

## STAR UNIT ROOT TEST E OS PREÇOS DA CANA-DE-AÇÚCAR

[cleyze@yahoo.com.br](mailto:cleyze@yahoo.com.br)

*Apresentação Oral-Comercialização, Mercados e Preços*

CLEYZER ADRIAN CUNHA<sup>1</sup>; ALCIDO ELENOR WANDER<sup>2</sup>.

1. UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, GOIANIA - GO - BRASIL; 2. EMBRAPA -  
CNPAP, GOIÂNIA - GO - BRASIL.

### **STAR unit root test e os preços da cana-de-açúcar**

Grupo de Pesquisa: **1. Comercialização, Mercados e Preços**

#### **Resumo:**

Os modelos empíricos de análise de não estacionariedade *vis-à-vis* à estacionariedade têm sido bastante estudados nas séries temporais. Todavia, essa mesma literatura tem examinado essas questões em modelos lineares, desconsiderando qualquer possibilidade de não linearidades no comportamento das séries. Assim, este trabalho investigou o comportamento da série de preços de cana de açúcar aplicando o teste de raiz unitária não linear KSS (*Smooth Transition Autoregressive - STAR*) desenvolvido por KAPETANIOS, SHIN e SNELL (2003).

Palavras-chave: teste de raiz unitária não linear, séries temporais, Preços

#### Abstract:

The empirical models of analysis of non stationarity *vis-à-vis* the stationarity have been well explored in studies on time series. However, the same literature considers those issues in linear models, without considering the possibility of non linearity in time series behavior. Thus, this study analyzed the behavior of time series of sugar cane prices using the non linear unit root test KSS (*Smooth Transition Autoregressive - STAR*) by KAPETANIOS, SHIN e SNELL (2003).

Key words: non linear unit root test, time series, prices

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é um produto agrícola cultivado no Brasil desde a Colônia. Embora, o país tenha sido um grande produtor de açúcar nesse período, que durou cerca de 150 anos, a produção expandiu muito à partir da década 70 com o programa do governo Pró-Álcool que visava substituir a gasolina por etanol e assim, diminuir o impacto da crise do Petróleo.

Durante décadas o governo brasileiro fez intervenção nesse setor regulando preço de modo a assegurar a rentabilidade e, ao mesmo tempo, possibilitar a contenção do processo inflacionário. Os preços eram fixados tomando como referencial o valor constante de planilhas de custo de produção, acrescido de montante que representasse o lucro da atividade. A partir de 1999 houve a desregulamentação do setor, estabelecendo condições mais competitivas, pois, os preços dos produtos finais (açúcar e álcool) e da matéria-prima agora passaram a ser determinados pelo livre mercado.

Conforme dados da UNICA (2008), considerando a Safra 07/08, a região Centro-Sul concentra 87,4% do total da produção brasileira, enquanto que a região Norte – Nordeste apresenta 12,6% da produção. Agora analisando a distribuição espacial, tem-se ainda mais concentração da produção conforme apresentado abaixo pela Figura 1.

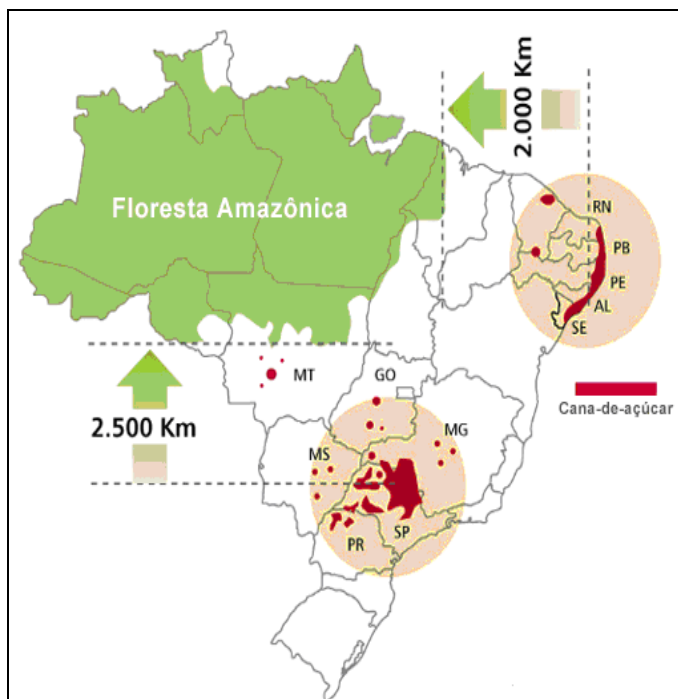


Figura 1: Áreas de maior concentração da produção de cana-de-açúcar no Brasil.

Fonte: Nipe – Unicamp, IBGE e CTC *apud* ÚNICA (2008)

Segundo dados UNICA (2008), os estados que apresentaram maior produção na safra 07/08 foram: São Paulo com 60%, Paraná com 8,2%, Minas Gérias com 7,2%, Alagoas com 5,9 % e Goiás com 4,3%, e 14,4% para os demais estados.

Este trabalho teve como objetivo principal investigar, empiricamente, os efeitos do teste de raiz unitária não linear sobre os preços recebidos pelo produtor de cana-de-açúcar de São Paulo, no período de agosto de 1994 a setembro de 2008. Os dados foram coletados junto a Fundação Getulio Vargas (FGV, dados).

O teste de raiz unitária não linear usado foi o KSS (*Smooth Transition Autoregressive - STAR*) desenvolvido por KAPETANIOS, SHIN e SNELL (2003). Assim, o presente trabalho está dividido em três partes além desta introdução, na primeira parte é apresentada a metodologia, na segunda apresentam-se os resultados e discussões e no final apresentam-se as considerações finais.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Teste de raiz unitária não linear – (KAPETANIOS, SHIN e SNELL, 2003, KSS)

Os modelos empíricos de análise de não estacionariedade *vis-à-vis* à estacionariedade têm sido bastante estudados na econometria de séries temporais. A literatura econométrica de séries temporais tem examinado essas questões em modelos lineares, desconsiderando qualquer possibilidade de não linearidades no comportamento das séries temporais (KAPETANIOS, SHIN e SNELL, 2003).

De acordo com KIHÇ (2003), os testes de raiz unitária não lineares são mais parcimoniosos e possuem uma capacidade melhor de rejeitar a hipótese nula do que os tradicionais testes Dickey-Fuller (DF) e Phillips-Perron (PP), principalmente em situações em que o processo gerador de dados é altamente persistente. Geralmente, os modelos não lineares são versões modificadas do teste Aumentado de Dickey-Fuller (ADF), envolvendo uma dinâmica não linear, e são conhecidos como modelos *Smooth Transition Autoregressive* (STAR). Os resultados de previsão desses modelos são mais robustos que os testes de DF e PP, pois permitem detectar a presença de estacionariedade da série na presença de componente tendência não linear (CHORTARCAS e KAPETANIOS, 2003).

De acordo com CHORTARCAS e KAPETANIOS (2003) e KAPETANIOS, SHIN e SNELL (2003), pode-se considerar um modelo univariado STAR de primeira ordem I(1), ou STAR(1).

$$Y_T = \beta Y_{T-1} + \beta^* Y_{T-1} \phi(\theta : Y_{T-d}) + \varepsilon_T \quad t = 1, \dots, n \text{ e } d \geq 1 \quad (1)$$

em que o termo  $\varepsilon_T$  possui média zero e variância constante, e  $\beta$  e  $\beta^*$  são os parâmetros desconhecidos. Assume-se que  $Y_T$  é um processo estocástico com média zero. O termo  $\phi(\theta : Y_{T-d})$  refere-se à função de transição, em que  $\theta \geq 0$  e  $d \geq 1$  é dado. Assim, o modelo STAR apresenta função de transição exponencial denotado pela expressão (2).

$$\phi(\theta : Y_{T-d}) = 1 - \exp(-\theta Y_{T-d}^2) \quad (2)$$

A função exponencial de transição situa-se entre 0 e 1, ou seja,  $R \rightarrow [0,1]$ , tendo a propriedade descrita pela expressão (3), que é simetricamente U invertido em torno de zero.

$$\phi_E(0) = 0 \text{ e } \lim_{X \rightarrow \pm\infty} \phi_E(X) = 1$$

Utilizando (2) em (1), tem-se o modelo exponencial STAR, que pode ser expresso em (3) como um modelo *Exponencial Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR).

$$Y_T = \beta Y_{T-1} + \beta^* Y_{T-1} [1 - \exp(-\theta Y_{T-d}^2)] + \varepsilon_T \quad (3)$$

A hipótese nula do teste de raiz unitária é testar se  $\beta = 1$  e  $\theta < 0$  (é verdade para  $\phi_E(\cdot) = 0$ ); e sendo  $\theta = 0$ , a expressão (3) se torna um modelo linear AR(1) não estacionário.

$$Y_T = \beta Y_{T-1} + \varepsilon_T \quad (4)$$

A alternativa estacionária, para  $\theta$  é estritamente positiva e (3) se torna a expressão (5).

$$Y_T = \{\beta + \beta^* \phi_E(\theta Y_{T-d})\} Y_{T-1} + \varepsilon_T \quad (5)$$

Considerando que  $0 < \phi_E(\theta Y_{T-d}) < 1$ , evidencia-se que  $Y_T$  é um teste de raiz unitária na região  $Y_{T-d} = 0$ , para o qual  $\beta + \beta^* \phi_E(\theta Y_{T-d}) = 1$ . Para grandes valores de  $Y_{T-d}$  sobre os outros resulta aproximadamente um processo AR(1) com raiz estável  $\beta + \beta^*$ , contanto que ocorra  $-2 < \beta^* < 0$ .

Explicitamente, as hipóteses nula e alternativa podem ser expressas da seguinte forma:

$$H_0: \theta = 0 \quad (6)$$

$$H_A: \theta > 0 \quad (7)$$

Assim, a hipótese nula, (5), é diretamente impossível desde que  $\beta^*$  não é identificado.

Segundo CHORTARCAS e KAPETANIOS (2003) e KAPETANIOS, SHIN e SNELL (2003), o teste linear ADF não é muito confiável quando o processo é estacionário, mas não linear. Então, a estimativa envolve a estimativa da seguinte expressão auxiliar.

$$\Delta Y_T = \delta Y_{T-1}^3 + \varepsilon_T \quad (8)$$

Deve-se utilizar o teste *t-student* para testar a hipótese nula (6 e 7), considerando o modelo Não Linear ADF (NLADF). Então  $tNLADF = \frac{\delta}{S.E(\delta)}$  (o resultado dessa divisão dá origem a estatística de *t* de *student* não linear,  $t(NL)$ , em que o parâmetro  $\delta$  é o estimado por MQO e a expressão no denominador representa o desvio - padrão da estimativa. Então faz o teste de hipótese do parâmetro  $\theta = 0$ .

Segundo BAHMANI-OSKOOEE e GELAN (2006) e KAPETANIOS, SHIN e SNELL (2003), alternativamente a equação (8), pode estimar o modelo aumentado, considerando que os erros da equação são correlacionados, tem-se a seguinte regressão com ordem  $p$ :

$$\Delta y_t = \sum_{j=1}^p \rho_j \Delta y_{t-j} + \gamma y_{t-1} [1 - \exp(-\theta y_{t-1}^2)] \delta y_{t-1}^3 + \varepsilon_t, \text{ em que } \varepsilon_t \sim iid(0, \sigma^2). \quad (9)$$

O procedimento econométrico é o mesmo descrito anteriormente, onde se testa  $\theta = 0$ , dado pela expressão  $tNLADF = \frac{\delta}{S.E(\delta)}$ , o parâmetro  $\delta$  e o desvio-padrão da estimativa,  $s.e(\delta)$ , são obtidos pela estimativa MQO da equação abaixo:

$$\Delta y_t = \sum_{j=1}^p \rho_j \Delta y_{t-j} + \gamma y_{t-1} + \delta y_{t-1}^3 + error \quad (10)$$

Segundo CHORTARCAS e KAPETANIOS (2003), no teste NLADF deve-se adotar uma nova especificação para os casos de inclusão do intercepto e da tendência nas equações (8 e 10), e os estimadores dos parâmetros podem ser obtidos por MQO. Para escolha do *lag* ideal na equação acima se deve consultar a metodologia do Teste KSS (2003), todavia LIEW e LIM (2005) sugerem a adoção oito *lags* e já YILANCI (2008)

sugere o uso de doze *lags*. Nesse trabalho utilizou as duas sugestões desses autores, entretanto poderiam se usar os critérios de AIC e SC para escolher as defasagens ótimas. Nesse trabalho as estimativas foram obtidas pelo modelo aumentado, considerando que os erros da equação são correlacionados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse trabalho usou a aplicação do teste KSS para as séries de preços da cana-de-açúcar por apresentar componente de tendência não linear, a partir da visualização gráfica da série de dados e ajuste de um modelo determinístico ( $y_t = \alpha_1 + \alpha_2 t + \alpha_3 t^3$ ) que apresentou bom ajuste econométrico. Em face a esses indícios de não linearidade utilizou-se o teste KSS.

Na Tabela 1, apresenta-se a estimativa da equação 10, considerando doze *lags* conforme a sugestão de YILANCI (2008). Conforme a referida tabela, os resultados mostram que a série é estacionária em primeira diferença nos três casos.

Tabela 1: Teste de raiz unitária não linear KSS (2003) para a série preços da cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo, Ago/1994 a Set/2008<sup>1</sup>.

Modelos KSS	tNL( lag =12)	1%	5%	10%
tNL ( <i>case</i> =1)	-9,6665*	-2,8200	-2,2200	-1,9200
tNL ( <i>case</i> =2)	-9,6499*	-3,4800	-2,9200	-2,6600
tNL ( <i>case</i> = 3)	-9,6176*	-3,9300	-3,4000	-3,1300

Fonte: Resultados da pesquisa. \* valores significativos a 1% de probabilidade. Os valores críticos foram tabulados por KAPETANIOS, SHIN e SNELL (2003, p.364).

<sup>1</sup>Conforme KAPETANIOS, SHIN e SNELL (2003, p.364), os modelos considerados: “*Case 1, Case 2 and Case 3 refer to the underlying model with the raw data, the de-meaned data and the de-trended data, respectively*”.



De acordo com os resultados ilustrados na tabela um acima, a série é estacionária nos três casos a 1% de probabilidade.

Já na Tabela 2, apresenta-se a estimativa da equação 10, considerando oito *lags* conforme a sugestão de LIEW e LIM (2005).

Tabela 2: Teste de raiz unitária não linear KSS (2003) para a série preços da cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo, Ago/1994 a Set/2008.

Modelos KSS	tNL( lag =8)	1%	5%	10%
tNL ( <i>case</i> =1)	-8,3666*	-2,8200	-2,2200	-1,9200
tNL ( <i>case</i> = 2)	-8,3466*	-3,4800	-2,9200	-2,6600
tNL ( <i>case</i> = 3)	-8,3200*	-3,9300	-3,4000	-3,1300

Fonte: Resultados da pesquisa. \* valores significativos a 1% de probabilidade. Os valores críticos foram tabulados por KAPETANIOS, SHIN e SNELL (2003, p.364).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na literatura econométrica de séries temporais vários autores apontam que os testes de raiz unitária não lineares são mais parcimoniosos e possuem uma capacidade melhor de rejeitar a hipótese nula do que os tradicionais testes de raiz unitária. Considerando, a hipótese que o processo gerador de dados é altamente persistente na série analisada. Assim, nesse preliminar estudo não foram confrontados com os tradicionais testes de raiz unitária, tais como o ADF, o PP e o KPPS, devido a adoção da hipótese usada pelos autores citados no corpo do texto, que em processos não lineares o teste KSS deve ser empregado diretamente. Todavia, para futuros trabalhos recomenda-se o uso de testes lineares convencionais juntamente com o teste não linear de raiz unitária.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



BAHMANI-OSKOOEE, M.; GELAN, A. Testing the PPP in the non-linear STAR Framework: Evidence from Africa. **Economics Bulletin**, Vol. 6, No. 17 pp. 1-15, 2006.

CHORTARCAS, G., KAPETANIOS, G. **The yen real exchange rate may be stationary after all: evidence from nonlinear unit root tests**. University of London (Queen Mary), Department of Economics, 2003. (Working paper, 484).

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, (FGV-dados). **Informações estatísticas**. Disponível em: <[www.fgvdados.br](http://www.fgvdados.br)>. Acesso em: set. 2008.

KAPETANIOS, G., SHIN, Y., SNEEL, A. Testing for unit root in the nonlinear STAR framework. **Journal of Econometrics**, n. 112, p. 359-379, 2003.

KIAÇ, R. **A testing procedure for unit root in the STAR model**. Georgia Institute of Technology, School of Economics, 2003. (Working paper).

LIEW, V. K.S.; LIM, K.P. Income Divergence? Evidence of Non-linearity in the East Asian Economies. **Economics Bulletin**, Vol. 15, No. 1 pp. 1-7, 2005.

YILANCI, V. Are unemployment rates nonstationary or nonlinear? evidence from 19 OECD countries. **Economics Bulletin**, Vol. 3, No. 47 pp. 1-5, 2008.