



ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PREÇOS DO SETOR SUCROENERGÉTICO NA ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO

Jaqueline Zani dos Santos¹, Maura Seiko Tsutsui Esperancini², Eduardo de Mais³ & Leidiane Coelho Carvalho⁴

RESUMO: O trabalho objetivou 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. Adotou-se a 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 influenciaram o aumento na área de cana-de-açúcar, em especial, o preço do açúcar. Foi evidenciado também a existência de bidirecionalidade de efeito, com a área afetando os preços, e estes influenciando a área. Concluindo o estudo, foram feitas análises de intervenções para os principais eventos ocorridos no mercado sucroenergético para os anos em estudo, onde apenas a área de cana-de-açúcar se mostrou significativa, sendo influenciada por tais intervenções.

PALAVRAS-CHAVE: Mercado sucroenergético, Desregulamentação, Função Transferência.

INFLUENCE OF SUGAR-ENERGY SECTOR PRICES ON THE AREA OF SUGAR CANE IN SÃO PAULO STATE

ABSTRACT - The objective of this study was to identify whether there was an influence of sugar, ethanol, and sugarcane prices on sugarcane planted area in Sao 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. There was verified the existence of two-way effects, in which, the area affected the prices and these influenced the area. To conclude the study, analyzes of interventions were carried out for the main occurred events in sugar-energy market in the years under study. From this analysis, only the sugarcane area was significant, being influenced by the interventions.

KEYWORDS: Sugar and energy market, deregulation, Transfer Function.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar é uma das mais importante e antiga atividade econômica na história do país, sendo que remonta da época do Brasil Colônia. Atualmente, a 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).

Segundo dados da União da Indústria da Cana-de-açúcar (UNICA, 2016), 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 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, 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 atividade de importância secundária.

O estado de São Paulo é tradicionalmente referência no cultivo e na produção de derivados de cana-de-açúcar. Dados da CONAB (2015) mostram que 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).

¹ ² Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP. E-mail: jaquezani@gmail.com ; maura@fca.unesp.br

³ Coordenadoria Regional de Saúde Sul, Secretaria Municipal da Saúde, Prefeitura de São Paulo. E-mail: emasi@prefeitura.sp.gov.br

⁴ Doutoranda em Proteção de Plantas, UNIOESTE. E-mail: leidy_santana@hotmail.com

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).

A indústria canavieira se apresenta, com grande peso na matriz energética do país com a participação do etanol e da bioeletricidade.

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 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, 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 ficou sujeito às oscilações conjunturais, às variações nos preços de seus derivados no mercado (tanto nacional, quanto internacional), às alterações nos incentivos governamentais, às novas tecnologias (veículos *flex fuel*) e às 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 numa estrutura 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.

Neste contexto, o objetivo do estudo foi 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, pretendeu-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 MATERIAL E MÉTODOS

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).

2.1 ESCOPO DO TRABALHO E FONTE DE DADOS

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 (CEPEA, 2015). Já as séries relativas ao preço da cana-de-açúcar (R\$/t), foram as coletadas e divulgadas pelo Instituto de Economia Agrícola – IEA (IEA, 2015).

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 série histórica para o indicador do hidratado.

A descrição das séries de entrada (variáveis explicativas) e variáveis de saída (variável dependente) estão ilustradas e resumidas na Tabela 1.

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) (IPEA, 2015).

Os dados referentes à área cultivada de cana-de-açúcar são as séries disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2015).

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.

Os anos de abrangência da análise referem-se ao período de janeiro de 1995 e dezembro de 2015, portanto 21 anos de análise.

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).

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.

Os testes são aplicados para verificar a qualidade dos ajustamentos. Os cálculos dos mesmos são feitos por meio do *software* Stata 13 (STATACORP, 2013).

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

2.2 MODELAGEM 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, podem-se realizar previsões e/ou inferências (MASI, 2014).

Tabela 1 – Descrição das variáveis de entrada e saída.

Variável	Fonte	Unidade	Terminologia utilizada	Variável entrada/saída
Preço açúcar cristal	CEPEA	R\$/saca 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: Resultados da Pesquisa. Elaborado pelos autores.

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: o 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 autorregressivos, 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).

Para a construção dos modelos é preciso obedecer aos seguintes passos:

1º) Identificação: consiste em determinar qual o processo gerador da série, quais os filtros e suas ordens. A realização do processo de identificação, além da análise gráfica, necessita da função de autocorrelação e função de autocorrelação parcial.

2º) Estimação: após a identificação dos valores de p , d , q , estimam-se os parâmetros do modelo por mínimos quadrados condicionados ou máxima verossimilhança.

3º) 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 branco. O modelo também não deve estar superespecificado nem subespecificado, deve obedecer ao critério da parcimônia. Pelo erro-padrão dos coeficientes e pela correlação entre eles detectam-se os parâmetros redundantes.

4º) Previsão: consiste em realizar a previsão n passos à frente, atentando-se para o valor do erro quadrático médio de previsão.

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).

2.3 FUNÇÃO TRANSFERÊNCIA

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 (MASI, 2014).

O conceito da utilização de função transferência é que uma série de informações que explique o comportamento da variável endógena esteja 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)).

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.

Generalizando para n variáveis explicativas, tem-se:

$$y_t = c + \sum_{j=1}^n \omega_j(B)/\delta_j(B) (z_{j,t-b_j} - \bar{z}_j) + \theta(B)/\phi(B)a_t \quad (2)$$

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.

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).

2.4 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.

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.

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.

2.5 PROCEDIMENTOS DE AJUSTES DOS MODELOS

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*).

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.

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 Moretin e Tolo (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%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados e analisados os resultados dos modelos de função transferência 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.

3.1 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.

Seguindo as fases de identificação do modelo após a verificação da presença de raiz unitária nas séries e análises de correlação cruzada, fizeram-se os gráficos de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP) a fim de se verificar as possíveis ordens do modelo.

Na Tabela 2 estão resumidas as estimativas dos parâmetros dos modelos de função transferência. Nos modelos que melhor se ajustaram às séries para identificar a influência dos preços na área de cana-de-açúcar foram incluídas defasagens e termos autoregressivos.

Pode ser visto que variações no preço da cana-de-açúcar (LPc) 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 repassadas 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 plantada do ano anterior do que da variação no preço da cana-de-açúcar.

Diante dos resultados das estimativas do modelo avalia-se que variações nos preços do açúcar (LPa) são transferidas para a área de cana-de-açúcar em 10,45%, também assumindo um caráter inelástico onde variações de preço não são integralmente repassadas 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.

Nos resultados também verifica-se que variações no preço do etanol (LPe) são transferidas 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 repassadas 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 períodos atrás ($t-2$), a uma taxa de 49,05%. Ou seja, a área plantada de cana-de-açúcar no presente depende mais da área de cana-de-açúcar do ano anterior do que da variação no preço da cana-de-açúcar.

Tabela 2 - Estimativas dos parâmetros dos modelos de Função Transferência, no estado de São Paulo (1995 a 2015).

d.Lar	Coeficiente	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
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
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
<i>sigma</i>	0,4408		6,16	0,000	0,0303	0,0578
LPc - LPa - LPe	*	*	-	-	-	-
ARMA	*	*	-	-	-	-
<i>sigma</i>	*		-	-	-	-

* não significativo.

Fonte: Resultados da Pesquisa. Elaborado pelos autores.

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

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. As correlações 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 no estado de São Paulo.

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

Portanto, 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 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 série histórica 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. Dessa forma, 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.

3.2 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, estabeleceu-se o modelo definitivo. Assim como nos modelos sem intervenção, averiguou-se a efetividade da filtragem pelo 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. Dessa forma, apresentam-se as análises dos resultados dos modelos na Tabela 3.

Tabela 3 - Estimativas dos parâmetros dos modelos de Função Transferência com intervenção, no estado de São Paulo (1995 a 2015).

d.Lar/d.LPc/d.LPa/d.LPe	Coefficiente	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
LPc						
Desregula	0,0397	1	0,55	0,582*	-0,1019	0,1814
Flex	-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
LPa						
Desregula	-0,0045		-0,04	0,967*	-0,2205	0,2114
Flex	-0,0469	1	-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
LPe						
Desregula	-0,0520		-0,57	0,569*	-0,2313	0,1272
Flex	0,0317		0,35	0,726*	-0,1994	0,2861
Crise/clima	0,2045		0,28	0,781*	-0,1913	0,2547
<i>sigma</i>			6,32	0,000	-0,1411	

* não significativo.

Fonte: Resultados da Pesquisa. Elaborado pelos autores.

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 3.

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.

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 se verificou um fortalecimento de políticas voltadas 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) apesar do tratamento dos dados e análises sobre o modelo (Tabela 2). Portanto, não foi possível encontrar modelos em que as intervenções em estudo afetassem os preços.

Sendo assim, não é possível afirmar qual o comportamento dos preços do setor sucroenergético em relação às intervenções do mercado. Esse fato também pode ser explicado pela bidirecionalidade dos efeitos preços e mercado.

4 CONCLUSÕES

Pode-se identificar e quantificar a influencia dos preços na área de cana-de-açúcar.

O comportamento dos preços praticados no setor sucroenergético influenciam na área de cana-de-açúcar. 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 influência sobre a área de cana-de-açúcar, seguido do preço da própria cana-de-açúcar e preço do etanol.

A variável área de cana-de-açúcar se mostrou significativa nos modelos estudados com intervenções, com um aumento da área em 3,4% (soma total dos efeitos) durante o período em estudo.

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.

REFERÊNCIAS

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

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Indicadores de preços**. Piracicaba, 2015. Disponível em <www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em: 04.fev.2016.

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**. Brasília, DF: CNA, 2015. Disponível em: <<http://www.canalprodutorcom.br/area/17/Assuntos%20econ%C3%B4micos#wrapper>>. Acesso em: 04 jan.2016.

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.

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

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

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Banco de dados**. São Paulo: IEA, 2015. 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)**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 03 jan. 2016.

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.

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. 165p. 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**, Durham,v.2, n.1, p. 71-85, 2002.

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

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

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.

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.; 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.

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

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