

# FORMAÇÃO DE PREÇOS NO SETOR SUCROALCOOLEIRO DA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL: RELAÇÃO COM O MERCADO DE COMBUSTÍVEL FÓSSIL

Mirian Rumenos Piedade Bacchi\*

**Resumo:** Neste estudo tem-se como objetivo a construção e estimação de um modelo analítico que explique o comportamento dos preços dos produtos do setor sucroalcooleiro considerando a inter-relação existente entre esse setor e o de combustível fóssil em período recente, no qual o álcool hidratado é tido como substituto da gasolina C. A metodologia utilizada é a de Auto-Regressão Vetorial, sendo consideradas na definição do modelo estatístico as propriedades de integração e co-integração das séries temporais utilizadas. Os resultados obtidos nos testes de integração de Dickey-Fuller e de co-integração de Johansen apontavam para a necessidade de se construir um modelo de Auto-Regressão Vetorial com Correção de Erro – VEC. Os resultados apontam que as variações do preço da gasolina C ao consumidor têm efeito imediato e de grande magnitude sobre o preço do álcool hidratado neste mesmo segmento de mercado, indicando elevado grau de substituíbilidade do primeiro produto pelo segundo. Apontam ainda que as variações no preço do álcool anidro ao produtor têm impacto significativo tanto no preço do álcool hidratado ao produtor quanto no preço do álcool hidratado ao consumidor, com um mês de defasagem neste último caso. As variações dos preços de açúcar no mercado doméstico, produto que tem sido considerado o carro chefe do setor sucroalcooleiro, são transmitidas para os demais produtos do setor. No entanto, as elasticidades são de pequena magnitude. Da mesma forma, não se observou efeito significativo de variações de preço de álcool sobre o de açúcar no segmento produtor.

**Palavras-chave:** *commodities* agrícolas, açúcar, álcool, combustível.

**Abstract:** The objective of this study is the construction and estimation of an analytical model which is able to explain the behavior of prices of products from the sugar and alcohol industries, taking into account the recent interrelationship observed between these sectors and the fossil fuel products when the hydrated alcohol has been considered a substitute for the C-gasoline. The methodology used is the Vector Auto-Regression Analysis and for the definition of the statistical model it is taken into account the integration and co-integration properties of the used time series. The results obtained with the Dickey-Fuller unit root tests and of co-integration of Johansen pointed to the need of the construction of a Vector Auto-Regression model with error correction – VEC. The results show that variations in the C-gasoline price for the retail segment present an immediate and high effect on the price of the hydrated alcohol for the retail segment, indicating a high degree of substitutability of the first product by the second one. The results also indicate that the variations in the price of the anhydrous alcohol for the producer present significant impacts in the price of the hydrated alcohol for the producer and retail segment, with a time lag of one month in the second case. The price variations of sugar in the domestic market are passed through the other products of the sector. However the elasticities are low. Also, it was not observed a significant effect of variations in the price of alcohol on the sugar price for the producer segment.

**Palavras-chave:** agricultural *commodities*, sugar, alcohol, fuel.

**Classificação JEL – Q11, Q13, C32.**

**Área – 10 Economia Agrícola e do Meio Ambiente**

---

\* Professora do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ/USP.

## 1. Introdução

Neste trabalho tem-se como objetivo a construção e estimação de um modelo analítico que explique o comportamento dos preços dos produtos do setor sucroalcooleiro considerando a inter-relação existente entre esse setor e o de combustível fóssil. É importante que se implemente essa proposta em função da liberalização gradual do mercado de combustível iniciada em 1991 e efetivada de forma completa nos dias de hoje<sup>1</sup>. Espera-se, dessa forma, que as variações dos preços nesse mercado e os impactos dessas variações sobre os preços dos produtos do setor sucroalcooleiro sejam agora maiores do que as que ocorriam na época em que o mercado de combustível encontrava-se sob controle estatal.

Estudos sobre o mercado de açúcar e álcool utilizando métodos quantitativos são escassos na literatura brasileira em função da regulamentação existente no setor até período recente, e da conseqüente indisponibilidade de séries históricas suficientemente longas para período de livre mercado. As séries de tempo disponíveis impossibilitavam a identificação de um padrão sistemático do comportamento dos preços e impedia a realização de estudos que tivessem como objetivo a obtenção de estimativas de parâmetros que seriam utilizados em análises prospectivas para um período de preços liberados. Alguns estudos feitos para a análise do mercado de produtos do setor sucroalcooleiro utilizaram séries mistas que incluíam período regulamentado e liberado, o que comprometia, de certa forma, os resultados obtidos. Atualmente, já se dispõe de séries históricas para preços de produtos dos setores sucroalcooleiro e de combustível, de forma que estudos que busquem estabelecer o grau de relacionamento entre essas variáveis podem ser implementados.

## 2. Revisão Bibliográfica

Entre os estudos sobre preços dos produtos do setor sucroalcooleiro, os mais freqüentes tratam da transmissão entre os do mercado doméstico e internacional de açúcar. Nesse contexto, tem-se o trabalho de Sampaio & Lima (1999a) que utilizaram um modelo dinâmico ajustado com dados mensais de 1981 a 1995. Em outro estudo proposto para verificar as fontes de formação dos preços no mercado doméstico, Sampaio & Lima (1999b) usaram uma função de transferência para avaliar o impacto de variação do preço internacional sobre o doméstico. Silveira (2004) também analisou a relação existente entre os mercados interno e internacional de açúcar.

Costa (2001) utilizou um modelo de comercialização para estudar o processo de transmissão de preços entre os produtos do setor sucroalcooleiro no qual foram considerados três níveis de mercado no caso do açúcar cristal empacotado para uso doméstico e dois níveis no caso do açúcar refinado, uma vez que para esse último produto o mercado atacadista é inexistente. A autora, para o modelo proposto para o açúcar cristal, considerou que nos segmentos produtor e atacado os preços ajustam-se continuamente de acordo com o excesso de demanda. No varejo, os preços formam-se por política de *markup*, com base no preço ao atacado e nos custos de comercialização. No modelo proposto para o mercado de açúcar refinado, ela pressupôs que os preços ao produtor e ao varejo são formados da mesma maneira que no caso do açúcar cristal – por *markup* (considerando o processo de

---

<sup>1</sup>Vigora no Brasil, desde janeiro de 2002, regime de liberdade de preços em toda a cadeia de produção e comercialização de combustíveis – refino, distribuição e revenda ao consumidor. Até a publicação da Lei 9.478/97 (Lei do Petróleo), que regulamentou a abertura do setor de petróleo e gás natural e criou a ANP, os preços dos combustíveis no Brasil eram fixados por atos do Ministério da Fazenda. Durante o período de transição para a liberação dos preços, prevista no artigo 69 da Lei do Petróleo, que vigorou da data da sua publicação até 31/12/2001, os preços dos combustíveis passaram a ser definidos por Portarias Interministeriais, em atos conjuntos dos ministérios da Fazenda e de Minas e Energia (artigo 69 da Lei 9.478).

defasagem distribuída), e no caso do segmento produtor, por excesso de demanda. Para os mercados de álcool hidratado e anidro foram considerados apenas dois níveis de mercado. Deve-se chamar a atenção para o fato da autora ter utilizado em sua análise séries de dados de período no qual os preços de álcool ainda eram regulado.

Alves & Bacchi (2003) buscaram analisar o processo de formação de preço do açúcar cristal empacotado ao varejo da Região Centro-Sul do Brasil (utilizando dados do período de maio de 1998 a dezembro de 2002), considerando os diversos segmentos que compõe a sua cadeia de comercialização.

Marjotta-Maistro (2002) desenvolveu um estudo com o objetivo de analisar e caracterizar o mercado de combustíveis para um período no qual os preços eram parcialmente liberados, correspondendo aos anos de 1995 a 2000. A autora estimou dois modelos: Modelo de Ajuste pelo Preço e Modelo de Ajuste pela Quantidade. Os resultados permitiram concluir que os preços foram pouco eficazes para influenciar alterações nas quantidades consumidas dos combustíveis; que as variações de demanda tendiam a ser atendidas sem grandes alterações nos preços da gasolina e dos seus componentes; que os ajustes de preços ao atacado da gasolina C e da gasolina A eram repassados ao varejo parcialmente; que o governo tendia a absorver os choques externos de preços não os repassando imediatamente ao varejo. Assim, os resultados da pesquisa refletiram setores ainda operando sob a égide do Estado, que controlava suas operações, sem atender à lógica econômica.

Outros estudos relacionados ao mercado de combustíveis também podem ser encontrados na literatura nacional. Conforme ressalta Moreira (1996), esses trabalhos procuram de maneira geral, relacionar o consumo dos derivados de petróleo com o comportamento de variáveis macroeconômicas; encontrar as determinantes do consumo; estudar as características do setor de transportes e explicar o consumo regional. Entre esses estudos pode-se citar o de Assis & Lopes (1980), o de Barros & Ferreira (1982), o de Ramos (1984), o de Caldas (1988), e o de Souza (1997).

O estudo conduzido por Sordi (1997) pode ser caracterizado como um trabalho pioneiro na literatura nacional sobre o mercado de combustível. O autor centrou sua análise em um mercado pouco estudado empiricamente até então - o de álcool hidratado carburante. O autor baseou sua análise em dois modelos de demanda, um considerando a oferta endógena e outro considerando a oferta exógena, para estimar as elasticidades-preço e renda da demanda. Os modelos foram ajustados com dados mensais de janeiro de 1980 a dezembro de 1995. As variáveis consideradas foram: demanda total de álcool hidratado, preço do álcool hidratado ao consumidor, renda, frota de veículos movidos a álcool, razão dos preços do álcool hidratado e da gasolina ao consumidor, preço da cana-de-açúcar, preço do álcool hidratado ao produtor, preço do açúcar no mercado interno, preço do açúcar no mercado internacional e preço do petróleo no mercado internacional.

Brown (1980) analisou a utilização do álcool como substituto para os produtos derivados de petróleo. Partindo de diferentes hipóteses quanto ao crescimento econômico, grau de racionalização no consumo dos derivados de petróleo, produção de etanol, produção nacional de petróleo e preço do barril de petróleo, o autor projetou a demanda dos derivados de petróleo e investigou formas alternativas de suprir essa demanda através do uso do álcool.

Os estudos feitos no âmbito internacional sobre o mercado de álcool combustível tratam quase que exclusivamente da análise da viabilidade de se usar um combustível menos poluente produzido a partir de biomassa (combustíveis renováveis) em substituição aos fósseis. Entre esses estudos pode-se citar o de Rask (1998) para o mercado norte americano.

### **3. Modelo econômico definido.**

A inter-relação entre os mercados de combustíveis fósseis, representado no estudo pelo de gasolina C, e de combustíveis renováveis, álcool anidro e hidratado (produtos do setor sucroalcooleiro), foi feita considerando que o álcool hidratado é um produto substituto da gasolina C. A proposta fundamenta-se na existência de veículos *flex*, que utilizam, para o abastecimento, tanto o álcool hidratado como a gasolina C, e na demanda por álcool hidratado que é utilizado numa mistura não convencional formada por álcool hidratado e gasolina C na frota de carros movidos à gasolina (em

proporções onde a participação de álcool é de até 50%). Essa mistura é popularmente conhecida como “rabo de galo”.

Um modelo teórico para o mercado de álcool hidratado carburante, fundamentado nos modelos de comercialização proposto por Heien (1975) e Barros (1990), foi definido considerando que existem dois níveis de mercado para esse produto: varejo e produtor. Essa pressuposição é estabelecida em decorrência do limitado número de observações da amostra, definida de forma a incluir somente dados do período em que o álcool hidratado passa a ter algum grau de substituíbilidade com a gasolina C. Dessa forma, por problemas de graus de liberdade, optou-se por considerar na análise só os segmentos produtor e varejista.

Nos modelos de Heien (1975) e Barros (1990), pressupõe-se que os agentes do mercado varejista de álcool hidratado operam de acordo com uma função do tipo Leontief:

$$V = \min \left\{ \frac{P}{b_1}, \frac{Z}{b_2} \right\} \quad (1)$$

onde  $V$  e  $P$  referem-se, respectivamente, ao produto no varejo e no segmento produtor, respectivamente,  $Z$  é a quantidade de insumos de comercialização usada no varejo e,  $b_1$  e  $b_2$  são coeficientes técnicos.

A demanda ao varejo ( $V_t^d$ ) é uma função linear do preço ao varejo ( $v_t$ ), do preço de gasolina C ( $s_t$ ) e da renda do consumidor ( $R_t$ ), podendo ser expressa por:

$$V_t^d = \theta_0 + \theta_1 v_t + \theta_2 R_t + \theta_3 s_t \quad (2)$$

Assumindo-se retornos constantes à escala, a função de custo das firmas varejistas é:

$$C = f(p, z) V^s \quad (3)$$

onde  $p$  é o preço do álcool hidratado ao produtor,  $z$  é o preço do insumo de comercialização usado no varejo e  $V^s$  é a quantidade ofertada no varejo.

A função de custo marginal é:

$$\frac{dC}{dV^s} = g(p, z) \quad (4)$$

Em condições competitivas, o agente maximiza lucro igualando o custo marginal ao preço, ou seja:

$$v = h(p, z) \quad (5)$$

A função de Leontief conduz à seguinte demanda por insumo:

$$Z = b_2 V \quad (6)$$

A função de custo é dada por:

$$C = (b_1 p + b_2 z) V^s \quad (7)$$

e a de custo marginal por:

$$Cmg = (b_1p + b_2z) \quad (8)$$

O preço no varejo pode ser, então, expresso pela seguinte relação:

$$v_t^* = b_1p_t + b_2z_t \quad (9)$$

onde o asterisco indica que esse preço é considerado como uma meta a ser atingida no longo prazo. Considerando o modelo de defasagem distribuída, pode-se escrever:

$$v_t - v_{t-1} = \sigma (v_t^* - v_{t-1}) \quad (10)$$

Substituindo (9) em (10) tem-se:

$$v_t - v_{t-1} = \sigma (b_1p_t + b_2z_t - v_{t-1}) \quad (11)$$

ou

$$v_t = \sigma b_1 p_t + \sigma b_2 z_t + (1 - \sigma) v_{t-1} \quad (12)$$

com  $0 < \sigma < 1$  e  $b_1$  e  $b_2$  positivos.

A demanda ao produtor é igual à demanda do varejo do período anterior, ou seja:

$$P_t^d = b_1 V_{t-1}^d \quad (13)$$

A oferta ao produtor é dada por

$$P_t^s = \phi_0 + \phi_1 p_t + \phi_2 pa\check{c}i_t + \phi_3 pa\check{c}e_t + \phi_4 paa_t \quad (14)$$

na qual  $p$  é o preço do álcool hidratado ao produtor,  $pa\check{c}i$  é o preço do açúcar no mercado interno,  $pa\check{c}e$  é o preço do açúcar no mercado externo e  $paa$  é o preço do álcool anidro ao produtor.

O preço ao produtor se forma por excesso de demanda, podendo-se escrever:

$$p_t - p_{t-1} = \delta (P_t^d - P_t^s) \quad (15)$$

ou, substituindo (13) e (14) em (15):

$$p_t - p_{t-1} = \delta (b_1 V_{t-1}^d - (\phi_0 + \phi_1 p_t + \phi_2 pa\check{c}i_t + \phi_3 pa\check{c}e_t + \phi_4 paa_t)) \quad (16)$$

Substituindo (2) em (16) tem-se :

$$p_t - p_{t-1} = \delta [b_1(\theta_0 + \theta_1 v_{t-1} + \theta_2 R_{t-1} + \theta_3 s_{t-1}) - (\phi_0 + \phi_1 p_t + \phi_2 pa\check{c}i_t + \phi_3 pa\check{c}e_t + \phi_4 paa_t)] \quad (17)$$

e, re-arranjando os termos:

$$p_t = \delta b_1 \theta_0 - \delta \phi_0 + \delta \theta_1 v_{t-1} + \delta \theta_2 R_{t-1} + \delta \theta_3 s_{t-1} - \delta \phi_2 pa\check{c}i_t - \delta \phi_3 pa\check{c}e_t - \delta \phi_4 paa_t + p_{t-1} \quad (18)$$

tem-se

$$0 < \delta < 1, \theta_1 < 0, \theta_2 > 0, \theta_3 > 0, \phi_1 > 0, \phi_2 < 0, \phi_3 < 0 \text{ e } \phi_4 < 0$$

Dessa forma, as equações (12) e (18) compõem o modelo estimado pela metodologia VAR.

Como a hipótese de formação de preço no segmento varejista utilizando uma política de *markup* pode não ser a mais indicada para o mercado de álcool combustível, propõe-se o ajustamento de um modelo alternativo no qual se considera que tanto o preço ao varejo como ao produtor se formam por excesso de demanda. O segmento varejista, no caso do álcool, é também especializado em poucos produtos, o que torna possível aos agentes acompanhar o mercado de todos eles e precedente pressupor, para esse segmento de mercado, um processo de formação de preço por excesso de demanda, assim como para o produtor.

Nesse caso, para o segmento ao produtor, a demanda e oferta seriam as representadas pelas equações (13) e (14). Considerando que o preço ao produtor forma-se por excesso de demanda, pode-se representá-lo por (18).

A demanda ao varejo ( $V_t^d$ ) é expressa pela equação (2). A oferta ao varejo é igual à oferta ao produtor do período anterior, podendo-se escrever:

$$P_t^v = P_{t-1}^s = \phi_0 + \phi_1 p_{t-1} + \phi_2 pa\zeta i_{t-1} + \phi_3 pa\zeta e_{t-1} + \phi_4 pa a_{t-1} \quad (19)$$

Como o preço se forma por excesso de demanda tem-se:

$$v_t - v_{t-1} = \lambda (V_t^d - V_t^s) \quad (20)$$

e

$$v_t - \lambda \theta v_t = \lambda(\theta_0 - \phi_0) + \lambda \theta_2 R_t + \lambda \theta_3 s_t - \lambda \phi_1 p_{t-1} - \lambda \phi_2 pa\zeta i_{t-1} - \lambda \phi_3 pa\zeta e_{t-1} - \lambda \phi_4 pa a_{t-1} + v_{t-1} \quad (21)$$

ou

$$(1 - \lambda \theta) v_t = \lambda(\theta_0 - \phi_0) + \lambda \theta_2 R_t + \lambda \theta_3 s_t - \lambda \phi_1 p_{t-1} - \lambda \phi_2 pa\zeta i_{t-1} - \lambda \phi_3 pa\zeta e_{t-1} - \lambda \phi_4 pa a_{t-1} + v_{t-1} \quad (22)$$

ou, ainda,

$$v_t = \frac{\lambda(\theta_0 - \phi_0)}{(1 - \lambda \theta)} + \frac{\lambda \theta_2}{(1 - \lambda \theta)} R_t + \frac{\lambda \theta_3}{(1 - \lambda \theta)} s_t - \frac{\lambda \phi_1}{(1 - \lambda \theta)} p_{t-1} - \frac{\lambda \phi_2}{(1 - \lambda \theta)} pa\zeta i_{t-1} - \frac{\lambda \phi_3}{(1 - \lambda \theta)} pa\zeta e_{t-1} - \frac{\lambda \phi_4}{(1 - \lambda \theta)} pa a_{t-1} + \frac{1}{(1 - \lambda \theta)} v_{t-1} \quad (23)$$

Nesse caso, as equações (18) e (23) formam o sistema a ser estimado, que leva a matriz de relações contemporâneas representada no Quadro 1.

#### 4. Procedimentos Metodológicos

Os efeitos dinâmicos de alterações nas variáveis incluídas nos modelos são estudados através de Análise de Auto-Regressão Vetorial (VAR). Essa metodologia é considerada instrumento bastante eficaz para estimar modelos que envolvem inter-relações complexas de variáveis. O uso da metodologia VAR permite a obtenção de elasticidades de impulso para  $k$  períodos à frente. Essas elasticidades de impulso possibilitam a avaliação do comportamento das variáveis em resposta a choques (inovações) individuais em quaisquer dos componentes do sistema, podendo-se assim

analisar, através de simulação, efeitos de eventos que tenham alguma probabilidade de ocorrer<sup>2</sup>. A metodologia VAR permite também a decomposição da variância dos erros de previsão,  $k$  períodos a frente, em percentagens a serem atribuídas a cada variável componente do sistema, podendo-se assim aferir o poder explanatório de cada variável sobre as demais.

	p. álcool produtor	p.álcool varejo	p.álcool anidro produtor	p. açúcar mercado interno produtor	p. açúcar mercado externo produtor	p. gasolina varejo	renda
p. álcool hid. Produtor	1	0	1	1	1	0	0
p. álcool hid. var.	0	1	0	0	0	1	1
p. álcool anid.prod.	0	0	1	0	0	0	0
p. açúcar merc. int. produtor	0	0	0	1	0	0	0
p. açúcar mer. ext. produtor	0	0	0	0	1	0	0
p. gasolina varejo	0	0	0	0	0	1	0
renda	0	0	0	0	0	0	1

**Quadro 1. Relações contemporâneas estabelecidas pelo modelo teórico proposto.**

Com o desenvolvimento da abordagem estrutural para o modelo VAR, tornou-se possível analisar as relações contemporâneas entre as variáveis, que são estabelecidas com base na teoria econômica (Bernanke, 1896; Hamilton, 1994). Dessa forma é necessário desenvolver modelo teórico que conduza a hipóteses que fundamentem as restrições a serem impostas nas relações contemporâneas entre as variáveis, de forma a se obter identificação no modelo empírico<sup>3</sup>.

Um modelo VAR estrutural pode ser representado por:

$$\mathbf{B}(L)\mathbf{y}_t = \mathbf{e}_t \quad (24)$$

onde  $\mathbf{B}(L)$  é um polinômio em  $L$  ( $\mathbf{B}_0 + \mathbf{B}_1L + \mathbf{B}_2L^2 + \dots + \mathbf{B}_pL^p$ ) com  $L$  sendo o operador de defasagem tal que  $L^j y_t = y_{t-j}$  para  $j$  inteiro,  $\mathbf{y}_t$  é um vetor com variáveis de interesse como: preço de açúcar, preço de álcool, preço de gasolina, renda *per capita*, etc.;  $\mathbf{B}_j$  são matrizes ( $n \times n$ ) para qualquer  $j$ , com  $\mathbf{B}_0$  sendo a matriz de relações contemporâneas e  $\mathbf{e}_t$  é um vetor  $n \times 1$  de choques ortogonais. Além de se considerar que os componentes de  $\mathbf{e}_t$  são não correlacionados serialmente, adota-se a suposição de que eles não têm causa comum, tratando-os como mutuamente não correlacionados, de tal forma que  $E(\mathbf{e}_t \mathbf{e}_t') = \mathbf{D}$ .

Para fins de estimação, pré multiplica-se (24) por  $\mathbf{B}_0^{-1}$  e obtém-se a forma reduzida:

<sup>2</sup> A simulação baseada na função impulso-resposta do VAR provê um mecanismo para estimar respostas a choques sem manter a pressuposição de condições *ceteris paribus* para as outras variáveis do modelo.

<sup>3</sup> Discussão de condições para a identificação de modelos é apresentada em Harvey, 1990 e Hamilton, 1994.

$$\mathbf{A}(L)\mathbf{y}_t = \mathbf{u}_t \quad (25)$$

onde  $\mathbf{A}(L) = \mathbf{B}_0^{-1}\mathbf{B}(L)$ ,  $\mathbf{A}_0 = \mathbf{I}_n$  e  $\mathbf{u}_t = \mathbf{B}_0^{-1}\mathbf{e}_t$

A matriz de covariância dos resíduos é:

$$\mathbf{\Omega} = \mathbf{B}_0^{-1}\mathbf{D}\mathbf{B}_0^{-1}, \quad (26)$$

O procedimento de Bnanke, incluído no programa RATS - Regression Analysis of Time Series, estima, através da maximização do logaritmo da função de verossimilhança condicionada em  $\hat{\mathbf{\Omega}}$ , sob a pressuposição de normalidade dos resíduos, os coeficientes de  $\mathbf{B}_0$  e  $\mathbf{D}$ . Na estimação impõe-se a restrição de que a matriz de relações contemporâneas tenha apenas 1s na diagonal principal, sendo fixado em zero todos os coeficientes que não forem considerados livres.

Se o processo é estacionário, a equação (25) pode ser escrita na forma de média móvel<sup>4</sup>.

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{C}(L)\mathbf{u}_t \quad (27)$$

onde  $\mathbf{C}(L)$ , que é estimado conhecendo-se  $\mathbf{A}(L)$ , é um polinômio de ordem infinita de matrizes  $\mathbf{C}_j$ .

Escrevendo a equação (27) em termos de  $\mathbf{e}_t$  tem-se

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{C}(L)\mathbf{B}_0^{-1}\mathbf{e}_t \quad (28)$$

que pode ser usada para analisar a intensidade e o perfil temporal dos impulsos (efeitos dos choques ortogonais) e a decomposição da variância do erro de previsão, isto é, a importância de cada variável em termos da capacidade de explicar a variância dos erros das demais.

Supondo-se agora que cada série do vetor  $\mathbf{y}_t$  seja integrada de ordem  $d - I(d)$ , ou seja, seja não estacionária devido à presença de raiz unitária (tendência estocástica), então um VAR nas diferenças deve ser estimado. O VAR nas diferenças pode assim ser representado:

$$\mathbf{A}^*(L)(1-L)\mathbf{y}_t = \mathbf{u}_t \quad (29)$$

onde  $\mathbf{A}^*(L) = \mathbf{I} + \mathbf{A}_1^*L + \dots + \mathbf{A}_{p-1}^*L^{p-1}$  e  $\mathbf{A}_j^* = -\sum_{j=i+1}^p \mathbf{A}_j$ .

Estimando-se o modelo (26) quando os dados são gerados pelo modelo (29), pode-se ter sérias consequências para as propriedades estatísticas dos estimadores e testes estatísticos, como demonstrado na literatura sobre "regressões espúrias" (ver Hamilton, 1994). Além disso, se o processo for não estacionário, o modelo auto-regressivo não pode ser representado na forma de média móvel, o que impossibilita as simulações baseadas nas funções de impulso-resposta do VAR.

Se existir co-integração entre as variáveis, a equação (29) deve ser escrita como<sup>5</sup>:

$$\mathbf{A}^*(L)(1-L)\mathbf{y}_t = \lambda \mathbf{z}_{t-1} + \mathbf{u}_t \quad (30)$$

<sup>4</sup> Condição de estacionariedade é discutida em Lütkepohl (1991).

<sup>5</sup> Conforme definem Engle & Granger (1987), componentes de um vetor  $\mathbf{y}_t$  são considerados co-integrados de ordem  $d, b$ , denotado por  $\mathbf{y}_t \sim CI(d, b)$ , se: (1) todos os componentes são  $I(d)$ ; (2) existe um vetor  $\beta \neq 0$  tal que  $\mathbf{z}_t = \beta' \mathbf{y}_t$  é  $I(d-b)$ ,  $b > 0$ . No caso em que  $d = b = 1$ , todos os componentes do vetor  $\mathbf{y}_t$  são  $I(1)$  e existe uma combinação linear desses componentes que é  $I(0)$ , ou seja, estacionária.



onde  $\lambda$  é uma matriz  $n \times r$ , com  $r$  sendo o número de relações de co-integração. Essa equação representa um modelo de "correção de erro".

Diversos estudos tratam de estabelecer procedimentos para determinar a ordem de integração de uma variável (número de raízes unitárias)<sup>6</sup>. Dentre os procedimentos para testar uma raiz unitária, os de Fuller (1976) (complementados pelos de Dickey & Fuller, 1979 e 1981) (para uma raiz) têm sido bastante utilizados. As estatísticas  $\tau_\tau, \tau_\mu$  e  $\tau$  de Fuller (1976), correspondem ao teste  $t$  para a estimativa do coeficiente da variável  $Y_{t-1}$  da equação (31), respectivamente para os casos: (i) com constante e com tendência, (ii) apenas com constante e (iii) sem tendência e sem constante. Dickey & Fuller (1979 e 1981) obtiveram também as distribuições para as estatísticas  $F_s - \phi_1, \phi_2$  e  $\phi_3$  para conjuntos de coeficientes da equação (31).

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \left( \sum_{i=1}^p p_i - 1 \right) Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \lambda_i \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (31)$$

onde  $\lambda_i = - \sum_{j=i+1}^p \rho_j$ , sendo  $p$  a ordem do modelo auto-regressivo que descreve o comportamento da série temporal. Os testes de AIC (AKAIKE Information Criterion) e SC (SCHWARZ Criterion) numa versão uni-equacional podem ser utilizados para a determinação do valor de  $p$ , de forma a se obter resíduos não correlacionados (Lütkepohl, 1991).

O teste de co-integração e a estimativa dos vetores de co-integração podem ser feitos utilizando-se a metodologia de Johansen (1988). O procedimento de Johansen baseia-se na seguinte versão re-parametrizada de um modelo VAR( $p$ ).

$$\Delta \mathbf{y}_t = \Gamma_1 \Delta \mathbf{y}_{t-1} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta \mathbf{y}_{t-p+1} + \Pi \mathbf{y}_{t-1} + \mu + \varphi \mathbf{d}_t + \varepsilon_t \quad (32)$$

onde  $\mathbf{y}_t$  é um vetor com  $k$  variáveis,  $\varepsilon_t \sim N(0, \Sigma)$  e  $E(\mathbf{e}_t \mathbf{e}_s') = 0$  para qualquer  $t$  diferente de  $s$  e  $\mathbf{d}_t$  é um vetor de variáveis binárias para captar a variação estacional.

Considerando que  $r$  seja o posto da matriz  $\Pi$ . Então  $\Pi$  tem  $r$  autovalores diferentes de zero. Três situações podem ocorrer: se  $r = k$  então  $\mathbf{y}_t$  é estacionário; se  $r = 0$  então  $\Delta \mathbf{y}_t$  é estacionário; finalmente, se  $0 < r < n$  existem matrizes  $\alpha$  e  $\beta$  de dimensão  $k \times r$  tais que  $\Pi = \alpha \beta'$  e o vetor  $\beta' \mathbf{y}_t$  é estacionário, havendo, portanto,  $r$  vetores de co-integração (as  $r$  colunas de  $\beta$ ). Johansen & Juselius (1990) mostraram como se pode tomar decisão sobre o valor de  $r$  com base nas séries temporais observadas. Esses autores apresentaram dois testes, bem como seus valores críticos, para identificar o número de vetores de co-integração: teste do traço e do  $\lambda_{max}$ . O teste do traço é dado por:

$$-2 \ln(Q) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \lambda_i)$$

e o teste  $\lambda_{max}$  é simplesmente a diferença entre estatísticas-traço consecutivas.

Os critérios AIC (AKAIKE Information Criterion) e SC (SCHWARZ Criterion), num contexto multi-equacional, são utilizados para a determinação do valor de  $p$ .

## 5. Dados

<sup>6</sup> Discussão dessa literatura é apresentada em Hendry, 1986, Campbell & Perron, 1991 e outros.

Os preços dos produtos do setor sucroalcooleiro para o nível produtor são os coletados e divulgados pelo CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/ESALQ/USP. O preço da gasolina C ao varejo (consumidor) e o do álcool hidratado ao varejo são os divulgados pela ANP – Agência Nacional de Petróleo. O preço de açúcar no mercado internacional é representado pela cotação do contrato de açúcar da Bolsa de Futuros – NYBOT (primeiro vencimento). Esses preços foram transformados em moeda nacional utilizando a taxa de câmbio nominal e depois transformados em valores reais utilizando o IGP – di como deflator. Todos os outros preços assim como a renda, representada pelo salário mínimo (tendo sido testadas ainda outras *proxies*), também foram transformados em valores reais utilizando o IGP- di.

O período de abrangência da análise é de julho de 2001 a agosto de 2004. Como a relação entre o mercado de combustíveis fósseis e o de álcool hidratado é o foco principal deste estudo, optou-se por utilizar na análise só o período recente em que a gasolina C passa a ter algum grau de substituíbilidade com o álcool hidratado.

## 6. Resultados e Discussão

As seguintes abreviações são usadas para denominar as séries utilizadas no ajustamento do modelo proposto para analisar a relação entre os preços dos produtos do setor sucroalcooleiro e o de combustível (gasolina C):

PAHC – preço de álcool hidratado ao consumidor

PAHP – preço de álcool hidratado ao produtor

PGCC – preço de gasolina C para o consumidor

PAAP – preço de álcool anidro ao produtor

PAÇI – preço de açúcar no mercado interno

PACE – preço de açúcar no mercado internacional

REN – renda

Os resultados dos testes de raiz unitária (para uma raiz já que os dados utilizados são expressos em valores reais) realizados para as séries de interesse indicam que todas elas são estacionárias na primeira diferença - I(1) (Tabela 1). Os resultados dos testes de co-integração indicam que existem três relações de longo prazo entre elas, no caso da estatística traço, e quatro no caso da  $\lambda_{\text{máximo}}$  (Tabela 2). Em função do pequeno número de observações da amostra, optou-se por especificar o modelo de Auto-Regressão Vetorial com Correção de Erro (VEC) de forma mais parcimoniosa, incluindo três relações de longo-prazo.

Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas dos coeficientes da matriz de relações contemporâneas, observando-se que os sinais estão de acordo com o esperado. Os resultados do modelo mostram que o álcool hidratado é um bem inferior, o que pode ter ocorrido pelo fato de ser grande o uso desse produto como substituto da gasolina C na frota de carros movida a esse combustível fóssil. Dessa forma, quando a renda aumenta, a população passa a utilizar, nesses veículos, o combustível convencional – gasolina C, e o uso do álcool hidratado diminui, diminuindo também o seu preço. De outro lado, quando a renda diminui, o uso da mistura não convencional aumenta, aumentando também o preço do álcool hidratado.

Embora o teste *t*, baseado na distribuição de *Student*, possa ser utilizado só como uma aproximação para a análise da significância dos coeficientes da matriz de relações contemporâneas obtida através da metodologia VAR, observa-se que, com exceção da relação entre o preço de açúcar no mercado internacional e preço de álcool hidratado ao produtor, todos os demais apontam significância estatística até 5% de probabilidade.

Os resultados da decomposição da variância do erro de previsão do preço do álcool hidratado ao consumidor apontam grande influência do preço da gasolina C sobre ele. Também o preço do álcool hidratado ao produtor é importante no processo de formação do preço do álcool hidratado ao

consumidor, explicando, após o terceiro mês, aproximadamente 29% da variância dessa série (Tabela 4).

O preço do álcool hidratado ao produtor depende grandemente do preço do álcool anidro ao produtor e, também, em menor grau, do preço do açúcar cristal ao produtor (Tabela 5). A partir do terceiro mês, o preço da gasolina C ao consumidor passa a ser responsável por aproximadamente 9,5% da variância do erro de previsão do preço do álcool hidratado ao produtor, assumindo tanta importância na explicação dessa variável quanto o preço do açúcar cristal no mercado interno, e maior importância que o preço do açúcar no mercado internacional, ambos para o segmento produtor.

**Tabela 1 - Resultados dos testes de raiz unitária de Dickey-Fuller as séries utilizadas no modelo.**

Estado	Valor de $p$	Modelo 1 <sup>a</sup>					Modelo 2 <sup>b</sup>
		$\tau_{\beta\tau}$	$\tau_{\tau}$	$\tau_{\alpha\mu}$	$\tau_{\mu}$	$\tau$	$\tau$
PAHC	2	-1,61	-2,52	0,98	-1,90	-1,69	-3,74 *
PAHP	2	-1,34	-2,49	-2,04	-2,07	-0,50	-2,81 *
PGCC	1	-2,56	-2,84	1,02	-1,14	-1,23	-5,00*
PAAP	4	-1,33	-2,55	-1,97	-2,14	-0,93	-2,75*
PAÇI	2	-1,27	-1,95	1,58	-1,66	-1,00	-4,41*
PAÇE	1	-0,89	-1,69	1,41	-1,44	-0,50	-5,06*
REN	1	-0,23	-1,98	2,05	-2,06	-0,23	-5,36*

Fonte: Dados da Pesquisa.

\* significativo ao nível de 0,05 de probabilidade.

<sup>a</sup> Modelo 1 -  $\Delta y_t = \alpha + \beta T + \eta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \phi_i \Delta y_{t-i} + e_t$ , nas versões (a) com constante e tendência, (b) sem tendência, e (c) sem tendência e sem constante.

<sup>b</sup> Modelo 2 -  $\Delta \Delta y_t = \eta \Delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-2} \phi_i \Delta \Delta y_{t-i} + e_t$  definido depois de constatada a não existência de termos deterministas.

**Tabela 2 - Resultados dos testes de co-integração de Johansen.**

Hipótese Nula	Hipótese Alternativa	Traço	$\lambda_{\max}$
$r \leq 7$	$r = 7$	2,67	2,67
$r \leq 6$	$r = 6$	11,47	8,80
$r \leq 5$	$r = 5$	21,71	10,24
$r \leq 3$	$r = 4$	42,67	20,93
$r \leq 2$	$r = 3$	69,61	26,95
$r \leq 1$	$r = 2$	114,59	44,98
$r = 0$	$r = 1$	185,60	71,02

Fonte: Dados da Pesquisa.

\* significativo ao nível de 0,05 de probabilidade. Valores críticos para os testes Traço e  $\lambda_{\max}$  em Osterwald-Lenum (1992). O modelo foi ajustado com constante restrita e uma defasagem.

**Tabela 3. Matriz de relações contemporâneas\*.**

Choque	Efeito	coeficiente estimado	desvio-padrão
PGCC	PAHC	1,12	0,18
REN	PAHC	-0,37	0,17
PAAP	PAHP	0,71	0,04
PAÇI	PAHP	0,15	0,02
PACE	PAHP	0,02	0,03

\* Os sinais obtidos no ajustamento do modelo são apresentados já devidamente invertidos.

**Tabela 4. Decomposição da variância do erro de previsão da série preço de álcool hidratado ao consumidor.**

	PAHC	PAHP	PGCC	PAAP	PAÇI	PAÇE
REN						
1	44,54	0,00	49,13	0,00	0,00	6,33
2	37,21	0,05	40,88	12,39	1,20	5,28
3	37,08	0,25	40,59	12,28	1,23	5,29
4	36,71	0,29	40,47	12,40	1,49	5,29
5	36,52	0,29	40,42	12,55	1,49	5,28
6	36,51	0,29	40,40	12,56	1,52	5,28

**Tabela 5. Decomposição da variância do erro de previsão do preço de álcool hidratado ao produtor.**

	PAHC	PAHP	PGCC	PAAP	PAÇI	PAÇE
REN						
1	0,00	6,91	0,00	84,56	8,39	0,00
2	1,30	9,58	2,46	75,58	10,67	0,00
3	1,05	8,19	9,50	66,43	9,05	4,37
4	1,02	7,92	9,92	65,66	9,22	0,43
5	1,02	7,90	9,89	65,41	9,44	0,50
6	1,02	7,90	9,89	65,38	9,44	0,51

O processo de formação de preço da gasolina C ao consumidor mostrou-se bastante independente do das demais variáveis consideradas no modelo, inclusive da renda, uma vez que a própria variável explica de 78% a 100% da sua variância do erro de previsão, dependendo do período considerado (Tabela 6). Comportamento semelhante foi observado no caso do preço do álcool anidro ao produtor. A variável que apresentou maior influência sobre ele foi o preço do açúcar cristal neste mesmo segmento de mercado, conforme era de se esperar; porém, a representatividade dessa variável na decomposição da variância do erro de previsão do preço do álcool anidro ao produtor é bastante pequena (Tabela 6).

Observa-se, então, uma certa assimetria no que diz respeito às relações entre os preços do álcool anidro e hidratado no segmento produtor, sendo o efeito causal maior na direção do preço do álcool anidro para o do hidratado do que no sentido contrário.

O preço do açúcar no mercado internacional, expresso em moeda doméstica, é pouco influenciado pelo do mercado interno brasileiro e pelo das demais variáveis consideradas no modelo (Tabela 9). No estudo de Silveira (2004) também não foi observada influência significativa do preço do açúcar no mercado brasileiro sobre o do mercado internacional. No entanto, foi observada forte influência da produção brasileira sobre preço daquele mercado, dada a grande participação do Brasil no passado recente. Aproximadamente 80% da variância do erro de previsão do preço do açúcar cristal no mercado interno deve-se ao próprio preço e ao preço do açúcar no mercado internacional em moeda nacional, sendo que este último explica aproximadamente 28% daquela variância. As demais séries têm um poder explicativo bastante menor sobre aquela variável (Tabela 8).

Nas Figuras 1 a 7 são apresentadas as respostas a impulso 12 passos à frente para as variáveis incluídas no modelo, isto é, as respostas das variáveis do modelo frente a choques individuais nos componentes do sistema. Representou-se graficamente só os efeitos de maior interesse econômico e aqueles que tiveram magnitude expressiva. Os valores são lidos como elasticidades, tendo sido previamente divididos pela resposta da própria variável (no período 1) na qual foi dado o choque.

Observa-se que as variações do preço da gasolina C ao consumidor têm efeito imediato e de grande magnitude sobre o preço do álcool hidratado neste mesmo segmento de mercado, indicando elevado grau de substituíbilidade do primeiro pelo segundo. Esse efeito praticamente desaparece no

quarto mês após o choque (Figura 1). Os efeitos de um choque no preço da gasolina C sobre os dos demais produtos do setor sucroalcooleiro são de menor magnitude.

**Tabela 6. Decomposição da variância do erro de previsão do preço da gasolina C ao consumidor.**

	PAHC	PAHP	PGCC	PAAP	PAÇI	PAÇE	REN
1	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,12	0,04	81,93	7,06	3,29	5,81	0,75
3	1,10	0,07	79,11	6,80	5,86	5,60	1,46
4	1,13	0,12	78,66	6,81	5,83	5,91	1,54
5	1,14	0,14	78,52	6,83	5,92	5,91	1,55
6	1,14	0,14	78,40	6,90	5,91	5,96	1,55

**Tabela 7. Decomposição da variância do erro de previsão do preço de álcool anidro ao produtor.**

	PAHC	PAHP	PGCC	PAAP	PAÇI	PAÇE	REN
1	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
2	0,63	0,45	0,43	95,93	2,51	0,04	0,01
3	0,62	0,45	2,02	92,65	2,52	1,54	0,21
4	0,62	0,44	2,04	92,44	2,67	1,57	0,21
5	0,62	0,44	2,08	92,31	2,71	1,61	0,22
6	0,62	0,44	2,08	92,30	2,71	1,62	0,22

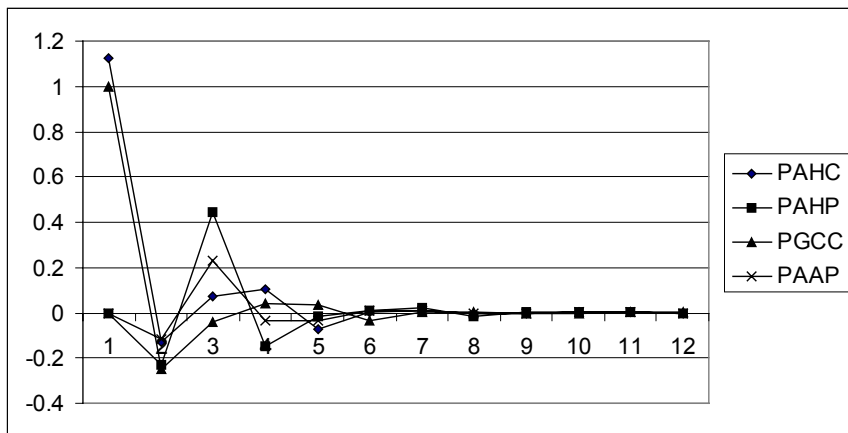
**Tabela 8. Decomposição da variância do erro de previsão do preço de açúcar cristal no mercado interno.**

	PAHC	PAHP	PGCC	PAAP	PAÇI	PAÇE	REN
REN							
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	0,02	0,15	10,80	3,93	54,93	28,04	2,13
3	0,02	0,28	10,87	4,20	55,30	27,07	2,26
4	0,02	0,30	11,58	4,92	53,42	27,48	2,28
5	0,02	0,30	11,56	5,06	53,37	27,42	2,28
6	0,02	0,30	11,57	5,06	53,34	27,43	2,29

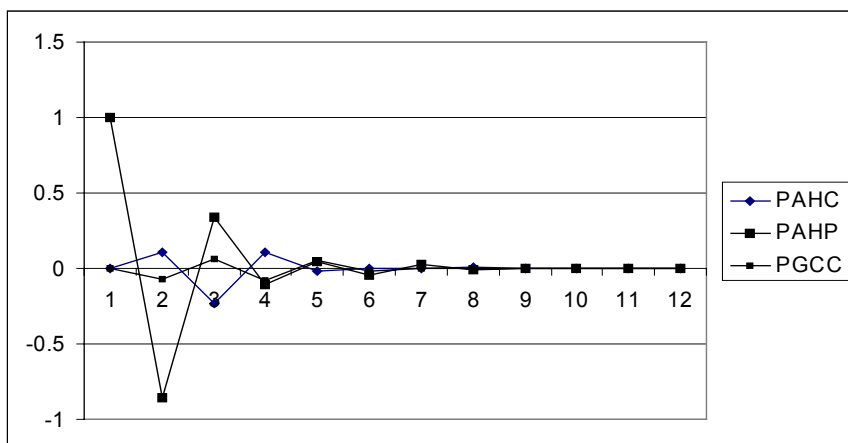
**Tabela 9. Decomposição da variância do erro de previsão do preço de açúcar no mercado internacional (expresso em moeda nacional).**

	PAHC	PAHP	PGCC	PAAP	PAÇI	PAÇE	REN
REN							
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
2	3,13	0,00	2,85	0,84	0,77	92,17	0,24
3	3,38	0,01	3,03	0,86	1,52	90,90	0,30
4	3,36	0,03	3,11	0,86	1,82	90,96	0,43
5	3,37	0,04	3,11	0,86	1,82	90,36	0,43
6	3,37	0,04	3,14	0,89	1,84	90,29	0,43

Não se verifica efeito expressivo de um choque no preço do álcool hidratado ao consumidor sobre o preço da gasolina C e dos demais produtos do setor sucroalcooleiro (Figura 2). O impacto de uma variação do preço de álcool hidratado ao produtor sobre o preço desse produto no segmento varejista é também de pequena magnitude (Figura 3).



**Figura 1. Respostas a choque em preço de gasolina C ao consumidor.**



**Figura 2. Respostas a choque em preço de álcool hidratado ao consumidor.**

Conforme se observa na Figura 4, uma variação do preço do álcool anidro ao produtor tem efeito expressivo sobre o preço do álcool hidratado ao produtor e um efeito moderado sobre o preço do álcool hidratado ao consumidor um mês após do choque (elasticidade de aproximadamente 0,4, neste caso). De outro lado, as variações dos preços de açúcar no mercado doméstico são transmitidas para os preços dos demais produtos do setor sucroalcooleiro. No entanto, as elasticidades são de pequena magnitude (Figura 5).

Variações do preço do açúcar no mercado internacional têm efeito expressivo sobre o preço do açúcar no mercado brasileiro com um mês de defasagem. A relação entre os mercados interno e internacional de açúcar vem se estreitando nos últimos anos, quando o Brasil passou a exportar mais da metade da produção doméstica e, dessa forma, espera-se que as variações de preço do mercado externo se internalizem com mais intensidade em período recente, época de abrangência dessa análise, do que anteriormente. O efeito de variações do preço do açúcar no mercado internacional sobre os dos demais produtos do setor sucroalcooleiro brasileiro não são de grande magnitude, mesmo no segmento produtor, como se observa na Figura 6, que mostra elasticidades abaixo de 0,20 tanto para o álcool anidro quanto para o hidratado.

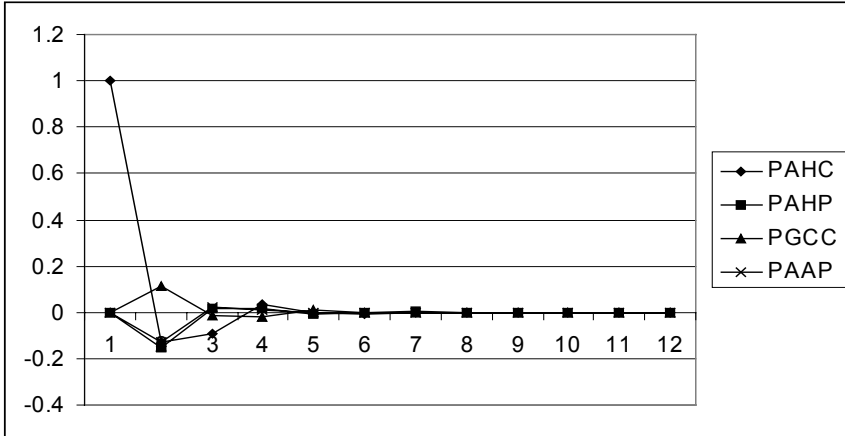


Figura 3. Respostas a choque em preço de álcool hidratado ao produtor.

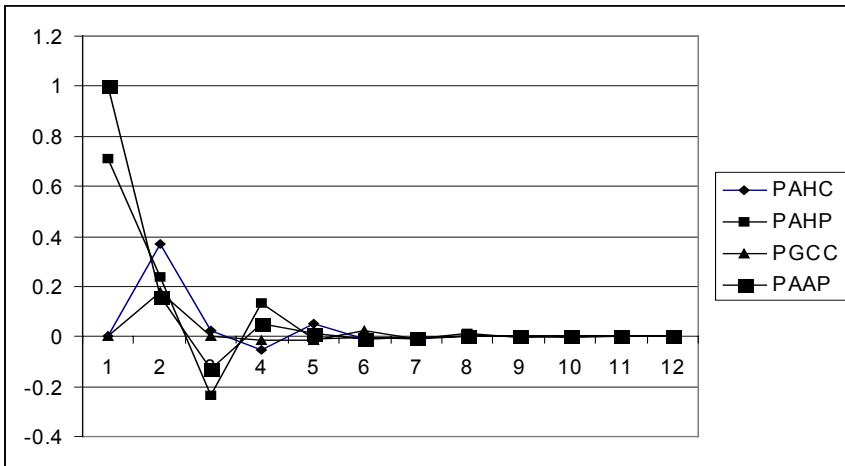


Figura 4. Respostas a choque em preço de álcool anidro ao produtor.

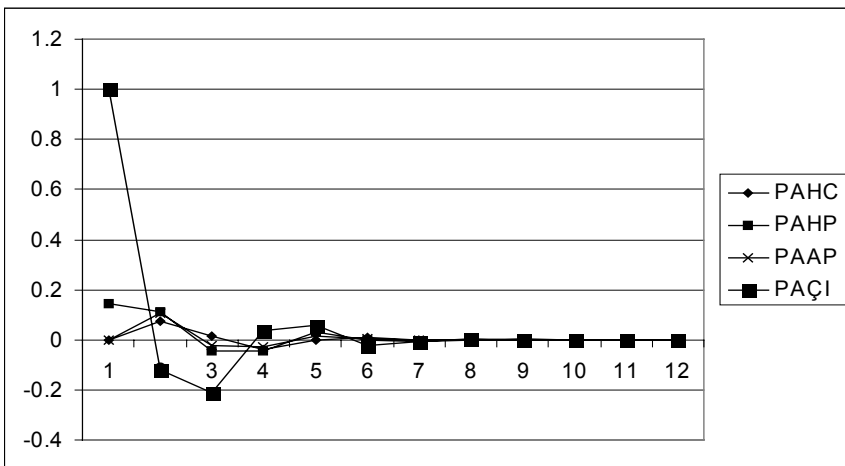
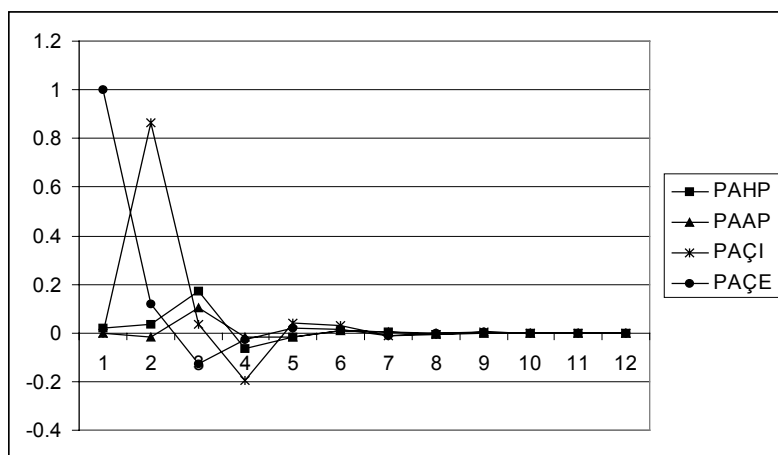


Figura 5. Respostas a choque em preço de açúcar ao produtor no mercado interno.

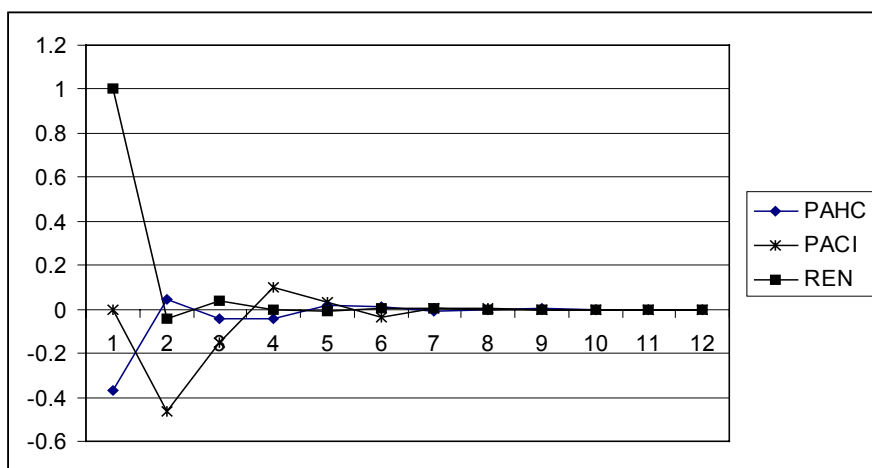


**Figura 6. Respostas a choque em preço de açúcar no mercado internacional.**

Na Figura 7, observa-se o efeito uma variação na renda dos consumidores sobre o preço do álcool hidratado ao consumidor e do açúcar cristal no mercado interno ao produtor. Verifica-se relação negativa nos dois casos (contemporaneamente no caso do preço do álcool hidratado ao consumidor e com um mês de defasagem no caso do preço do açúcar ao produtor). Esse comportamento, no que se refere ao preço do açúcar, pode estar relacionado ao fato dos consumidores mudarem seus hábitos de consumo quando a renda aumenta, utilizando, por exemplo, adoçantes *lights* na dieta em substituição ao açúcar. Outros estudos feitos anteriormente mostram que o açúcar é um bem inferior, podendo-se citar o de Caruso (2002), que encontrou em seu estudo sobre a oferta e demanda de açúcar no Estado de São Paulo elasticidade renda negativa, embora esse coeficiente não fosse significativo estatisticamente. Também corroboram esse resultado o trabalho de Hoffmann (2000), no qual se estimou a elasticidades-renda do dispêndio de vários itens de alimentação dentro e fora dos domicílios e também a elasticidade-renda do consumo físico desses produtos. Para tanto, o autor utilizou os dados da POF (Pesquisa de Orçamentos Familiares – IBGE) de 1995/96 e obteve um valor médio de  $-0,199$  para a elasticidade-renda do dispêndio do açúcar cristal. A elasticidade-renda obtida para o consumo físico foi semelhante. Os resultados para diferentes classes de renda apontaram que só no extrato de mais baixa renda as elasticidades-renda do dispêndio e do consumo físico são positivas, indicando ser esse produto um bem normal. Nos demais extratos, as elasticidades são negativas. No caso do álcool hidratado, um aumento da renda pode levar a uma preferência, por parte dos proprietários de carros movidos à gasolina C, pelo uso exclusivo de combustível fóssil, ao invés da mistura não convencional.

Buscando um maior entendimento dos resultados encontrados com o uso da metodologia VEC – Auto-Regressão Vetorial com Correção de Erro, e a validação do modelo ajustado, procedeu-se a análise de correlação cruzada de variáveis duas a duas utilizando a metodologia de Box e Jenkins (1976) para a filtragem prévia de cada série com o modelos univariado que descreve o seu comportamento temporal. Essa metodologia é apresentada de forma detalhada em Vandaele (1983). Os resultados, apresentados na Tabela 10, apontam para correlação contemporânea significativa entre o preço do álcool hidratado ao consumidor e o preço do álcool hidratado ao produtor e, também, causalidade do segundo para o primeiro. Causalidade também foi observada no caso do preço do álcool anidro para o hidratado no segmento produtor, além de forte relação contemporânea. Os resultados da função de correlação cruzada apontam, ainda, efeito causal do preço do açúcar no mercado externo para o do mercado interno e relações contemporâneas significativas entre os preços do álcool anidro e do álcool hidratado ao produtor com o preço de açúcar neste mesmo segmento de mercado. O preço do álcool hidratado ao consumidor e o preço da gasolina C ao consumidor são também contemporaneamente relacionados. Também é correlacionado contemporaneamente com o preço da gasolina C o preço do álcool anidro ao produtor, lembrando que o álcool anidro é um dos componentes da gasolina C.





**Figura 7. Respostas a choque na renda.**

Um modelo alternativo foi ajustado no qual se considerou na matriz de relações contemporânea, além dos efeitos estabelecidos no modelo inicial, o do preço do álcool anidro sobre o da gasolina C. A elasticidade contemporânea obtida para essa relação foi da ordem de 0,36 e significativa estatisticamente. Praticamente não houve alteração nos valores das demais elasticidades e na decomposição da variância dos erros de previsão das variáveis consideradas no modelo. Também foi ajustado um modelo considerando que o preço no segmento varejista forma-se por política de *markup*, omitindo-se, por problemas de graus de liberdade a variável representativa dos custos de comercialização. Os resultados da função de resposta a impulso e da decomposição da variância do erro de previsão também não mudaram de forma expressiva.

Os resultados dessa análise, se por um lado permitem a validação de alguns dos resultados encontrados no ajustamento do modelo VEC, como, por exemplo, a baixa persistência dos choques, de outro lado apontam para algumas limitações da modelagem utilizada. Por problemas de identificação e pela dificuldade de convergência dos modelos que têm um número grande de relações contemporâneas estabelecido, não foram consideradas no ajustamento algumas relações contemporâneas que se mostraram importantes do ponto de vista estatístico na função de correlação cruzada, como é o caso do preço do álcool hidratado no segmento produtor e no segmento consumidor.

## 7. Conclusões

Os resultados do ajustamento do modelo que trata de estabelecer as relações entre os preços dos produtos do setor sucroalcooleiro e o do mercado de combustível apontam que as variações do preço da gasolina C ao consumidor têm efeito imediato e de grande magnitude sobre o preço do álcool hidratado neste mesmo segmento de mercado, indicando elevado grau de substituíbilidade do primeiro produto pelo segundo. Isso mostra que a prática de se utilizar a mistura não convencional (gasolina C e álcool hidratado em proporções variadas que podem chegar até a 50%) está bastante disseminada no mercado de combustível, uma vez que a frota de veículos “flex” não é significativa no período sob análise. Esse elevado grau de substituíbilidade entre o álcool hidratado e gasolina C deve ser considerado na definição de políticas setoriais, tais como aquelas que visam evitar desabastecimento no mercado doméstico.

Entre os produtos do setor sucroalcooleiro, o efeito de variações de preços mais expressivo foi observado no caso do açúcar do mercado internacional para o do mercado interno. Trabalhos que tratavam de estabelecer essa elasticidade, realizados anteriormente, não apontavam relação tão grande quanto à observada neste estudo, no qual se utilizou somente série histórica de período recente. De fato, era de se esperar que a relação entre os preços do mercado interno e internacional de açúcar se estreitasse no período em que o Brasil passou a ter grande representatividade no mercado internacional, exportando mais da metade da produção nacional. Tanto os resultados da Função de

Resposta a Impulso quanto os da Decomposição da Variância do Erro de Previsão indicam que atualmente o preço do açúcar no mercado doméstico é intensamente influenciado pelo do mercado internacional.

**Tabela 10. Correlação cruzada das séries pré-filtradas**

**Preço de álcool hidratado ao consumidor versus preço de gasolina C**

-8: -0,07 -0,06 -0,12 -0,05 -0,15 -0,01  
 -2: 0,22 0,01 0,40\* -0,10 -0,07 -0,11  
 4: -0,09 -0,11 0,24 0,22 -0,14

**Preço de álcool hidratado ao consumidor versus preço do álcool hidratado ao produtor**

-8: -0,18 -0,06 -0,12 -0,16 -0,16 0,01  
 -2: 0,12 -0,12 0,58\* 0,57\* -0,09 -0,11  
 4: 0,00 -0,31 0,01 -0,16 -0,12

**Preço de álcool hidratado ao consumidor versus preço do álcool anidro ao produtor**

-8: -0,05 -0,23 -0,07 -0,06 -0,30 0,06  
 -2: 0,23 -0,23 0,60\* 0,54\* -0,03 -0,18  
 4: -0,02 -0,31 0,01 -0,11 -0,12

**Preço de álcool hidratado ao produtor versus preço do álcool anidro ao produtor**

-8: -0,12 -0,13 0,00 -0,20 -0,16 0,13  
 -2: 0,03 -0,05 0,82\* 0,33\* -0,30 -0,24  
 4: 0,12 -0,10 -0,27 0,02 0,01

**Preço de açúcar cristal mercado interno versus açúcar no mercado externo**

-8: -0,09 -0,26 -0,13 -0,30 0,06 -0,07  
 -2: -0,09 -0,14 0,32\* 0,55\* 0,19 0,03  
 4: 0,22 0,07 0,16 -0,17 -0,24

**Preço de açúcar ao produtor versus preço do álcool anidro ao produtor**

-8: -0,13 -0,41 -0,12 0,01 -0,00 0,30  
 -2: 0,19 0,17 0,54\* 0,25 -0,29 -0,05  
 4: -0,03 -0,12 -0,19 -0,03 -0,08

**Preço de açúcar ao produtor versus preço do álcool hidratado ao produtor**

-8: -0,20 -0,32 -0,18 -0,01 0,04 0,22  
 -2: 0,20 0,17 0,63\* 0,18 -0,27 0,02  
 4: -0,02 -0,20 -0,15 -0,06 -0,08

**Preço de álcool anidro ao produtor versus preço de gasolina C**

-8: -0,05 0,02 0,08 0,02 -0,00 -0,09  
 -2: 0,01 -0,19 0,33\* 0,02 0,22 -0,02  
 4: -0,02 -0,21 -0,04 -0,05 -0,05

\* Valores significativos a 5% de probabilidade.

Choque no preço do álcool anidro ao produtor tem impacto significativo tanto no preço do álcool hidratado ao produtor quanto no preço do álcool hidratado ao consumidor, com um mês de defasagem neste último caso. As elasticidades são da ordem de 0,70 e 0,40, respectivamente. O impacto de uma variação de 1% no preço do anidro ao produtor sobre o preço do álcool hidratado ao produtor, após um mês, é de aproximadamente 0,25%.

As variações dos preços de açúcar no mercado doméstico, produto que tem sido considerado o carro chefe do setor sucroalcooleiro, são transmitidas para os demais produtos do setor. No entanto, as elasticidades são de pequena magnitude. Da mesma forma, não se observou efeito significativo das variações do preço de álcool anidro sobre o do açúcar no segmento produtor.

As baixas relações encontradas entre os preços dos produtos do setor sucroalcooleiro no curto prazo indicam que a flexibilidade dos agentes em produzir açúcar ou álcool não é tão expressiva.

Embora os fatores de ordem técnica devam ser os principais responsáveis pelo fato, outros podem também estar contribuindo para que a matéria-prima não seja alocada de acordo com as sinalizações de preços dos produtos, podendo-se citar aqueles de ordem política e de mercado, como, por exemplo, a existência de contratos de médio prazo para fornecimento do produto. Em relação a fatores políticos, pode-se citar a busca de garantia de abastecimento do mercado interno de álcool com vista a preservar a imagem do setor. Na verdade, os agentes do segmento produtivo do setor sucroalcooleiro podem estar praticando uma política de discriminação de preços, considerando cada segmento (açúcar e álcool) como um mercado separado, apesar deles todos serem dependentes da mesma matéria-prima. Resta ainda ser considerado que, embora de forma não tão expressiva, o governo interferiu no setor de álcool durante parte do período sob análise, buscando maior estabilidade de preços através de acordo com os produtores de álcool para que o preço não ultrapassasse certo limite condizente com a contenção do processo inflacionário.

Os resultados da função de resposta a impulso indicam que tanto o açúcar quanto o álcool hidratado são bens inferiores. Esse comportamento, no que se refere ao preço do açúcar, está relacionado ao fato dos consumidores mudarem os hábitos alimentares quando a renda aumenta, em função de aspectos relacionados à saúde e a estética. Esses resultados ratificam outros apresentados em estudos já publicados na literatura pertinente. No caso do álcool hidratado, um aumento da renda pode levar a uma preferência por parte dos proprietários de carros movidos à gasolina C, pelo uso exclusivo do combustível fóssil, ao invés da mistura não convencional. Isto pode indicar que o uso do álcool como substituto da gasolina C na mistura não convencional tem sido expressivo.

Os resultados obtidos no estudo, apesar das limitações metodológicas e do pequeno número de observações da amostra, mostraram-se consistentes com o conhecimento empírico e o referencial teórico, e, em muitos casos, ratificam os encontrados em estudos anteriores. A metodologia de Auto-Regressão Vetorial utilizada, se por um lado tem limitações associadas à identificação da matriz de relações contemporâneas, de outro lado tem a vantagem de permitir definir com que defasagem as relações entre as variáveis consideradas no modelo são mais expressivas. Isso é bastante útil para a realização de análises prospectivas sobre preços.

## Referências Bibliográficas

- Alves, L.R.A.; Bacchi, M.R.P. Transmissão de preços entre produtos da agricultura canavieira do estado de São Paulo. Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Juiz de Fora, MG, 2003. Anais, Associação Brasileira de Economia e Sociologia Rural, Brasília.
- Assis, A.N.; Lopes, L.B.R. A ineficiência da política de preços para conter o consumo de derivados de petróleo. *Revista Brasileira de Economia*, V.34, n.3, p.745-771. dez.1986.
- \_\_\_\_\_ Formação de preços no setor de frango de corte no Brasil. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP. Relatório de Pesquisa, 87p. 1994.
- Barros, R.P. de, Ferreira. S.S. Um modelo econométrico para a demanda de gasolina pelos automóveis de passeio. Rio de Janeiro: IPEA, 1982. 193p. (Documento preliminar).
- Bernanke, B.S. Alternative explanations of the money-income correlation. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 25:49-100. 1986.
- Brown, R.I. Um esquema para avaliar os impactos de estratégias diversas para etanol: outras substituições e racionalização da demanda de derivados de petróleo. *Ciência e Cultura*, v.32, no.8, p.1032-40, ago. 1980.
- Caldas, M.J.L. Demanda de derivados de petróleo. Rio de Janeiro, 1988. 137p. Tese (Doutorado) – Escola de Pós Graduação em Economia, Fundação Getúlio Vargas.
- Campbell, J.Y.; Perron P. Pitfalls and opportunities: what macroeconomists should know about unit roots. NBER Macroeconomics Annual. Cambridge, Mass.: MIT Press. 1991.
- Caruso, R. C., Análise da oferta e demanda de açúcar no Estado de São Paulo. Piracicaba, 2002. 79p. Dissertação (M.S) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

- Costa, C.C. da. Formação de preços de açúcar e álcool combustível anidro e hidratado no Estado de São Paulo. Piracicaba 2001. 104p. Dissertação (M.S) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- Dickey, D.A.; Fuller, W.A. Distribution of the estimator for auto-regressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, **74**:427-31. 1979.
- \_\_\_\_\_. Likelihood ratio statistics for auto-regressive time series with a unit root. *Econometrica*, **49**:1057-72. 1981.
- Engle R. F.; Granger, C. W. J. Co-integration and error correction representation, estimation and testing. *Econometrica*, **55**:251-76. 1987.
- Fuller, W.A. *Introduction to statistical time series*. New York: John Wiley. 1976.
- Hamilton, J.D. *Time series analysis*. Princeton University Press. Princeton. New Jersey. 799p. 1994.
- Harvey, A. The econometric analysis of time series. MIT Press. Cambridge, Massachusetts. 387p. 1990.
- Hendry, D.F. Econometric modelling with co-integrated variables: an overview. *Oxford Bulletin of Economic Statistics*, **48**:201-212. 1986.
- Heien, D.M. Markup pricing in a dynamic model of the food industry. *American Journal of Agricultural Economics*, **61**:10-18, 1980.
- Hoffmann, R. Elasticidade-renda das despesas e do consumo físico de alimentos no Brasil metropolitano em 1995 – 96. *Revista Agricultura em São Paulo*, **47**:111-122. 2000.
- Johansen, S. Statistical analysis of cointegration vectors. *J. of Economic Dynamics and Control*, **12**:231-54. 1988.
- Johansen, S.; Juselius, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration - with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, **52**:169-219. 1990.
- Lütkepohl, H. Introduction to multiple time series analysis. Springer-Verlag. Berlin. 545p. 1991.
- Marjotta-Maistro, M.C. Ajustes nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação. Piracicaba, agosto de 2002. 180p. (Tese de Doutorado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”).
- Moreira, A.R.B., Modelos para projeção do consumo nacional e regional de óleo diesel. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1996. 135p. (Texto para Discussão).
- Osterwald-Lenum M. A Note with quantiles of the asymptotic distribution of maximum likelihood cointegration rank test statistics. *Oxford Bulletin or Economics Statistics*, **54**:461-471. 1992.
- Ramos, L.R. Níveis de demanda e necessidade de importação de petróleo e derivados: uma análise prospectiva. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v.14, no.3, p.689-722, dez. 1984.
- Rask, K.N. Clean air renewable fuels: the market for fuel ethanol in the US from 1984 to 1993. *Energy Economics*, V. 20, no. 1, p. 325-45, June 1998. (1998).
- Sampaio, Y.; Lima, R.C. Uma análise de estabilidade e previsão do preço do açúcar. In Sampaio, Y. (Org.) Açúcar amargo: crise e perspectivas da indústria sucro-alcooleira em Pernambuco. Recife: UFPE, 1999a.
- Sampaio, Y.; Lima, R.C. Estimação da função de transferência para o preço do açúcar: uma aplicação do modelo ARMAX In: Sampaio, Y. (Org.) Açúcar amargo: crise e perspectivas da indústria sucroalcooleira em Pernambuco. Recife: UFPE, 1999b.
- Silveira, A.M. A relação entre os preços de açúcar nos mercados doméstico e internacional. Piracicaba, 2004. Dissertação (M.S.) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- Sordi, J.C. Os efeitos dos custos de transporte na liberação dos preços: o caso do álcool hidratado no Brasil. Maringá, 1997. 159p. Dissertação (M.S) – Universidade Estadual de Maringá.
- Souza, J.Z. de. Próalcoól: viabilidade e perspectivas. Ribeirão Preto, 1997. 100p. Monografia (Graduação) – Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo.
- Vandaele, W. Applied time series and Box-Jenkins models. Academic Press, Inc. (London) Ltd., 1983.