para identificar a influência das intervenções no preço do açúcar não foi necessário incluir defasagens, apenas foi tomada a primeira diferença da variável.

Os resultados das estimativas dos parâmetros do modelo estão resumidos na Tabela 11. Através dos resultados, é possível avaliar que as intervenções ocorridas no mercado não afetaram o preço do açúcar significativamente diante dos parâmetros econométricos.

Tabela 11 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência com intervenção, preço do açúcar, no estado de São Paulo (1995 a 2015).

d.LPa	Coeficiente	Defasagem	z	p> z	Intervalo de confiança	
LPa						
Desregula	-0,0045	1	-0,04	0,967	-0,2205	0,2114
<i>Flex</i>	-0,0469		-0,31	0,753	-0,3393	0,2454
Crise/clima	0,0891		0,65	0,515	-0,1794	0,3578
<i>sigma</i>	0,2464		6,32	0,000	0,1700	0,3227

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Assim, pode-se concluir que os coeficientes não se mostraram significativos, e o modelo não pode representar a influência das intervenções sobre o preço do açúcar.

4.4.4 Modelo 8 – Intervenções no preço do etanol

Para o modelo de função transferência estimado para identificar a influência das intervenções nos preços do etanol apenas se tomou a primeira diferença da variável. Os resultados das estimativas dos parâmetros do modelo estão resumidos na Tabela 12.

Tabela 12 - Estimativas dos parâmetros do Modelo de Função Transferência com intervenção, preço do etanol, no estado de São Paulo (1995 a 2015).

d.LPe	Coeficiente	Defasagem	z	p> z	Intervalo de confiança	
LPe						
Desregula	-0,0520		-0,57	0,569	-0,2313	0,1272
Flex	0,0433		0,35	0,726	-0,1994	0,2861
Crise/clima	0,0317		0,28	0,781	-0,1913	0,2547
sigma	0,2045		6,32	0,000	0,1411	0,2679

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Os resultados demonstram que apesar do tratamento os dados e análises sobre o modelo, não foi possível encontrar um modelo em que as intervenções no mercado, em estudo, afetassem o preço do etanol. Esse resultado pode ser analisado na Tabela 12, onde os parâmetros do modelo não se mostram significativos.

Sendo assim, não é possível afirmar qual a influência das intervenções ocorridas no mercado sucroenergéticos sobre o comportamento dos preços do etanol.

4.5 Análise geral dos resultados

De acordo com os resultados encontrados, se pode identificar e quantificar a influencia dos preços na área de cana-de-açúcar. Averiguando as influencias constatou-se que o preço do açúcar é a variável em estudo que mais afeta a área de cana-de-açúcar, em um repasse de 10,45%. A variável preço da cana-de-açúcar também afeta a área da mesma em 10,07%. Variações no preço do etanol influenciaram menos a área de cana-de-açúcar, com um repasse de 8,28%. Esses resultados comprovam a hipótese do trabalho que variações nos preços afetam a área de cana-de-açúcar, apesar não terem sido tão representativas quanto se esperava.

Os indicadores de repasse corroboraram com a literatura, e conseguiram captar os efeitos do mercado. O mercado do açúcar por ser historicamente o mais representativo e consolidado dentro da cadeia, ainda mantém o mercado, apesar da crescente demanda por etanol. Entretanto, era esperado que variações no etanol também tivessem tal representatividade ao afetar a área de cana-de-açúcar. Talvez, esse não tenha sido captado, dado ao fato de se ter utilizado dados de etanol anidro. Como já mencionado, optou-se por este indicador de

preço, e não o hidratado, em primeiro, pelo mercado do etanol anidro ser mais estável no mercado brasileiro (devido à garantia de adição obrigatória na gasolina), e também, por falta de uma séria história para o indicador do hidratado.

Assim, como na presente pesquisa para a variável referida ao preço de etanol foi utilizado o indicador de etanol anidro, esse repasse pode ser explicado, além da evolução da produção de etanol como um todo após a criação da tecnologia *flex-fuel*, também por políticas energéticas. Nos últimos anos, o percentual de etanol anidro adicionado à gasolina tem sido utilizado pelo governo também como controle de seu preço. Assim, relações com políticas energéticas também, de certa forma, podem intervir, mesmo que muito pouco, em variações de preços no setor ou mesmo em sua estabilização. Contudo, esta última suposição não foi estudada neste trabalho.

Foi comprovado também a existência de bidirecionalidade do efeito, com a área afetando os preços, e estes influenciando a área.

Procurou-se também captar a influência de fatores externos nas variáveis em estudo. Sendo assim, foram criadas variáveis *dummies* para captar os efeitos da desregulamentação do mercado sucroenergético, os efeitos da tecnologia *flex-fuel* e os efeitos da crise mundial e adversidades climáticas ocorridas em 2008 (sendo captadas em 2009).

A área de cana-de-açúcar se mostrou crescente diante dos eventos exógenos, entretanto ocorreu uma queda em relação à intervenção de 2009. Este fato é explicado pela crise internacional que também recaiu no setor sucroenergético, diminuindo os investimentos em novas áreas de plantio. Nesse período também de fortalecimento da política voltada para o petróleo. Assim, a instabilidade setorial e a baixa expectativa de crescimento fez com que produtores reduzissem os investimentos no manejo do canavial.

Entretanto, para as variáveis preço: preço da cana-de-açúcar, o preço do açúcar e o preço do etanol, os coeficientes das intervenções não se mostraram significativos nos modelos analisados (p valor $> 0,05$). Esse fato também pode ser explicado pela bidirecionalidade dos efeitos preços e mercado.

Assim, as variações de preço são explicadas pelos modelos que tem a área como variável independente e as variações de área plantada são explicadas pelas intervenções e pelas variações de preço.

Portanto, nas análises realizadas o preço do açúcar se mostrou como sendo a variável que mais influencia o setor sucroenergético.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo possibilitou estudar melhor o comportamento da área de cana-de-açúcar em relação aos preços da cana-de-açúcar, do açúcar e do etanol, demonstrando como estes se influenciam.

Os resultados obtidos dão suporte a hipótese de que o comportamento dos preços praticados no setor sucroenergético influenciam na área de cana-de-açúcar, mas não com tanta ênfase conforme era esperado. Mas, constatou-se que há uma bidirecionalidade do efeito, ou seja, a área afetando os preços e os preços afetando a área.

Os preços do açúcar são os mais representativos na influencia sobre a área de cana-de-açúcar, seguido do preço da própria cana-de-açúcar e preço do etanol.

Entretanto, ficou evidente a pressão da demanda por etanol, dada a entrada dos veículos *flex* no mercado, no aumento da área de cana-de-açúcar. Desde a desregulamentação do governo em 1999, tal efeito sobre a área também foi verificado, bem como nos preços. Assim, tais pressões foram incluídas em modelos com intervenção. Também se analisou a intervenção no ano de 2009, ano pós-crise econômica mundial, adversidades climáticas, e quebra da safra de açúcar na Índia. Desta maneira, verificou-se que a variável área de cana-de-açúcar se mostrou significativa nos modelos estudados, com um aumento da área em 3,4% (soma total dos efeitos).

Ao se analisar o efeito como um todo das variáveis de preços em questão, verificou-se que a transmissão de informação entre elas é praticamente perfeita, e se transferem entre elas.

Por se tratar de um estudo sobre a área de cana-de-açúcar no qual os dados são disponibilizados anualmente, e se ter feito uma média anual para os preços, a sazonalidade da produção com efeito sobre os preços não foram captadas, apenas ciclos. Entretanto, deve-se atentar para a possível importância de tais sazonalidades, impossíveis de serem identificados num estudo agregado como este.

Sendo assim, as limitações do trabalho estão relacionados à base de dados utilizada. Outra limitação se diz respeito ao tamanho da série, de 21 anos, que

poderia ser maior, para que pudesse captar melhor o comportamento da série. Tal limitação é explicada pela escassez de dados e falta de confiança dos preços praticados anteriormente a 1995, dada a regulamentação do mercado. Apesar de tais limitações, a influência dos preços foi evidente.

Dessa forma, os resultados encontrados neste estudo trazem diversas implicações, tanto para o direcionamento de futuras pesquisas quanto para tentar compreender o comportamento dos preços do setor sucroenergético.

Em suma, variações nos preços são uma das principais características do mercado agrícola, de forma que conhecer o comportamento dos mesmos ao longo do tempo, fornece aos produtores e agentes econômicos ligados ao mercado, neste caso o sucroenergético, informações importantes para as decisões sobre os níveis de produção da matéria-prima, reduzindo assim riscos de mercado.

O fato de que as políticas energéticas possam estar exercendo influência sobre o mercado sucroenergético, através dos preços da gasolina, bem como, a bioeletricidade, estudos futuros poderiam analisar se tal evidência se confirma.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2016**. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 02 jul. 2016.

ALVES, L. R. **Transmissão de preços entre produtos do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo**. 2002. 107 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ALVES, J. S.; LIMA, R. C. Integração espacial dos mercados de etanol no Brasil: uma análise através do modelo autoregressivo com Threshold. In: ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA, 15., 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Editora do Banco do Nordeste, v. 1., p. 1-23. 2010.

BACCHI, M. R. P; ALVES, L. R. A. Oferta de exportação de açúcar do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 42, n. 1, p. 9-33, 2004.

BITTENCOURT, G. M.; FONTES, R. M. O.; CAMPOS, A. C. Determinantes das exportações brasileiras de etanol. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 4-19, 2012.

BOX, G. E.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden Day, 1976. 575 p.

CABRAL, R. K.; TAQUES, F. H. O processo de desregulamentação do setor sucroalcooleiro. In: ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, 9, 2015, Chapecó. **Anais...** Chapecó: UNOCHAPECÓ, 2015.

CAMPOS, S. K. **Fundamentos econômicos da formação do preço internacional de açúcar e dos preços domésticos de açúcar e etanol**. 2010. 152 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

CARVALHO, P. L. C.; SÁFADI, T.; GAIO, L. E. Análise do comportamento do preço da série de cana-de-açúcar. **Contextus: Revista Contemporânea de Economia e Gestão**, Fortaleza, v. 9, n. 2, p. 109-118, 2012.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Indicadores de preços**. 2015. Disponível em <www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em: fev.2016.

CHAGURI, A. B. **Uma análise da evolução da área plantada da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, nos últimos 10 anos**. 2010. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Economia) - Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2010.

CHANG, F. L. N. C. **Mudanças no uso e preços de terras no Estado de São Paulo – período de 1995 a 2010**. 2012. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Séries históricas de área plantada, produtividade e produção de cana-de-açúcar**. Brasília, DF: Conab, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. **Assuntos Econômicos**: notícias de mercado. 2015. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutorcom.br/area/17/Assuntos%20econ%C3%B4micos#wrapper>>. Acesso em: 04 jan.2016.

CONSECANA - Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar e Alcool do Estado De São Paulo. **Manual de instruções**. 2015. Disponível em: <www.consecana.com.br>. Acesso em: 04 jan.2016.

COSTA, G. F. **Modelo de previsão aplicado ao mercado de transporte rodoviário do açúcar no Estado de São Paulo**. 2014. 194 f. Tese (Doutorado em Economia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

CRUZ, M. G. da; GUERREIRO, E.; RAIHER, A. P. A evolução da produção de Etanol no Brasil, no período de 1975 a 2009. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 43, n. 4, p.141-159, 2012.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA - CTC. **Revista Censo CTC**: Safra 2013/2014. Piracicaba, v.1, p.1-16, 2015.

DICKEY, D. A; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, Nova Iorque, v. 74, n. 366, p. 427-431, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Análise de conjuntura dos biocombustíveis**: Ano 2013. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Petroleo/Paginas/PaineldeBiocombust%C3%ADveis%E2%80%93Boletinsdean%C3%A1lisedeconjuntura.aspx>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

_____. **Balanço energético nacional 2016**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompletas.aspx>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1995.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 812 p.

HISSA, L. B. V. **Modelagem espacial da produtividade e rentabilidade econômica do cultivo de cana-de-açúcar para o Brasil e para região do MAP.** 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Banco de dados agregados:** sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. 2015. Disponível em: <<http://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 30 jan. 2016.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Banco de dados.** São Paulo: IEA. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>>. Acesso em: 17 jun. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA EM ECONOMIA APLICADA - IPEA. **Banco de Dados do Instituto de Pesquisa em Economia Aplicada:** Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI). 2016. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 03 jan. 2016.

KUMAR, M.; ANAND, M. An application of time series ARIMA forecasting model for predicting sugarcane production in India. **Studies in Business and Economics**, Warsaw, v. 9, n. 1, p. 81-94, 2014.

LIEBERG, V. **A influência do estoque mundial de açúcar sobre o preço internacional dessa commodity.** 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Escola de Economia de São Paulo, São Paulo, 2014.

LIMA, J. C. S. **A intervenção governamental no setor açucareiro:** ênfase à problemática do subsídio de equalização. 1992. 118 f. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

LIMA, N. C. **A formação dos preços do etanol hidratado no mercado brasileiro de combustíveis.** 2011. 226 f. Tese (Doutorado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

LIMA, R. C.; SAMPAIO, Y. Estimção de função transferência para o preço do açúcar: uma aplicação do modelo ARMAX. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 28, n. esp., p. 461-467, 1997.

LÜTKEPOHL, H.; KRÄTZIG, M. **Applied time series econometrics.** New York: Cambridge University Press, 2004. 323 p.

MACEDO, I. C.; SOUSA, E. L. L. (Org.). **Etanol e bioeletricidade:** a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010.

MACHADO, S. S. **Tecnologia da fabricação do açúcar**: bibliografia. Inhumas: IFG. Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 56 p.

MARGARIDO, M. A.; KATO, H. T.; UENO, L. H. Análise da transmissão de preços no mercado de tomate no estado de São Paulo. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 135-159, 1994.

MARJOTTA-MAISTRO, M. C. **Ajustes nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação**. 2002. 180 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MASI, E. **Análise de intervenção em séries temporais de dengue e leptospirose da cidade de São Paulo**: influência de fatores políticos, administrativos, técnicos e ambientais. 2014. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MCDOWELL, A. From the help desk: transfer functions. **The Stata Journal**, v.2, n.1, p. 71-85, 2002.

MEURER, A. P. S.; SHIKIDA, P. F. A. **Análise da agroindústria canavieira nos estados do Centro-Oeste do Brasil a partir de capacidades tecnológicas**. Curitiba: LedZe Ed., 2014. 104 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA. **Estatísticas e dados básicos da economia de economia agrícola**. 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

MORAES, M. A. F. D. A cadeia produtiva da cana, em mercado desregulamentado. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 1, jan./jun., p. 94-99, 2004.

MORAES, M. A. F. D. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. São Paulo: Caminho Editorial, 2000.

MORAES, M. L.; BACCHI, M. R. P. Etanol: do início às fases atuais de produção. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 5-22, 2015.

MOREIRA, M. S. T. E. **Custos da poluição atmosférica no município de São Paulo**: uma avaliação pela morbidade. 1999. 133 f. Tese (Doutorado em Economia) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MORETIN, P.A; TOLOI, C.M.C. **Análises de séries temporais**. São Paulo: Editora Edgard, 2ª ed., 2006.

MUHAMMAD, F.; JAVED, M. S.; BASHLR, M. Forecasting sugarcane production in Pakistan using ARIMA Models. **Pakistan Journal of Agricultural Science**. Faisalabad, v. 9, n. 1, p. 31-36, 1992.

NYKO, D.; VALENTE, M.S.; TANAKA, A.K.R.; RODRIGUES, A.V.P. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural?. **BNDES Setorial**, Brasília, n. 37, p 399-442, 2013.

PASQUALETTO, A.; ZITO, R. K. **Impactos ambientais da monocultura da cana-de-açúcar**. Goiânia: UFG, 2000. v. 1, 82 p.

PECEGE - PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS. **Custos de produção de produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e bioeletricidade no Brasil: fechamento da safra 2011/2015 e acompanhamento da safra 2015/2016**. Piracicaba: ESALQ - Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2015. 73 p.

PHILIPS, P.; PERRON, P. **Testing for a unit root in time series regression**. *Biometrika*, 75, p. 335-346, 1988.

REIS, M. A. dos. **A expansão da cultura canavieira e o crescimento econômico no município de Goianésia - Goiás**. 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Faculdades Alves Faria, Goiânia, 2014.

RODRIGUES, M. B. **Os preços do álcool, açúcar e gasolina e suas relações: uma análise econométrica**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Faculdade de Economia Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

SACHS, R. C. C. Remuneração da tonelada de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 2, p.55-66, 2007.

SANTANA, L.V.R.; RUSSO, S. L.; FIGUEROA, M. **Aplicação da metodologia Box-Jenkins na previsão da produção da cana-de-açúcar**. In: CONGRESSO DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, Natal. **Anais...** Natal: CMAC, 2012.

SANTOS, G. R.; GARCIA, E. A.; SHIKIDA, P. F. A. A crise na produção do etanol e as interfaces com as políticas públicas. **Boletim Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, Ipea/Diset, Brasília, n. 39, p. 27-38, jun. 2015

SARMENTO, P. H. L.; ZEN, S.; BEDUSCHI, G. Função de transferência para previsão de preço de leite nos principais estados produtores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: SOBER, 2007. p. 40-61.

SATOLO, L. F. **Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola

Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

SATOLO, L. F.; BACCHI, M. R. P. Dinâmica econômica das flutuações de cana-de-açúcar. **Revista de Economia Aplicada**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 337-397. 2009.

SHIKIDA, P. F. A. Evolução e fases da agroindústria canavieira no Brasil. **Revista de Política Agrícola**. Brasília, v. 23, n. 4, p. 43-57, 2014.

SHIKIDA, P. F. A.; BACHA, C. J. C. Evolução da Agroindústria Canavieira Brasileira de 1975 a 1995. **Revista Brasileira de Economia Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 53, n. 1, p. 69-89, 1999.

SILVEIRA, A. M. **A relação entre os preços de açúcar nos mercados doméstico e internacional**. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SILVEIRA, L. T.; BURNQUIST, H. L. Uma análise da competitividade brasileira no mercado internacional de açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SOBER/BNB, 2006.

STATACORP. **Stata**: Release 13. Statistical Software, College Station: StataCorp LP. 2013.

SZMRECSÁNYI, T.; MOREIRA, E. P. O desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a Segunda Guerra Mundial. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 5, n. 11, p. 57-79, 1991.

TOMASETTO, M. Z. C.; MARGARIDO, M. A.; SHIKIDA, P. F. A. Transmissão de preços no mercado de cana-de-açúcar entre os estados de São Paulo e Paraná. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, Juiz de Fora, v. 7, n. 1, p. 19-37, 2013.

TORQUATO, S. A. Cana-de-açúcar para indústria: o quanto vai precisar crescer. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 1, n. 10, p. 1-5, 2006.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO - TCU. **Avaliação da regulação e das políticas públicas voltadas para o mercado interno de etanol**. Brasília, DF: TCU, 2012. (Relatório de Levantamento TC, n. 027.708/2011-0). Disponível em: <<http://goo.gl/fIRd1C>>. Acesso em: 19 jul.2016.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Notícias**. 2016. Disponível em: <www.unica.com.br/noticias>. Acesso em: 27 jul. 2016.

_____. **Preços e cotações**: estatísticas. 2016. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 4 jun.2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE- USDA. Foreign Agricultural Service (FAS)/USDA. 2015. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars>>. Acesso em: 23 jan. 2016.

VANDAELE, W. Applied timer series and Box-Jenkins models. New York: Academic Press, 1983. 417 p.

VIAN, C. E. F. **Agroindústria canavieira: estratégias competitivas e modernização**. Campinas: Átomo, 2003. 216 p.

WAACK, R. S.; NEVES, M. F.; MORAES, S.; MARINO, M.; MAMONE, A.; SZASZ, A. Competitividade do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar. In: FARINA, E. M. M. Q.; ZYLBERSZTAJN, D. (Coord). **Competitividade no agribusiness brasileiro**. São Paulo: PENSA/FIA/FEA/USP, v. 5. 1998.

ZANÃO, A. G. **Caracterização da infraestrutura de armazenagem de álcool no Brasil e análise da sua concentração na região Centro-Sul**. 2009. 72 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

APÊNDICE A - Testes de raiz unitária.

Teste de Dickey e Fuller			
Variável	Teste	Z(t)	p-valor Z(t)
Lar	DF test	0,029	0,9608
d.Lar	DF test	-2,873	0,0486
LPc	DF test	-3,154	0,0228
LPa	DF test	-3,379	0,0117
LPe	DF test	-4,432	0,0003
Valores Críticos*	1%	-3,750	
	5%	-3,000	
	10%	-2,630	

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Nota: *Dickey e Fuller (1979).

Teste de Phillips e Perron				
Variável	Teste	Z(rho)	Z(t)	p-valor Z(t)
Lar	PP test	-0,144	-0,165	0,9426
d.Lar	PP test	-13,500	-2,990	0,0358
LPc	PP test	-13,328	-3,105	0,262
LPa	PP test	-14,016	-3,337	0,0133
LPe	PP test	-17,749	-4,504	0,0002
Valores Críticos*	1%	-17,200	-3750	
	5%	-12,500	-3000	
	10%	-10200	-2630	

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

Nota: *Phillips e Perron (1988).

APÊNDICE B - Teste de normalidade dos resíduos.

Teste de normalidade dos resíduos Shapiro-Wilk					
Modelo FT	Observações	W	V	z	Prob>z
Modelo 1	19	0,9286	1,630	0,982	0,1631
Modelo 2	19	0,9328	1,534	0,859	0,1951
Modelo 3	20	0,9620	0,899	-0,214	0,5846
Modelo 4	-	-	-	-	-
Modelo 5	19	0,9730	0,614	-0,978	0,8360
Modelo 6	20	0,9610	0,922	-0,164	0,5651
Modelo 7	20	0,9621	0,895	-0,223	0,5884
Modelo 8	20	0,9373	1,482	0,793	0,2138

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaborado pela Autora.

