



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.



DINÂMICA ECONÔMICA DAS FLUTUAÇÕES NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

LUIZ FERNANDO SATOLO; MIRIAN RUMENOS PIEDADE BACCHI;

ESALQ / USP

PIRACICABA - SP - BRASIL

lfsatolo@esalq.usp.br

APRESENTAÇÃO ORAL

Comercialização, Mercados e Preços

Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar

Grupo de Pesquisa: 1 – Comercialização, Mercados e Preços

Resumo

Desde meados da década de 70, os mercados brasileiros de açúcar e álcool têm passado por importantes transformações que conduziram o país de volta à posição de líder mundial na produção de cana-de-açúcar. O objetivo deste trabalho é avaliar o papel de choques de oferta (área e produtividade), de demanda (renda doméstica e exportação) e de preços (da cana e de açúcar e álcool) na evolução recente da produção de cana-de-açúcar. Durante a maior parte do período analisado, o setor sucroalcooleiro encontrava-se sob forte regulamentação estatal, com a produção de cana, de açúcar e de álcool limitadas por quotas, preços fixados e exportações determinadas pelo Instituto do Açúcar e do Álcool – IAA. Nos anos 80, a expansão da cana pode ser atribuída aos incentivos estatais concedidos para estimular a produção e o consumo de álcool combustível. Com o final da intervenção estatal sobre o setor, um novo modelo para a precificação da cana-de-açúcar tem distribuído, desde 1999, parte dos lucros obtidos com a comercialização do açúcar e do álcool ao longo da cadeia produtiva. O modelo econômico proposto é uma versão adaptada das representações utilizadas em Alves (2006) e Spolador (2006) e está fundamentado nas idéias de Blanchard e Quah (1989) para a decomposição das variações da produto em choques de oferta e de demanda. Os testes de raiz unitária seguiram a metodologia proposta por Dickey e Pantula (1987) e os testes de cointegração, a de Johansen (1988). O modelo foi estimado como um Vetor Auto-Regressivo – VAR estruturado, com as inovações sendo calculadas através da decomposição de Bernanke-Sims. Os resultados estimados corroboraram os pressupostos de exogeneidade da área e de endogeneidade da produtividade, do preço



da cana, do preço de açúcar e álcool e da exportação. A área mostrou-se insensível a choques nas demais variáveis. Apesar de apresentar uma resposta geralmente positiva, a produtividade mostrou-se pouco sensível a choques não-reflexivos. Os preços (tanto da matéria-prima quanto dos produtos finais) também foram pouco sensíveis a choques nas demais variáveis. A exportação foi a variável mais sensível a choques, apresentando elasticidades maiores que a unidade em resposta a variações inesperadas das taxas de crescimento do preço da cana e da renda doméstica. Choques de oferta e de preços exibiram impacto permanente sobre a produção de cana-de-açúcar, enquanto choques de demanda apresentaram efeitos temporários. Entretanto, as elasticidades acumuladas de choques de oferta sobre a produção convergiram para valores superiores à unidade, e no caso de choques de preço, as elasticidades acumuladas tenderam para 0,25. Constatou-se, através da decomposição da variância dos erros de previsão da área e da produtividade, que os estímulos advindos da oferta são os mais importantes para explicar as flutuações na produção de cana-de-açúcar.

Palavras-chaves: Agroindústria canavieira, Cana-de-açúcar, Séries temporais

Abstract

Since the mid 70s, the Brazilian sugar and ethanol markets have passed through noteworthy changes, leading the country back to the position of number one sugar cane producer in the world. The objective of this thesis is to evaluate the whole of shocks in supply (measured by area and yield unexpected variations), in demand (measured by domestic income and exports unexpected variations) and in prices on the recent developments in the sugar cane production. During most of the analyzed period, both sugar & ethanol – S&E sector was under government intervention, with quota-driven productions, fixed prices and regulated exports. In the mid-80s, sugar cane expansion was driven by governmental incentives to improve both the ethanol production and consumption. With the end of the governmental intervention over the S&E sector, a new model for establishing sugar cane prices has, since 1999, distributed the profits gathered in the sugar and ethanol trade throughout the productive chain. The proposed economic model is an adapted version of the representations used in Alves (2006) and Spolador (2006) and is based on the insights of Blanchard & Quah (1989) to analyze the composition of product variations. The unit root tests were performed following Dickey & Pantula (1987) methodology and the co-integration tests, Johansen's (1989). The model was estimated as a structural Auto-Regressive Vector, with innovations calculated through the Bernanke-Sims decomposition. The results confirmed the assumptions about the area's exogeneity and the yield, cane price, average S&E price and exports endogeneity. The area exhibited a non-sensitive response to shocks in other variables. Though presenting a generally positive response, the yield showed a low sensitivity to non-reflexive shocks. Both prices (from raw material and final products) also presented low sensitivity to shocks in other variables. The export was the most sensitive variable, with accumulated elasticity in response to shocks in sugar cane price and in domestic income higher than the unit. Supply and price shocks had a permanent impact over cane production, but demand shocks had a transitory effect over it. However, the accumulated elasticity from supply shocks over production converged to



values above the unit, while the ones from price shocks converged to 0.25. Area and yield variance decompositions led to the conclusion that innovations coming from the supply side are the most important in explaining the fluctuations in the sugar cane production in Brazil.

Keywords: Sugar and ethanol sector, Sugar cane, Time series

1. INTRODUÇÃO

Recentes acontecimentos atraíram a atenção do mundo para a cadeia produtiva de açúcar e álcool no Brasil, deflagrando uma corrida de investimentos nesse setor. Em 2006, mais de 350 unidades industriais (usinas e destilarias) estavam em operação no Brasil – e outras 126 já estavam em fase de projeto/construção. Essa nova onda de expansão do setor sucroalcooleiro vem acompanhada de um aumento no emprego e na renda. Estima-se que, em 2006, cerca de 4,6 milhões de trabalhadores estivessem direta ou indiretamente ligados ao setor sucroalcooleiro (MARIANTE, 2007).

Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA (2008), no referido ano, o Valor Bruto da Produção – VBP do setor de cana-de-açúcar atingiu R\$ 19,25 bilhões – representando quase 18% do VBP da agricultura nacional, que somou R\$ 107,62 bilhões. As exportações de açúcar e álcool, em 2006, totalizaram US\$ 6,9 bilhões – ou seja, mais de 15% do total exportado pelo agronegócio brasileiro, cujo valor estimado foi R\$ 45,3 bilhões.

A expectativa para o setor ainda é de aumento das exportações, fundamentada não apenas na derrota da União Européia – UE no painel aberto pelo Brasil junto à Organização Mundial do Comércio – OMC para analisar os subsídios concedidos à produção de açúcar, mas também na demanda mundial crescente por energia limpa e renovável. Além disso, deve-se destacar que está também em curso uma notória expansão do mercado doméstico: programas de distribuição de renda (como o Bolsa Escola e o Bolsa Família, por exemplo) aumentaram a renda disponível para consumo nas classes sociais mais baixas, enquanto facilidades no acesso ao crédito contribuíram para um aumento crescente na venda de veículos bicompostíveis.

O Brasil destaca-se nos mercados de açúcar e de álcool entre os principais países produtores, consumidores e exportadores por causa de sua competitividade na produção de cana-de-açúcar. Ao longo da história recente, entretanto, esse argumento nem sempre foi válido: a produtividade da cana-de-açúcar no Brasil cresceu significativamente a partir da segunda metade da década de 70, chegando a ultrapassar a média mundial apenas nos anos 80. Esse aumento da produtividade média dos canaviais brasileiros pode ser atribuída à crescente participação da região CS – com destaque para o Estado de São Paulo – na produção nacional.

Como se sabe, o crescimento da produção – fundamentado em ganhos de produtividade – não ocorre de forma sustentada sem uma expansão do mercado: o aumento da demanda (interna ou externa) simultaneamente ao avanço tecnológico é condição necessária para que se evite uma queda acentuada nos preços, permitindo a



difusão de novas tecnologias. Por outro lado, um crescimento da produção sem avanço tecnológico (ou seja, sem ganhos de produtividade) também está ligado a uma expansão do mercado consumidor: havendo crescimento da demanda, o nível de preços aumenta – permitindo que novos produtores entrem no mercado a custos de oportunidade crescentes. Mas, nesse caso, o crescimento da produção ocorre a preços crescentes (ALVES, 2006).

No caso da produção de cana-de-açúcar no Brasil, quais estímulos predominaram: os da oferta ou os da demanda?

Ao longo desse trabalho, busca-se responder a essa indagação. Fazendo uso da metodologia VAR estrutural, são calculados o impacto de choques e a decomposição da variância associados ao modelo econômico utilizado para representar esse mercado. Estabelecendo-se os impactos, as funções de resposta a impulso – que exibem o comportamento do sistema, ao longo do tempo, após a ocorrência do choque – poderão ser estimadas. Em conjunto com a decomposição da variância do erro de previsão (que permite identificar quais choques foram historicamente mais importantes para a variação das séries analisadas), será possível identificar qual tem sido a dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar.

Devido à disponibilidade de dados e às grandes disparidades regionais na produção de cana, a análise estará restrita ao Estado de São Paulo. Contudo, como destaca Costa (2000, p. 5): “a relevância de estudar o setor sucroalcooleiro de São Paulo tem residido na representatividade do estado na produção, tanto no contexto do mercado doméstico como do mercado internacional”. Entre as safras 1990/91 e 2006/07, São Paulo foi responsável, em média, por quase 75% da produção do setor sucroalcooleiro na região CS – equivalente a mais 60% das produções de cana, açúcar e álcool no Brasil.

2. OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo explicar a evolução da produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo como resultado de choques de oferta e de demanda. Consideram-se choques de oferta, os que ocorrem sobre a produtividade, a área plantada e o preço da matéria-prima (cana-de-açúcar). Já os choques de demanda podem assumir a forma de choques de renda doméstica, de preços dos produtos finais (açúcar e álcool) ou, também, de exportação dos mesmos. Os dados anuais abrangem o período de 1976 a 2006.

3. MODELOS PARA A DECOMPOSIÇÃO DAS FLUTUAÇÕES DO PRODUTO

Alves (2006) destaca que as flutuações do produto eram tradicionalmente vistas como sendo temporárias. Choques de demanda, sejam eles fiscais ou monetários, não



teriam efeito de longo prazo na produção agregada, a qual evoluiria ao longo de uma tendência determinista¹.

Blanchard e Quah (1989) propuseram que o Produto Nacional Bruto norte-americano é afetado por mais de um tipo de distúrbio: choques de demanda e de oferta – que teriam, respectivamente, um efeito temporário e permanente sobre a produção. Essa classificação dos choques está fundamentada no ponto de vista Keynesiano de flutuações: devido à rigidez nominal, que não permite a alteração dos preços (por causa dos custos de ajustamento) nem dos salários (por causa da existência de contratos), as empresas estão dispostas a manter constantes seus preços relativos face a um choque de demanda – provocando apenas variações de curto-prazo na produção; já os choques de oferta, por afetarem a parte real da economia, apresentariam também efeito no longo-prazo.

Os autores definem como choques temporários aqueles cujo efeito atinge o pico depois de 1 ano, desaparecendo no segundo ou terceiro ano. Já os choques permanentes são aqueles que aumentam constantemente ao longo de 2 anos, atingindo um platô no quinto ano. Os seguintes pressupostos foram adotados para a definição de um modelo capaz de decompor as variações do produto em choques de demanda e de oferta:

- Choques temporários (de demanda) não afetam a produção no longo-prazo;
- Choques permanentes (de oferta) podem afetar a produção no longo-prazo;
- Os distúrbios são não-correlacionados;
- Cada um desses componentes pode ser representado, separadamente, como um termo de defasagens distribuídas invertível.

Spolador (2006) analisou o crescimento da produção agrícola sob a ótica dos choques de oferta e de demanda. Nesse caso, o modelo econômico considerou que a demanda por produtos agrícolas brasileiros dividia-se em duas partes: doméstica e externa. A demanda doméstica foi representada pela diferença entre a renda real e os preços relativos da agricultura e a demanda externa, pela taxa de câmbio. A oferta de produtos agrícolas foi representada pela multiplicação da produtividade da terra pela área total plantada. Pressupõe-se que a decisão com relação à área a ser plantada é tomada com base na expectativa de preços para o período.

Alves (2006) utilizou uma representação semelhante para investigar a importância dos choques de oferta e de demanda na evolução da produção e da área colhida de algodão no Brasil. Entretanto, diferentemente do proposto em Spolador (2006), o autor considerou que a exportação é dada pelo excedente ofertado no mercado interno. O modelo utilizado assumiu que os preços interno e externo apresentam evolução semelhante no longo-prazo, apesar de admitir-se um período de ajustamento entre os mesmos. Características intrínsecas ao mercado de algodão permitiram que o preço interno fosse considerado exógeno.

¹ Blanchard e Quah (1989) explicam que a tendência é a parte da produção que seria concretizada se todos os preços fossem perfeitamente flexíveis. O ciclo de negócios é a dinâmica da produção concretizada ao longo dessa tendência.



4. MODELO ECONÔMICO

O modelo aqui apresentado é uma versão adaptada dos modelos utilizados em Alves (2006) e Spolador (2006), que aplicaram a representação dos choques de oferta e de demanda – proposta por Blanchard e Quah (1989) – em mercados de produtos agrícolas. Tendo em vista que, neste estudo, pretende-se explicar como choques de oferta e de demanda afetaram a evolução da produção de cana-de-açúcar, a equação de demanda pode ser expressa como:

$$y_t^d = m_t - p_t^d \quad (1)$$

onde y^d é a quantidade domesticamente demandada de cana-de-açúcar, m é a renda nacional real e p^d é um índice que representa os preços dos produtos finais (açúcar e álcool) praticados no mercado doméstico. Já a oferta pode ser escrita como:

$$y_t^s = n_t + \theta_t \quad (2)$$

onde y^s é a quantidade ofertada de cana-de-açúcar, n é a área plantada e θ é a produtividade da terra.

Embora a cana-de-açúcar não seja exportada *in natura*, o açúcar e o álcool são importantes itens da pauta de exportações brasileiras. Por isso, a quantidade de cana produzida e destinada ao mercado externo (x) será aqui representada por:

$$x_t = y_t^s - y_t^d \quad (3)$$

Além dessas equações, para que o modelo econométrico possa ser estimado, fazem-se necessárias algumas pressuposições sobre o processo gerador das séries que se encontram no lado direito das equações (1) e (2). São considerados os seguintes choques:

$$m_t = m_{t-1} + e_t^m \quad (4)$$

$$p_t^d = p_{t-1}^d + e_t^d + e_t^s \quad (5)$$

$$p_t^s = p_{t-1}^s + e_t^s + e_t^d \quad (6)$$

$$\theta_t = \theta_{t-1} + e_t^\theta + e_t^s \quad (7)$$

$$n_t = E(p_t^s) + e_t^n \quad (8)$$

sendo:

e^m choque de renda interna;

e^d choque de preço doméstico proveniente da demanda (via preços do açúcar e do álcool);

e^s choque de preço doméstico proveniente da oferta (via preço da cana-de-açúcar);

e^θ choque de produtividade;



e^n choque de área plantada.

Com

$$e_t^n = e_{t-1}^n + u_t \quad (9)$$

Por hipótese, considera-se que todos os choques são não-correlacionados. Dessa forma, deve-se entender os choques de preço da cana (e^s) sobre os preços de açúcar e álcool (p^d) como variações inesperadas no preço relativo entre matéria-prima e produtos finais. Analogamente, choques de preços de açúcar e álcool (e^d) sobre o preço da cana (p^s) também representam essas variações no preço relativo. Por outro lado, deve-se entender choques de produtividade (e^θ) como variações na produtividade da terra (θ) causadas por motivos alheios ao preço da cana – como fatores climáticos, por exemplo. As mudanças no rendimento da lavoura provenientes da adoção de novas práticas de manejo quando os preços da cana variam são representadas pelos choques e^s na equação (7).

Além disso, exceto por e^n , os choques têm médias zero e não apresentam autocorrelações. Os choques de área plantada são por hipótese autocorrelacionados porque, apesar da influência que os preços sobre a área cultivada, a cana-de-açúcar é uma cultura semi-perene. A rigidez que caracteriza os investimentos realizados (ou não) em canaviais implica em uma interdependência temporal dos choques de área. Já u_t possui as mesmas propriedades que os demais choques, isto é, média zero e ausência de autocorrelação.

4.1. A taxa de crescimento das variáveis

Nesta seção, são apresentadas as expressões que descrevem a taxa de crescimento das variáveis incluídas no modelo. A taxa de crescimento da oferta de cana-de-açúcar pode ser expressa como:

$$\Delta y_t^s = e_{t-1}^s + e_{t-1}^d + u_t + e_t^\theta + e_t^s \quad (10)$$

Ou seja, aumentos de preço em um período alteram a expectativa de preços e, por isso, elevam tanto a área quanto a produção no período seguinte. Já aumentos de área (*per se*), de produtividade e de preço da cana favorecem o aumento da oferta contemporaneamente.

As taxas de crescimento da demanda e da área plantada podem ser escritas, respectivamente, como:

$$\Delta y_t^d = e_t^m - e_t^d - e_t^s \quad (11)$$

$$\Delta n_t = e_{t-1}^s + e_{t-1}^d + u_t \quad (12)$$

No caso das exportações tem-se que:



$$\Delta x_t = e_{t-1}^s + e_{t-1}^d + u_t + e_t^\theta - e_t^m + e_t^d + 2e_t^s \quad (13)$$

Portanto, espera-se que choques contemporâneos de oferta (área e produtividade) e de preços domésticos (tanto de cana quanto de açúcar e álcool) afetem positivamente as exportações do setor sucroalcooleiro, enquanto choques contemporâneos de renda doméstica tendam a diminuí-las. Choques defasados dos preços também aumentam as exportações: com o aumento do nível de preços, o consumo doméstico é diminuído e – para se evitar um aumento excessivo de estoques – grande parte do excedente doméstico acaba sendo exportada.

Com relação às taxas de crescimento das demais variáveis – renda, índice de preços de açúcar e álcool, preço da cana e produtividade – tem-se, respectivamente:

$$\Delta m_t = e_t^m \quad (14)$$

$$\Delta p_t^d = e_t^d + e_t^s \quad (15)$$

$$\Delta p_t^s = e_t^s + e_t^d \quad (16)$$

$$\Delta \theta_t = e_t^\theta + e_t^s \quad (17)$$

4.2. Definição da matriz de relações contemporâneas

A forma da matriz de relações contemporâneas é de suma importância para a decomposição da variância e a determinação dos impactos em um conjunto de variáveis – os quais, neste estudo, serão utilizados para uma melhor compreensão da dinâmica econômica das flutuações na produção de cana. Por essa razão, a forma através da qual essa matriz foi extraída do modelo econômico será aqui explicitada.

A equação 13 evidencia que o modelo econometrônico a ser estimado deve possuir, na verdade, seis variáveis, a saber: *quantum* exportado, preço da cana, índice de preços do açúcar e do álcool, área plantada, produtividade da terra e renda doméstica. A variação do *quantum* exportado depende da variação contemporânea das outras cinco variáveis e, por isso, essa variável é considerada endógena.

O índice de preços do açúcar e do álcool, o preço da cana e a produtividade também são variáveis endógenas – ver equações (15), (16) e (17). No caso dos preços, p^s e p^d , endogeneidade decorre da existência de uma relação contemporânea bi-causal entre os mesmos. Com relação à produtividade, essa condição resulta do efeito contemporâneo de choques no preço da cana sobre a variável.

De acordo com as equações 12 e 14, somente a área e arrendamento doméstico são variáveis exógenas: suas variações dependem contemporaneamente apenas dos choques ocorridos na própria variável.

Por tudo o que foi exposto, a matriz de relações contemporâneas pode ser escrita como:



$$A_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

para a seguinte seqüência de variáveis: área plantada (n), produtividade da terra (θ), preço da cana (p^s), índice de preços do açúcar e do álcool (p^d), *quantum* exportado (x) e renda doméstica (m).

Embora essa representação não evidencie a relação da produção com as demais variáveis, pode-se demonstrar que os resultados da estimativa do modelo proposto são equivalentes aos da estimativa de um modelo alternativo no qual as séries de área e produtividade são substituídas pela série de produção. Entretanto, nessa forma alternativa, não se consegue isolar o efeito dos choques de área e produtividade sobre a produção ou as demais variáveis do sistema – implicando na perda de informações de suma importância para explicar a dinâmica das flutuações na produção canavieira. Por isso, optou-se pela estimativa do modelo com as séries de área e produtividade – aplicando-se, posteriormente, as transformações necessárias para avaliar o comportamento da produção em resposta aos choques.

4.3. Impacto dos choques sobre as variáveis endógenas

Com as derivações apresentadas nas seções anteriores é possível definir, *a priori*, os impactos esperados de cada choque considerado sobre as variáveis endógenas do modelo.

Na Tabela 1, são apresentados os impactos correspondentes aos choques definidos no item 4.1 sobre as variáveis endógenas. O momento de intervenção é sempre o período 1 e o choque apresenta impacto contemporâneo sobre a produção, a exportação, os preços ou a produtividade se o mesmo apresentar o subscrito t , nas equações (10), (13), (15), (16) e (17), respectivamente. Nos casos onde o choque é defasado, seu impacto é sentido apenas no período seguinte.

Espera-se, portanto, que choques de renda doméstica não tenham impacto sobre a produção de cana-de-açúcar – uma vez que essa variável não entra na equação de oferta, afetando apenas a demanda pelo produto (e, consequentemente, as exportações). Choques de área e de produtividade devem apresentar impactos contemporâneos sobre a produção e a exportação.

Tabela 1 – Impacto esperado dos choques

Choque de	sobre	$t = 0$	$t = 1$	$t = 2$	$t \geq 3$
n	y^s	y_0^s	$y_1^s = y_0^s + u_1$	$y_2^s = y_1^s$	$y_t^s = y_1^s$



θ	y^s	y_0^s	$y_1^s = y_0^s + e_1^\theta$	$y_2^s = y_1^s$	$y_t^s = y_1^s$
p^s	y^s	y_0^s	$y_1^s = y_0^s + e_1^s$	$y_2^s = y_1^s + e_1^s$	$y_t^s = y_2^s$
p^d	y^s	y_0^s	$y_1^s = y_0^s$	$y_2^s = y_0^s + e_1^d$	$y_t^s = y_2^s$
n	x	x_0	$x_1 = x_0 + u_1$	$x_2 = x_1$	$x_t = x_1$
θ	x	x_0	$x_1 = x_0 + e_1^\theta$	$x_2 = x_1$	$x_t = x_1$
p^s	x	x_0	$x_1 = x_0 + 2e_1^s$	$x_2 = x_1 + e_1^s$	$x_t = x_2$
p^d	x	x_0	$x_1 = x_0 + e_1^d$	$x_2 = x_1 + e_1^d$	$x_t = x_2$
m	x	x_0	$x_1 = x_0 - e_1^m$	$x_2 = x_1$	$x_t = x_1$
p^s	p^d	p_0^d	$p_1^d = p_0^d + e_1^s$	$p_2^d = p_1^d$	$p_t^d = p_1^d$
p^d	p^s	p_0^s	$p_1^s = p_0^s + e_1^d$	$p_2^s = p_1^s$	$p_t^s = p_1^s$
p^s	θ	θ_0	$\theta_1 = \theta_0 + e_1^s$	$\theta_2 = \theta_1$	$\theta_t = \theta_1$

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com relação a choques no preço da cana e no preço médio de açúcar e álcool, seus impactos sobre produção devem ser observados tanto contemporaneamente quanto com defasagem – exceção feita ao efeito do choque no preço de açúcar e álcool sobre a produção, que não deve ser sentido contemporaneamente. Além disso, espera-se que choques no preço da cana tenham impacto contemporâneo sobre o preço de açúcar e álcool e vice-versa. O modelo também permite que choques no preço da cana afetem contemporaneamente a produtividade da lavoura, conforme exposto anteriormente.

Um aspecto importante a ser ressaltado é que, de acordo com o modelo proposto, todos os choques são permanentes. Uma vez ocorrida a variação inesperada, as variáveis endógenas atingem um novo patamar e nele permanecem até que uma nova alteração ocorra.

4.4. Fonte dos dados

Para avaliar o impacto de choques de oferta e de demanda sobre a produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo foram utilizados anuais, abrangendo o período de 1976 a 2006. As séries de preços e de renda foram deflacionadas pelo IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas.

A série de produção de cana-de-açúcar, em toneladas, utilizada foi a divulgada pela UNICA. A área plantada no Estado de São Paulo, em hectares, foi obtida no IBGE e complementada com os dados do Anuário Estatístico do Estado de São Paulo e dos Boletins de Safra do IAA. Já a produtividade agrícola, em ton/ha, foi estimada com a divisão da produção pela área plantada.



O preço da cana-de-açúcar foi representado pela série obtida junto à UNICA, completada com os dados da UDOP para o período em que o método CONSECANA já estava em vigor. O índice que representa o nível de preços domésticos dos produtos finais foi calculado com a média dos preços de açúcar e álcool praticados no mercado interno, ponderados pelas respectivas quantidades produzidas (em cana equivalente²).

Os preços domésticos de açúcar e álcool foram representados pelas médias anuais dos preços mensais divulgados pela UNICA, e – dada a disponibilidade de dados – as séries de produção brasileira de açúcar, de álcool anidro e de álcool hidratado foram utilizadas nos cálculos. Essas séries também são divulgadas pela UNICA e foram completadas com os dados publicados em Szmrecsányi (1989) e Marjotta-Maistro (2002), no caso do açúcar, e em Alves (2002), no caso dos dois tipos de álcool.

A série de exportação foi representada pela quantidade, em cana equivalente, de açúcar e álcool exportada durante o período analisado. As exportações de açúcar e álcool foram recuperadas através do Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior – ALICEWEB para os anos subsequentes a 1989. As séries referentes à exportação de açúcar foram completadas com dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. No caso do álcool, entretanto, não se encontrou dados referentes aos anos anteriores.

A renda doméstica foi representada pelo índice de salário médio na indústria de São Paulo – construído a partir da série de variação anual do referido salário real, publicada pelo IPEA.

5. MODELO ECONÔMICO

A seguir, são apresentadas as séries utilizadas na estimativa do modelo. No Gráfico 1, encontram-se as séries de produção (ys) e de exportação (x). Enquanto a primeira série apresentou uma tendência crescente ao longo de quase todo o período em análise, a segunda se mostrou relativamente estável até 1994 e crescente a partir desse ano.

No Gráfico 2, encontram-se duas das três séries que, por hipótese, geraram os choques de oferta: área plantada (n) e produtividade (q). Já no Gráfico 3, são ilustradas as séries que originaram os choques de demanda: preço de açúcar e álcool (pd) e renda (m) domésticos – além do terceira variável que origina choques de oferta: o preço da cana (ps).

² Os coeficientes utilizados para calcular a quantidade equivalente de cana-de-açúcar foram os mesmos utilizados pelo sistema CONSECANA para calcular o preço da cana:

- Açúcar: 1,0495;
- Álcool hidratado: 1,7409;
- Álcool anidro: 1,8169.



Gráfico 1 – Séries de produção e exportação de cana-de-açúcar

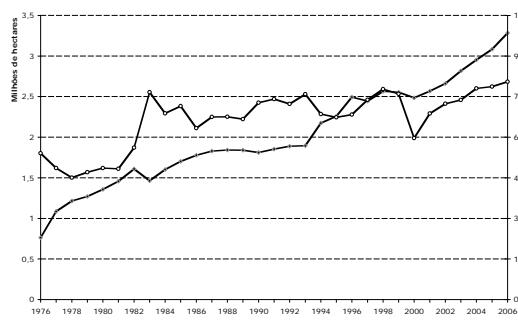


Gráfico 2 – Séries de área plantada e produtividade agrícola da cana-de-açúcar

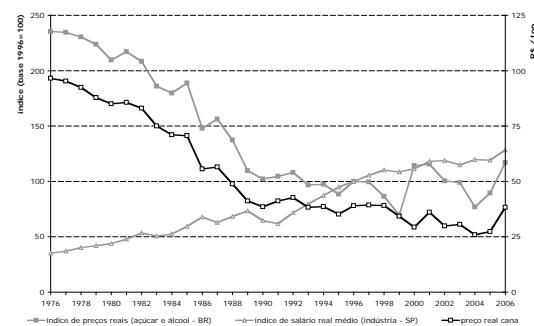


Gráfico 3 – Séries de renda e preços domésticos

Os resultados dos testes de raiz unitária, organizados na Tabela 2, indicaram que todas as séries são I(1). Por esse motivo, o modelo VAR foi ajustado com as variáveis nas primeiras diferenças.

Tabela 2 – Resultados dos testes de raiz unitária

Séries	Defasagens ($p - 2$)	2 raízes unitárias	1 raiz unitária
estatística τ			
n	1	-3,667*	3,007
θ	0	-5,730*	0,923
p^s	0	-4,893*	-1,894
p^d	1	-4,698*	-1,743
x	0	-6,278*	1,651
estatística τ_τ			
m	1	-5,403*	-1,691

* Significativo ao nível de probabilidade de 1%.



O teste de Johansen indicou a existência de dois vetores de cointegração entre as séries – um significativo até o nível de probabilidade 1% e outro até 5% (Tabela 3). Os vetores de cointegração incluídos no modelo estimado encontram-se na Tabela 4. O teste χ^2 indicou que as constantes dentro dos vetores de cointegração eram significativas e, por isso, as mesmas foram mantidas.

Com relação à inclusão de termos deterministas fora do vetor de cointegração, diferentes combinações foram testadas: mudança de tendência em 2000 provocada pelo final do processo de desregulamentação do setor, mudança de tendência em 1994 devido à abertura comercial da economia brasileira, mudança de tendência em 1990 com o fim do Proálcool, mudança de nível em 1983 representando o salto de produtividade, um pulso em 2000 devido à quebra de safra. Entretanto, o melhor ajustamento do modelo ocorreu com inclusão de apenas uma tendência linear (*drift*).

Tabela 3 – Resultados do testes de cointegração

H_0	H_A	$\lambda_{traço}$	Valor-P
$h = 0$	$h > 0$	151,132*	0,000
$h \leq 1$	$h > 1$	80,749**	0,024
$h \leq 2$	$h > 2$	47,045	0,184
$h \leq 3$	$h > 3$	26,401	0,324
$h \leq 4$	$h > 4$	11,433	0,509
$h \leq 5$	$h > 5$	4,117	0,407

* Significativo ao nível de probabilidade de 1%.

** Significativo ao nível de probabilidade de 5%.

Tabela 4 – Parâmetros estimados para os vetores de cointegração

Séries	h_1	h_2
n	7,861	5,279
θ	-1,457	-2,395
p^s	0,808	1,186
p^d	0,274	3,100
x	-0,831	-1,071
m	-2,669	1,538
constante (α_1)	-86,705	-73,323

Conforme pode ser observado na **Tabela 5**, exceto pelo coeficiente estimado para a influência contemporânea do nível de preços de açúcar e álcool (p^d) sobre a exportação do setor sucroalcooleiro (x), os coeficientes apresentaram os sinais esperados. Embora o teste t não seja aplicável com o mesmo rigor que em modelos uniequacionais às estimativas da metodologia VAR, essas estatísticas foram apresentadas para se ter uma idéia da precisão com que os coeficientes foram obtidos.



Deve-se destacar a influência do preço da cana sobre a produtividade e do preço de açúcar e álcool sobre as exportações, cujas estatísticas t (em valor absoluto) foram maior e igual a 2, respectivamente. Não se pode descartar, também, a influência da renda doméstica sobre as exportações.

Tabela 5

Coeficientes estimados para a matriz de relações contemporâneas

Influência de	sobre	Coeficiente estimado	Estatística t
p^s	θ	0,318	2,589
p^d	p^s	0,214	0,015
p^s	p^d	0,273	0,011
n	x	0,612	0,376
θ	x	0,298	0,411
p^s	x	0,558	0,775
p^d	x	-0,841	-2,000
m	x	-1,091	-1,100

Nota: Os sinais dos coeficientes já se encontram na forma em que devem ser analisados.

Apesar da relação negativa entre os preços de açúcar e álcool e as exportações não estar em concordância com o modelo econômico proposto – ver eq. (13) – o resultado obtido não é completamente vazio de significado econômico. Ao contrário: de acordo com o modelo proposto, as exportações são determinadas pelo excesso de oferta no mercado interno e, por isso, o nível doméstico de preços pode ser visto como um indicador de excesso/escassez do produto no mercado interno. Ou seja, um aumento no preço do açúcar e/ou do álcool pode representar também uma escassez relativa (i.e., uma diminuição do excedente exportável) desses produtos – implicando em uma relação inversamente proporcional entre a exportação e o nível doméstico de preços.

A decomposição histórica das variâncias dos erros de previsão, 10 períodos à frente, para as cinco variáveis diretamente relacionadas ao setor sucroalcooleiro – a saber: área (n), produtividade (θ), exportação em cana equivalente (x), preço da cana (p^s) e índice de preço médio de açúcar e álcool (p^d) – são ilustradas, respectivamente, pelos Gráficos 4 a 8. Os resultados corroboram os pressupostos de exogeneidade da área, que teve mais de 93% da variância do erro previsão sendo explicados pela própria série, e de endogeneidade das demais variáveis.

A produtividade foi responsável por 53,32% da variação da própria série, sendo o preço da cana (com 23,62%) a segunda variável mais importante para explicá-la. Cerca de 60,52% da variação da série de preço da cana foram explicados pela própria variável e cerca de 28,13%, pelos preços de açúcar e de álcool. É interessante observar que, durante o período analisado, o preço médio dos produtos finais foi mais importante para explicar a variação do preço da matéria-prima do que vice-versa: o preço da cana



foi responsável por apenas 13,68% da variação do preço médio de açúcar e álcool (com essa última série sendo responsável por 70,9% da própria variação).

Entre as séries analisadas, a de exportação foi a mais endógena: apenas 45,62% de sua variação foi explicada pela própria série. A segunda variável mais importante para explicar a variação do erro de previsão da exportação foi o preço médio de açúcar e álcool no mercado doméstico (20,08%), seguida pelo preço da cana (17,42%) e renda doméstica (12,16%). Variações de área e produtividade não apresentaram um elevado poder explicativo sobre variações da exportação do setor sucroalcooleiro: 2,76% e 1,96%, respectivamente.

As elasticidades-impulso reflexivas – ou seja, as respostas de cada variável do sistema a choques³ ocorridos na própria variável – são apresentadas no Gráfico 9. De maneira geral, observa-se que os efeitos de choques reflexivos no setor sucroalcooleiro tenderam a se dissipar rapidamente, com as variáveis convergindo para um novo patamar de crescimento passados apenas 3 anos da variação inesperada. A produtividade agrícola foi a única variável que apresentou uma resposta mais que proporcional ao efeito do choque: por exemplo, o impacto de um aumento inesperado de 1% no crescimento da produtividade seria sentido também nas safras seguintes, atingindo o pico de 1,3% após um ano e convergindo para 1,15% no longo-prazo. Uma possível explicação para esse comportamento da produtividade são os ganhos associados à curva de aprendizagem: em um primeiro momento, a adoção de variedades mais adaptadas ao clima ou de novas técnicas de cultivo têm um impacto imediato sobre o rendimento da lavoura; entretanto, esses ganhos são maximizados apenas com o passar do tempo, após o domínio das novas práticas.

³ Como o modelo foi estimado nas diferenças, a interpretação dos resultados deve ser feita considerando-se que os choques são variações inesperadas na taxa de crescimento (ou redução).

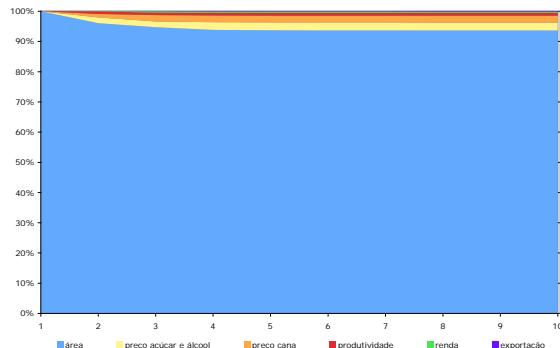


Gráfico 4 – Decomposição da variância dos erros de previsão da área (n)

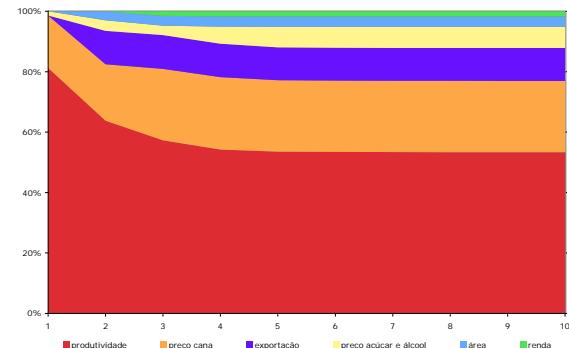


Gráfico 7 – Decomposição da variância dos erros de previsão da produtividade (θ)

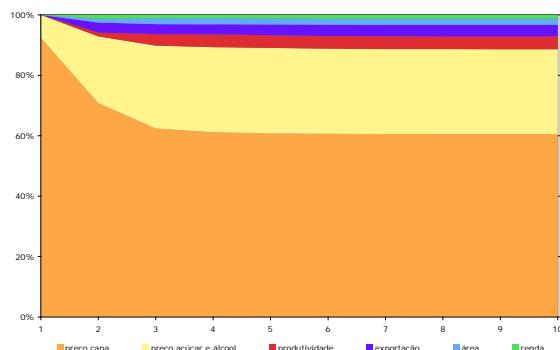


Gráfico 5 – Decomposição da variância dos erros de previsão do preço da cana-de-açúcar (p^s)

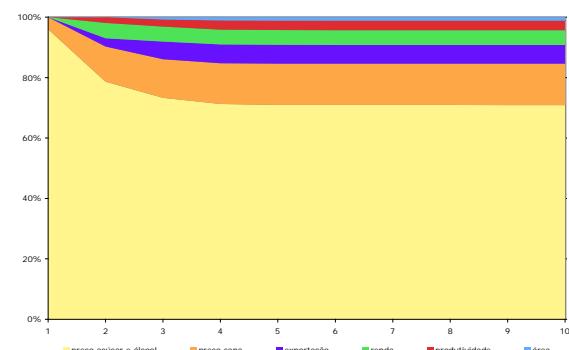


Gráfico 8 – Decomposição da variância dos erros de previsão do preço médio de açúcar e álcool (p^d)

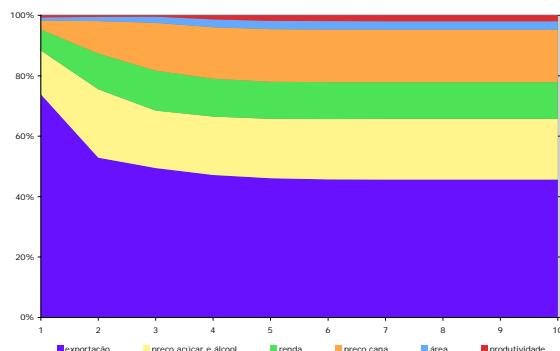


Gráfico 6 – Decomposição da variância dos erros de previsão da exportação (x)

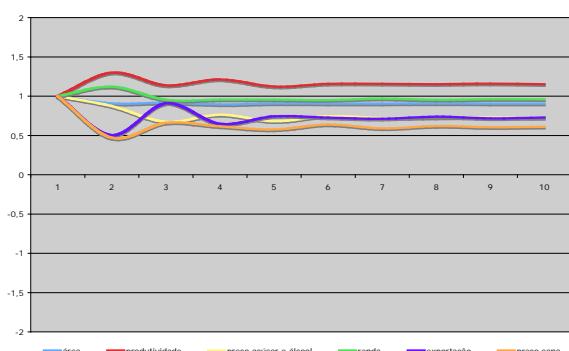


Gráfico 9 – Elasticidade-impulso reflexiva acumulada

O Gráfico 10 ilustra a resposta da taxa de crescimento da área a variações inesperadas na taxa de crescimento das demais variáveis que fazem parte do modelo estimado. Como se pode observar, a área cultivada com cana-de-açúcar no Estado de



São Paulo foi praticamente insensível a choques na produtividade, no preço médio de açúcar e álcool, na renda, na exportação e no preço da cana. Entretanto, observou-se um crescimento expressivo da área durante todo o período analisado. Esse comportamento foi possivelmente motivado pela manutenção de uma rentabilidade relativamente elevada para essa atividade agrícola durante todo o período em que esteve regulamentada.

Diferentemente do que se observou no caso da área, a taxa de crescimento da produtividade apresentou uma resposta geralmente positiva a choques nas demais variáveis (ver Gráfico 11). As elasticidades-impulso acumuladas para choques na exportação, na renda, no preço de médio açúcar e álcool, na área e no preço da cana sobre a área variaram entre 0,11 e 0,25 – indicando que a taxa de crescimento da produtividade foi inelástica a choques nessas variáveis. Choques positivos de demanda (sejam através de aumentos no preço médio de açúcar e álcool, na renda doméstica ou nas exportações) tendem a aumentar a taxa de crescimento do preço da cana recebido pelos produtores – estimulando o uso de técnicas mais dispendiosas que proporcionam ganhos de produtividade. Como se sabe, a cana de 1º corte (ou seja, a cana plantada no ano anterior e que foi colhida pela primeira vez) apresenta uma produtividade maior do que a observada em cortes mais velhos. Essa pode ser a razão pela qual um choque de 1% na área aumentou a taxa de crescimento da produtividade agrícola média do período seguinte em 0,37%. Por outro lado, um choque de 1% no preço da cana provocou um aumento contemporâneo de 0,31% na taxa de crescimento da produtividade – mas que tende a ser reduzido já no período seguinte. Esse resultado pode estar ligado ao fato de que um aumento nos preços tende a intensificar os tratos culturais.

No Gráfico 12 estão representadas as elasticidades-impulso acumuladas de choques na área, na produtividade, na exportação, na renda e no preço médio de açúcar e álcool sobre o preço da cana. Observa-se que a variável que apresentou o maior impacto sobre o preço da matéria-prima foi o preço médio dos produtos finais, cuja elasticidade acumulada foi de 0,4%. Os preços praticados no setor sucroalcooleiro foram, durante muitos anos, administrados pelo Governo. Por esse motivo, provavelmente, os preços se mostraram exógenos a variações na área, na produtividade, na exportação e na renda doméstica. Contudo, para garantir o desenvolvimento do setor, os preços eram fixados em níveis remuneradores tanto para os produtores de cana quanto para os produtores de açúcar e álcool. Logo, havia uma relação contemporânea entre o nível de preços dos produtos finais e da matéria-prima, a qual não pode ser ignorada.

Essa relação também pode ser observada, no sentido oposto, através do Gráfico 13. Um aumento de 1% no crescimento do preço da cana provocou, em média, um aumento contemporâneo de 0,27% no crescimento do preço médio de açúcar e álcool. Choques de exportação também não apresentaram impactos significativos sobre o preço médio de açúcar e álcool no longo-prazo. Nesse caso, os choques de área e de produtividade apresentaram o impacto esperado sobre o nível de preços: as elasticidades impulso acumuladas são, respectivamente, -0,16 e -0,33. Assim como sobre o preço da cana, o choque de renda apresentou um impacto negativo sobre o preço de açúcar e



álcool: um aumento de 1% no crescimento da renda desaceleraria em 0,45% a taxa de crescimento do preço médio dos produtos.

Como se pode observar no Gráfico 14, a exportação foi a variável que apresentou maior sensibilidade a choques nas demais variáveis. De acordo com os resultados estimados, a taxa de crescimento da quantidade exportada de açúcar e álcool, em cana equivalente, foi elástica a variações contemporâneas na taxa de crescimento da renda e a variações na taxa de crescimento do preço da cana no período imediatamente anterior. Por exemplo, caso ocorra um choque de renda de 1% em determinado ano, a taxa de crescimento da exportação do setor sucroalcooleiro se reduz em 1,09% no mesmo ano – mas cresce 0,45% (em comparação ao nível inicial) no ano seguinte, convergindo para uma redução de 0,35% no longo-prazo. Já um choque positivo de 1% na taxa de crescimento do preço da cana provocaria um aumento contemporâneo de 0,42% na taxa de crescimento das exportações, atingindo um pico de 1,4% no ano seguinte e convergindo para aumento de 0,81%.

Todos os resultados apresentados até agora são de suma importância para uma melhor compreensão da dinâmica econômica em que o setor sucroalcooleiro esteve inserido desde 1976. Contudo, busca-se neste trabalho explicar a evolução da produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo através de choques de oferta e demanda. Essa representação não pôde ser observada diretamente através do modelo proposto. Já que a equação 31 – que representa a oferta (ou seja, a produção) de cana – é um modelo aditivo cujas variáveis fazem parte do modelo estimado, o impacto de choques das outras variáveis sobre a produção pode ser obtido somando-se o impacto de tais choques sobre a área e sobre a produtividade. Para permitir uma melhor visualização, essas combinações de resultados são ilustradas no Gráfico 15.

No curto-prazo, a resposta da produção a choques de oferta – sejam eles oriundos da variação da área ou da produtividade – foi bastante semelhante. Um aumento inesperado de 1% na taxa de crescimento da área ou da produtividade, por razões óbvias, aumentou a taxa de crescimento contemporânea da produção em 1%. No ano seguinte, a taxa de crescimento da produção aumentou ainda mais – sendo, em média, 1,26% maior que a observada antes da inovação.

No longo-prazo, entretanto, padrões distintos puderam ser observados. Choques de oferta (área e produtividade) tiveram impactos mais que proporcionais sobre a produção, com elasticidades-impulso acumuladas de 1,14 e 1,09, respectivamente. Por outro lado, choques de preço, tanto da própria cana quanto do açúcar e do álcool, apresentaram impactos menos que proporcionais sobre a produção, com elasticidades-impulso acumuladas convergindo para 0,25 (em ambos os casos). A produção também se mostrou inelástica a choques de demanda (renda doméstica e exportação) – mas, nesse caso, as elasticidades impulso acumuladas foram ainda menores (respectivamente: 0,09 e 0,10).

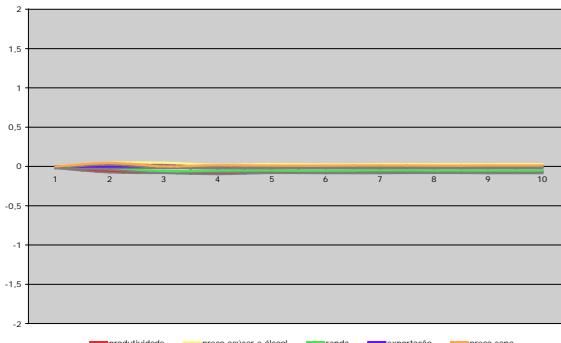


Gráfico 10 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre a área

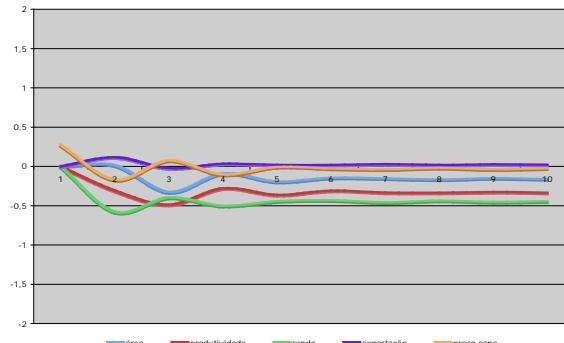


Gráfico 13 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre o preço médio de açúcar e álcool

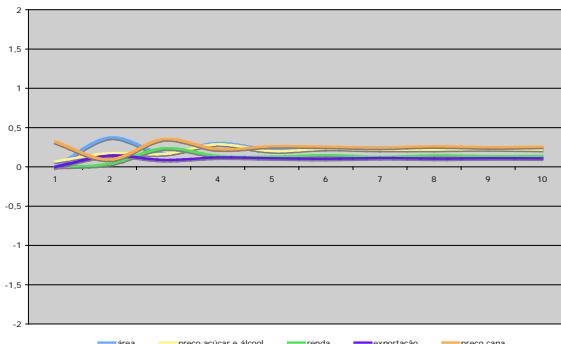


Gráfico 11 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre a produtividade

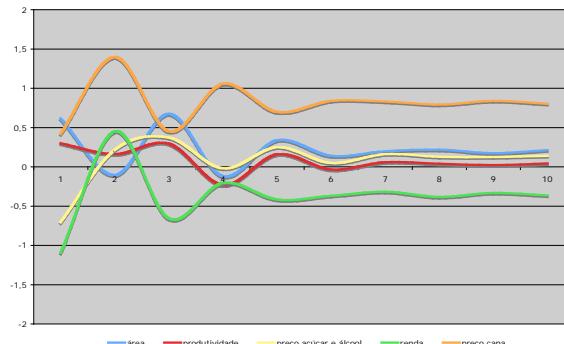


Gráfico 14 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre a exportação

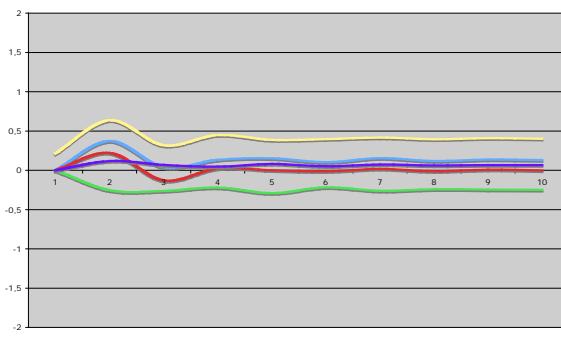


Gráfico 12 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre o preço da cana-de-açúcar

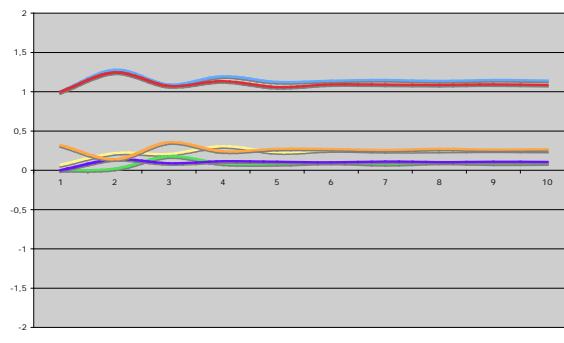


Gráfico 15 – Elasticidade-impulso acumulada sobre a produção



6. CONCLUSÕES

A análise da dinâmica econômica observada no setor sucroalcooleiro entre 1976 e 2006 evidenciou que a evolução da área cultivada com a cana-de-açúcar no Estado de São Paulo não pode ser explicada por choques de oferta (representados pela produtividade e pelo preço da cana) nem por choques de demanda (renda doméstica, preço médio de açúcar e álcool e exportação). No período em que o setor era regulamentado, o significativo crescimento da área pode ser decorrente dos níveis de preços remuneradores que foram estabelecidos pelo Estado: como os preços eram definidos tomando-se como base custos médios de produção, os produtores mais eficientes foram estimulados a expandir a produção – o que ocorre, inicialmente, através do aumento da área cultivada. Após a liberalização do setor, a continuidade desse crescimento pode ser atribuída à ocorrência de condições favoráveis nos mercados interno e externo com a expectativa de consolidação de um mercado internacional para o etanol.

Por outro lado, mais de 40% da variação histórica da produtividade se deve às outras variáveis, com destaque para o preço da cana. Já que a produção de cana-de-açúcar pode ser representada pela multiplicação da área cultivada e da produtividade da terra, as variáveis mais importantes para explicar a evolução da produção são as mais importantes para explicar a evolução da área e da produtividade. Assim, pode-se concluir que o preço da cana foi a variável de maior importância para explicar o crescimento da produção – haja visto seu expressivo efeito sobre a produtividade. Os choques de oferta predominaram ao longo do período analisado, conduzindo a evolução recente da produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo aos níveis atuais.

De maneira geral, os resultados estimados com o modelo econômico proposto foram satisfatórios e apresentaram os sinais esperados. A baixa magnitude estimada para as elasticidades-impulso, em muitos casos, pode ser explicada pela intensa regulação estatal que pairou durante muitos anos sobre o setor sucroalcooleiro. Embora o processo de desregulamentação no Brasil tenha sido completado em 1999, o impacto estimado para a maior parte dos choques sobre a produtividade, sobre o preço médio de açúcar e álcool, sobre as exportações e sobre a produção foram permanentes – o que quer dizer que os efeitos de choques ocorridos sobre tais variáveis no passado podem ser observáveis ainda hoje.

A constatação de que as variações do preço da cana-de-açúcar foram menos importantes para explicar as variações do preço médio de açúcar e álcool do que o contrário, pode estar refletindo a adoção do modelo CONSECANA para precificação da matéria-prima nos últimos anos. Durante o período de intervenção estatal, o governo fixava tanto o preço da cana quanto o preço do açúcar e do álcool. Nesse contexto, esperar-se-ia que o poder de explicação recíproco fosse equivalente. Com o CONSECANA, o preço da cana é determinado com base nos preços praticados nos mercados de açúcar e álcool e, por isso, esperar-se-ia uma relação causal apenas dos produtos finais para a matéria-prima. O resultado obtido pode ser visto como uma média de tais efeitos, ponderada pelo período em que cada conjuntura esteve vigente.



REFERÊNCIAS

ALVES, L.R.A. **A reestruturação da cotonicultura no Brasil:** fatores econômicos, institucionais e tecnológicos. 2006. 122 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BLACHARD, O.J.; QUAH, D. The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances. **The American Economic Review**, New York, v. 39, n. 4, p. 665-673, Sep. 1989.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. Superintendência Técnica. **Balanço e perspectivas da agropecuária brasileira:** 2007 e 2008. Disponível em: <<http://www.cna.org.br>>. Acesso em: 10 mar. 2008.

COSTA, C.C. da. **Formação de preços de açúcar e álcool combustível anidro e hidratado no Estado de São Paulo.** 2000. 104 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

DICKEY, D.A.; PANTULA, S.G. Determining the order of differencing in autoregressive processes. **Journal of Business and Economic Statistics**, Alexandria, v. 5, n. 4, p. 455-461, Oct. 1987.

MARIANTE, A. **Apoio do BNDES ao setor de biocombustíveis.** Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 16 out. 2007. Disponível em: <http://www.bnDES.gov.br/empresa/download/apresentacoes/mariante_biocombustiveis.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2008.

MARJOTTA-MAISTRO, M.C. **Ajustes nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação.** 2002. 197 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MATEUS, A.M. **Vulnerabilidade, choques e ajustamentos numa pequena economia aberta.** Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2007. Disponível em: <<http://docentes.fe.unl.pt/~amateus/publicacoes/choques.pdf>>. Acesso: 30 abr. 2007.

McCANDLESS, G.T. Jr.; WALLACE, N. **Introduction to dynamic macroeconomic theory:** an overlapping generations approach. Cambridge: Harvard University, 1995.

SPOLADOR, H.F.S. **Impactos dinâmicos dos choques de oferta e demanda sobre a agricultura brasileira.** 2006. 108 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.