



**IBMEC SÃO PAULO**  
**Faculdade de Economia e Administração**

**Marcell Francescato**

**O IMPACTO DOS MERCADOS DE Açúcar E PETRÓLEO  
AMERICANO NA VOLATILIDADE DO Açúcar BRASILEIRO**

**São Paulo**  
**2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Marcell Francescato

**O IMPACTO DOS MERCADOS DE AÇÚCAR E PETRÓLEO  
AMERICANO NA VOLATILIDADE DO AÇÚCAR  
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao curso de Ciências Economias,  
como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre do  
Ibmec São Paulo.

Orientadora:  
Prof. Dra. Andréa Minardi – Ibmec São Paulo

**São Paulo  
2006**

Dissertação: Faculdade de Economia e Administração. Ibmec  
São Paulo.

Orientadora: Prof. Dra. Andréa Minardi

Marcell Francescato

**O IMPACTO DOS MERCADOS DE AÇÚCAR E PETRÓLEO AMERICANO NA  
VOLATILIDADE DO AÇÚCAR BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Economia, do Ibmec como parte dos requisitos para conclusão do curso de Mestrado em Economia.

**EXAMINADORES**

---

Prof. Dra. Andrea Maria A. Fonseca Minardi  
Orientadora

---

Prof. Dr. Pedro Luiz Valls  
Examinador

---

Prof. Dr. Emerson Fernandes Marçal  
Examinador

## Resumo

Marcell Francescato – O Impacto dos Mercados de Açúcar e Petróleo Americano na Volatilidade do Açúcar Brasileiro - Faculdade de Economia do Ibmec.

O álcool combustível tornou-se uma alternativa real e viável à crescente escalada de preços do petróleo no mercado internacional. Entretanto, sua produção demanda grande quantidade de cana-de-açúcar, da qual o Brasil é o maior produtor mundial. Grande parte da produção de cana-de-açúcar é destinada à produção de álcool combustível e açúcar. O álcool é um claro substituto à utilização da gasolina derivada do petróleo, enquanto que o açúcar é uma commodity demandada internacionalmente para os mais diversos fins.

Com base nessa relação, o trabalho busca analisar como a volatilidade do açúcar negociado em Nova York (bolsa de maior liquidez na negociação dessa commodity) e a volatilidade do petróleo afetam os preços do açúcar produzido e comercializado no Brasil. Para conduzir essa análise, serão utilizados modelos multivariados da família GARCH, tendo a correlação condicional como referência ao afirmar se há ou não contágio entre esses mercados.

Foi observado um significativo co-movimento entre a volatilidade das commodities, caracterizando interdependência. Entretanto, são fracas as evidências de contágio entre o açúcar Esalq, o açúcar NY e petróleo.

Palavras-chave: açúcar, GARCH, DCC, BEKK, contágio, interdependência

## Abstract

Marcell Francescato – Faculdade de Economia do Ibmecc.

The alcohol fuel became a real and viable alternative to the growing petroleum prices in the global economy. However the production of this kind of fuel requires a great amount of sugar cane, of which Brazil is the major world-wide producer. There are two major outcomes of sugar cane: alcohol fuel and sugar. Whereas the alcohol fuel is a clear substitute to petroleum, the sugar cane is a global commodity; both goods are in high demand.

Based on the relationship between these two goods, the aim of this study is to analyze how the volatility of the sugar negotiated in NY and the volatility of the petroleum affect the prices of the sugar produced and commercialized in Brazil.

The methodology is based on multivariate GARCH models family, and the analysis will be conducted based on conditional correlation.

There is a significant comovement within the volatility of the commodities, characterizing interdependence. However, there is weak evidence of contagion among the analyzed commodities.

Keywords: sugar, GARCH, DCC, BEKK, contagion, interdependence.

# Índice

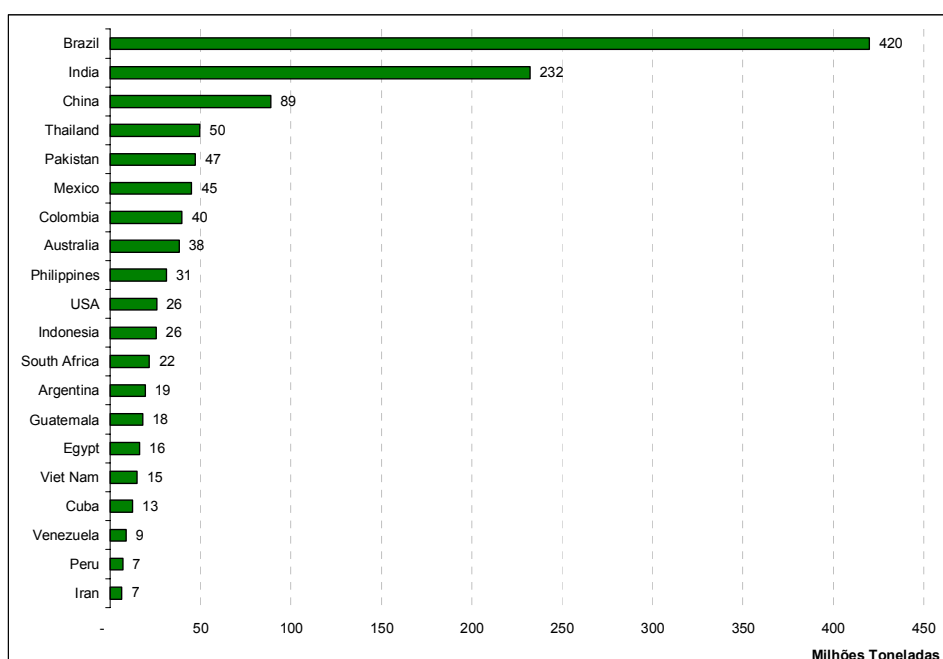
<b>1 Introdução</b> .....	7
<b>2 Histórico</b> .....	9
2.1 O Cultivo da Cana-de-açúcar no Brasil. ....	9
2.2 Criação do Proálcool. ....	10
<b>3 Referencial Teórico</b> .....	12
<b>4 Metodologia</b> .....	15
4.1 Análise e Tratamento dos dados .....	15
4.2 GARCH Multivariados .....	16
4.2.1 Modelo DCC. ....	17
4.2.2 Modelo BEKK. ....	18
4.2.3 Modelo OGARCH. ....	19
<b>5 Resultado</b> .....	20
<b>6 Conclusão</b> .....	26
<b>Referências.</b> .....	27
<b>Anexos</b> .....	28



## I) Introdução

O Brasil se destaca no mercado internacional como o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, conforme pode ser observado na Figura I. Apesar dessa cultura estar presente desde o período colonial, foi na década de 70 que se deu início à expansão do cultivo da cana, incentivado por um programa governamental, o Proálcool. O Proálcool foi um programa lançado pelo governo com o intuito de criar um substituto ao petróleo como fonte para combustíveis.

Figura I - Produção Mundial de Cana-de-Açúcar 2006 (em milhões de toneladas)



Fonte: F AO ( Food and Agricultural Organization of the United Nation )

Com a estabilização dos preços do petróleo no mercado internacional, o álcool passou a ser pouco competitivo, necessitando de subsídios para garantir a manutenção do programa e o preço do álcool no mercado. No começo da década de 90, deu-se início à desregulamentação dos preços dos produtos derivados da cana-de-açúcar (principalmente o álcool), que passaram a ser determinados pela oferta e demanda do produto.

O governo passou a intervir no mercado do álcool através da determinação do percentual de álcool na gasolina. Desde 1931, a adição de álcool na gasolina (de 5%, inicialmente) foi utilizada para sanar as dificuldades do setor. Durante décadas, este percentual de adição teve variações: chegou ao máximo de 26% em 1999, voltou para 20% em 2000 e subiu para 25% em 2002. Este último percentual vigorou até 1º de março de 2006 quando caiu para o novo percentual de 20%. Estas variações de percentuais de adição de

álcool na gasolina sempre tiveram o intuito de equalizar os mercados de álcool e de açúcar, tanto no âmbito interno quanto no exterior.

Espera-se de uma redução do percentual de álcool na gasolina um aumento na oferta de álcool no mercado, levando a uma redução no preço do álcool combustível. Com essa redução no preço do álcool, produtores de cana-de-açúcar avaliarão o *trade-off* entre produzir açúcar ou álcool, levando muitos a diminuir a produção de álcool em relação a produção de açúcar<sup>1</sup>.

Em 2003, conflitos internacionais como a guerra dos EUA contra o Iraque, voltaram a gerar impactos no mercado internacional do petróleo, levando-o a sucessivas altas de preço, atingindo os maiores níveis de preço em 2006.

Com essa ascensão do preço internacional do petróleo e o lançamento em 2003 dos primeiros veículos bi-combustíveis, novamente o álcool voltou a ser cotado como um substituto viável a utilização da gasolina como combustível.

O objetivo desse trabalho é avaliar se o comportamento do preço do açúcar no mercado doméstico sofre grande influência do preço do petróleo e do preço do açúcar no mercado internacional, e se choques na volatilidade do petróleo e açúcar no mercado internacional têm efeito de contágio sobre a volatilidade do preço do açúcar no Brasil. O conceito de contágio utilizado nesse trabalho é de um aumento na volatilidade em um mercado como consequência de choques em outros mercados.

Esse trabalho, está organizado em seis capítulos, sendo o Capítulo I a introdução. O Capítulo II contém um histórico da evolução do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil. O Capítulo III refere-se à revisão de literatura e são descritos alguns trabalhos sobre interdependência de preços de commodities, bem como são discutidos os resultados empíricos encontrados. O referencial teórico, os aspectos relativos à metodologia, a descrição e o tratamento da base de dados encontram-se no Capítulo IV. No Capítulo V são apresentados e discutidos os resultados e, por fim, o trabalho é concluído no Capítulo VI.

---

<sup>1</sup> - Existem limitações técnicas que impedem que os produtores de cana-de-açúcar aloquem a produção para o açúcar ou para o álcool, tais como tipo da cana, qualidade do caldo, especificação da refinaria, etc.

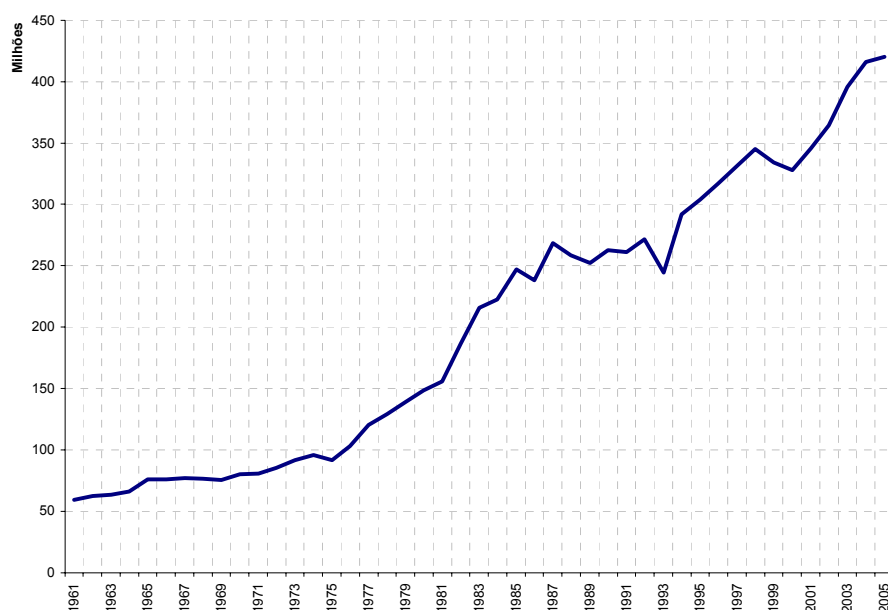
## II) Histórico

### 2.1) O Cultivo da Cana-de-Açúcar no Brasil

A cana-de-açúcar é a matéria prima mais antiga do Brasil, sendo cultivada desde a época da colonização. Chegou ao Brasil na expedição de Martim Afonso de Souza em 1532 e se espalhou em solo fértil com a ajuda do clima tropical quente e úmido e da mão de obra escrava. O açúcar brasileiro enriqueceu Portugal e se espalhou por toda Europa.

A cana-de-açúcar traz inúmeros benefícios para a economia do país. Do seu processo de industrialização, obtêm-se como produtos o açúcar nas suas mais variadas formas e tipos, o álcool, o vinhoto e o bagaço. Devido à grandeza dos números do setor sucroalcooleiro no Brasil, a cana-de-açúcar deve ser tratada como o principal tipo de biomassa energética, base para todo o agronegócio sucroalcooleiro, representado por 350 indústrias de açúcar e álcool e 1.000.000 empregos diretos e indiretos em todo o Brasil. O Brasil produziu e moeu na safra 1999/00, 300 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, 381 milhões de sacas de 50 kg de açúcar e mais de 12 milhões de m<sup>3</sup> de álcool anidro e hidratado (*fonte: IBGE*).

Figura II - Evolução da Produção de Cana-de-Açúcar no Brasil (em milhões de toneladas):



Fonte: F AO ( Food and Agricultural Organization of the United Nation )

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, superando o patamar de 400 milhões de toneladas. A Figura II ilustra a evolução dessa cultura no Brasil, impulsionada a partir da década de 70 pelo programa governamental: Proálcool.

Em 1980 o Brasil assumiu o posto de maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, superando países como Índia e Cuba, mantendo a posição até a atualidade. Hoje a produção brasileira corresponde à aproximadamente 36% do total mundial.

## 2.2) Criação do Proálcool

O Proálcool, Programa Nacional do Álcool, é o maior programa comercial de utilização de biomassa para produção de energia no mundo. Representou a iniciativa de maior sucesso mundial, na substituição de derivados de petróleo no setor automotivo, mediante o uso do álcool como combustível único nos veículos movidos à álcool hidratado. Ainda hoje há cerca de quatro milhões de veículos que utilizam exclusivamente este derivado da cana como combustível, representando 40% da frota nacional. Vale lembrar o importante papel desempenhado na solução do problema da octanagem da gasolina, substituindo o chumbo tetraetila, altamente prejudicial à saúde humana, na mistura gasolina-álcool (gasohol), hoje aceita e usada em praticamente todo o mundo.

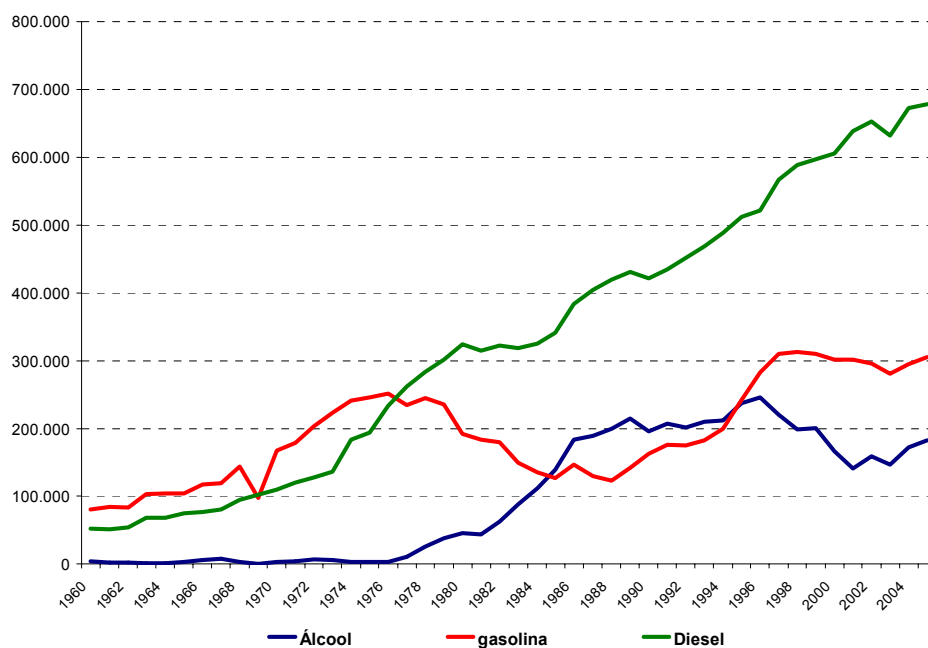
Em 1975, numa tentativa de amenizar o problema energético, o Proálcool foi criado pelo governo brasileiro com o objetivo de reduzir a importação de petróleo. Naquela época o mundo vivia o primeiro choque do petróleo. O Brasil comprava 80% do petróleo consumido e com a alta de preços entre 1973 e 1974, o país teve que enfrentar o crescimento da importação que passou de US\$ 600 milhões para mais de US\$ 22 bilhões. O Programa viabilizou a continuidade do abastecimento de combustíveis automotivos baseados no uso do álcool através do incentivo à sua produção nas unidades açucareiras e destilarias independentes, do financiamento ao desenvolvimento de motores apropriados pela indústria automobilística, e de uma extensa rede de distribuição do combustível.

O sucesso do programa pode ser observado na Figura III, onde o consumo médio do álcool combustível superou o consumo da gasolina entre os anos de 1985 e 1995.

Posteriormente à baixa dos preços do petróleo, o álcool tornou-se pouco competitivo, exigindo subsídios para a manutenção do programa. Atualmente, é baixa a produção de veículos novos a álcool, mas a recente elevação dos preços internacionais do petróleo cria perspectivas promissoras para o álcool combustível. Mais ainda porque o álcool tem tido seu reconhecimento na comunidade internacional como uma das possíveis soluções aos

problemas ambientais, destacando-se como um dos melhores candidatos a ser apoiados com políticas de financiamento (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo - MDL), segundo o estabelecido no Protocolo de Quioto.

Figura III - Relação de Consumo entre os Diferentes Combustíveis (mil Barris)



Fonte: IBGE

### III) Referencial Teórico

Compreender a dependência temporal de segunda ordem dos retornos de ativos é importante no desenvolvimento de análises econométricas financeiras. Hoje se aceita extensamente a idéia de que as volatilidades de ativos financeiros movem-se conjuntamente ao longo do tempo. Reconhecendo esta característica de modelos multivariados pode-se obter modelos empíricos mais relevantes do que trabalhando com modelos univariados estimados separadamente.

Do ponto de vista financeiro, essa metodologia possibilitou o desenvolvimento de ferramentas de análises para diversas áreas, tais como: precificação de ativos, seleção de carteiras, precificação de opções, hedges e gestão de risco.

Desde o trabalho de Engle (1982), ferramentas tradicionais de séries de tempo utilizadas para modelar médias, tais como modelos ARMA (autoregressive moving average), passaram a ser utilizadas em modelagens de volatilidade. Modelos ARCH (Autoregressive conditional heteroscedasticity) são usados hoje amplamente na análise de volatilidades e seu comportamento ao longo do tempo.

Uma aplicação comum dessa metodologia são os modelos MGARCH (multivariate GARCH), que é o estudo da relação entre as volatilidades e as covariâncias de diversos ativos ou mercados.

Pindyck e Rotemberg (1990) testaram se os preços de commodities no mercado americano tendem a se mover conjuntamente e como as variáveis macroeconômicas afetam essas movimentações de preços. Com base em uma matriz de correlação entre os preços das commodities, dividiram as commodities em grupos de modo que commodities de um grupo não estejam correlacionadas ou tenha qualquer dependência de commodities de outros grupos. Estimaram por OLS a relação de preço de cada um dos grupos contra variáveis macroeconômicas (taxa de juros americana, IPC americano, relação de câmbio com o Yen, Libra e Marco Alemão e oferta monetária (M1) nos EUA. Os autores concluíram que variáveis macroeconômicas não são capazes de explicar, isoladamente, o comportamento dos preços de commodities e destacaram três possíveis limitações no modelo analisado: (1) não é possível afirmar se todas as variáveis macroeconômicas relevantes foram consideradas; (2) não é possível afirmar que essas variáveis macro sejam realmente exógenas (existe a possibilidade de o preço de algumas commodities afetarem variáveis macro, criando endogeneidade no modelo) e (3) as distribuições foram assumidas como normais na maior

parte dos testes, o que pode ser uma premissa muito forte, dado que empiricamente observa-se excesso de curtose em distribuições de preços de commodities.

Pindyck e Rotemberg (1990) também levantaram a hipótese de que uma das causas para os preços de commodities não responderem completamente a variações macroeconômicas é o perfil especulador de seus principais operadores, que se baseiam mais em variáveis não econômicas, como condições climáticas, níveis de estoque, etc.

Deb, Trivedi e Varangis (1996) desenvolveram uma nova abordagem empírica para avaliar a existência de excesso de co-movimentos entre os preços de commodities. Primeiramente definiram um benchmark para nível de movimentação de preços de commodities e com isso puderam determinar o que é o excesso, nomeado como ECM. Observando o comportamento dos preços de commodities, concluíram que as hipóteses de homocedasticidade e normalidade são violadas, assim optaram pelo modelo GARCH. Com base nos parâmetros estimados pelo modelo GARCH, as análises procederam com base nos testes sobre a covariância condicional e a covariância não condicional. Encontraram evidências de excesso de co-movimentos entre preços de commodities quando utilizados modelos OLS e GARCH univariado, porém, não encontraram evidências para o modelo GARCH multivariado.

Bessler e Fuller (2006) analisaram a interdependência de longo prazo entre os preços do petróleo bruto e outros óleos de origem animal ou vegetal. Utilizando dados semanais, buscaram responder a duas perguntas: Há relações de preços entre o petróleo e outros tipos de óleos? Quanto da volatilidade dos preços dos óleos vegetais pode ser explicada pelas variações nos preços do petróleo? Para avaliar a dinâmica dessa interdependência entre os preços dessas commodities utilizaram um modelo de séries temporais multivariado, o VAR. Coletaram dados históricos de óleo de canola, óleo de girassol, óleo de soja, óleo de palmeira e o preço médio do petróleo ponderado pelo volume exportado por cada país. Utilizaram variáveis dummies para capturar influências políticas, tais como a guerra do Iraque e EUA em março de 2003, e mudanças estruturais nos setores produtivos como, por exemplo, a criação de incentivos para utilização do Biodiesel pela Comissão Européia de Energia e Meio Ambiente. Com base no critério de informação Schwarz Loss (1978) e Hannan and Quinn (1979), ficou definido a utilização de um lag no modelo VAR. O teste de cointegração de Johansen (1992) identificou a presença de um vetor de cointegração entre as cinco séries de resíduos do modelo VAR especificado. Ao analisar a equilíbrios de longo prazo, também através de testes de cointegração, observaram que todos os tipos de óleos, com exceção do petróleo, recuperam o equilíbrio de longo prazo quando algum choque externo ocorre. Os

autores concluíram que no longo prazo, o óleo de soja é o que exerce a maior influência sobre os preços dos demais óleos vegetais, porém, nenhum óleo sofre influencia significativa de choques no preço do petróleo.

O trabalho de Forbes e Rigobon (2002) desenvolveu a idéia de que a heterocedasticidade pode viesar testes de contágio baseados em coeficientes de correlação. Definiram contágio como um significativo aumento na volatilidade de um mercado após um choque ocorrido em outro(s) mercado(s). Segundo os autores, se dois mercados apresentam alto nível de co-movimento durante períodos de estabilidade e após um choque em um dos mercados ambos mantiverem o mesmo nível elevado de correlação, isso não deveria ser classificado como contágio. Se o nível de co-movimento entre os mercados não sofrer um aumento significativo, essa relação entre os ativos pode ser classificada como interdependência. Os testes de contágio foram realizados para os mercados de ações, destacando a crise no mercado americano de 1987, o período da desvalorização do peso mexicano em 1994 e crise na Ásia de 1997. Usando a variância e a covariância estimados através do modelo VAR, calcularam a correlação condicional entre os mercados, não ajustada para heterocedasticidade, para três diferentes períodos: período de estabilidade, período de crise e todo o período. Realizaram o teste-t para comparar os coeficientes de correlação condicional com os coeficientes de correlação padrões para cada período. Os autores concluíram que não houve aumento significativo na volatilidade de um mercado após choques em outros mercados, o que descaracteriza o efeito de contágio definido pelos autores, entretanto, não se pode rejeitar a interdependência entre os mercados.



#### IV) Metodologia

Foram coletadas as séries de dados diários do preço do açúcar no Brasil em dólares americanos calculadas pela Esalq (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP), do preço futuro do açúcar (Sugar#11) negociado na NYBOT (New York Board of Trade) e preço futuro do petróleo (Brent Crude Oil) negociado na NYMEX (New York Mercantile Exchange) no período de janeiro de 2000 à outubro de 2006. Foram selecionados os indicadores de preços mais significativos de cada commodity. Não serão utilizados dados da BM&F em função da baixa liquidez de seus contratos futuros de açúcar.

##### 4.1) Análise e Tratamento dos dados

É comum que séries temporais compostas por preços de commodities não apresentem distribuição normais e apresentam altas curtoses. As três séries utilizadas não são diferentes das demais e apresentam as mesmas características.

O teste de Dickey-Fuller indica a presença de raiz unitária nas três séries. Os dados além de não serem estacionários apresentam quebras estruturais em função de choques ocorridos no período de análise, o que pode acarretar no problema de estrutura na média. Seus retornos, porém, são estacionários e a hipótese de normalidade não pode ser rejeitada, como pode ser observado nos histogramas no Anexo I. Entretanto, para resolver esse problema, o trabalho será conduzido com base nos resíduos do modelo VAR.

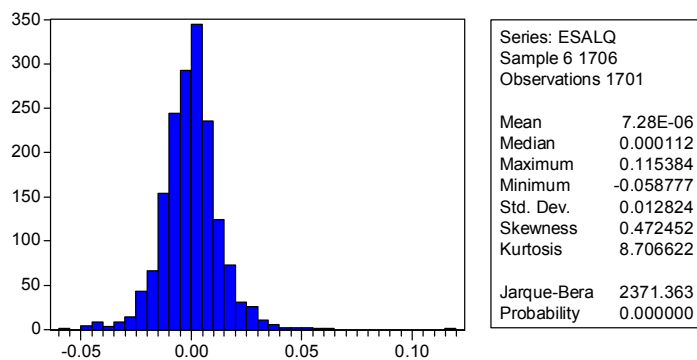
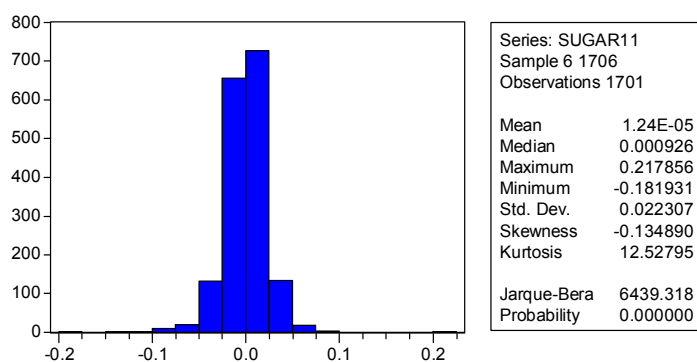
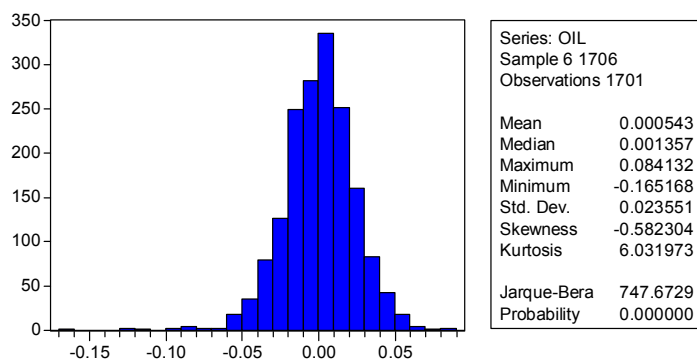
No modelo VAR, é desenvolvido a idéia de que os preços das commodities sofrem influência do preço das outras commodities e de seus preços passados. Pelo critério de informação de Schwarz, foi decidido pelo modelo com cinco lags. O modelo de equações abaixo pode facilmente ser estimado pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários (OLS):

$$\begin{aligned}y_{1,t} &= a_{11}y_{1,t-1} + \dots + a_{15}y_{1,t-5} + b_{11}y_{2,t-1} + \dots + b_{15}y_{2,t-5} + c_{11}y_{3,t-1} + \dots + c_{15}y_{3,t-5} + \varepsilon_{1,t} \\y_{2,t} &= a_{21}y_{1,t-1} + \dots + a_{25}y_{1,t-5} + b_{21}y_{2,t-1} + \dots + b_{25}y_{2,t-5} + c_{21}y_{3,t-1} + \dots + c_{25}y_{3,t-5} + \varepsilon_{2,t} \\y_{3,t} &= a_{31}y_{1,t-1} + \dots + a_{35}y_{1,t-5} + b_{31}y_{2,t-1} + \dots + b_{35}y_{2,t-5} + c_{31}y_{3,t-1} + \dots + c_{35}y_{3,t-5} + \varepsilon_{3,t}\end{aligned}\tag{1}$$

Toda análise e modelos seguintes serão baseados nos resíduos do modelo VAR estimado:  $\varepsilon_{1,t}$  (Oil),  $\varepsilon_{2,t}$  (SUGAR11) e  $\varepsilon_{3,t}$  (ESALQ).

O teste de Johansen sobre as séries de resíduos acima indica que a 5% não rejeita a hipótese de dois vetores de cointegração. As séries a serem utilizadas são estacionárias e a hipótese de normalidade não pode ser rejeitada, como pode ser observado na figura IV.

Figura IV – Histograma das Séries de Resíduos das Commodities Analisadas



#### 4.2) GARCH Multivariados

Modelos GARCH vêm sendo bastante utilizados na análise de séries de preços de ativos financeiros em função de sua simplicidade e eficiência na modelagem da volatilidade.

Sua utilização é indicada para análises de séries cuja variância condicional não é constante ao longo do tempo.

Como vantagem em relação aos modelos ARCH (autoregressive conditional heterocedasticity), modelos GARCH permitem capturar movimentos persistentes na volatilidade dos ativos, provocados por choques no retorno, sem ter de estimar um grande número de parâmetros. A equação abaixo descreve a dinâmica de um GARCH (p,q):

$$\sigma_t^2 = a + \beta_1 \varepsilon_t^2 + \beta_2 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \beta_p \varepsilon_{t-p+1}^2 + c_1 \sigma_{t-1}^2 + c_2 \sigma_{t-2}^2 + \dots + c_q \sigma_{t-q}^2 \quad (2)$$

Dentre os modelos GARCH multivariados mais utilizados, vamos considerar os modelos DCC e BEKK:

#### 4.2.1) Modelo de Correlação Condicional Dinâmico – DCC

A estimação do DCC pode ser dividida em duas etapas. Primeiro são estimados os parâmetros da volatilidade univariada utilizando o modelo GARCH para cada variável. No segundo estágio, os resíduos padronizados obtidos na primeira etapa são utilizados como inputs para estimar a matriz de correlação variante no tempo. Esse tipo de estimação em duas etapas de funções de verossimilhança pode ser ineficiente, porém consistente (Engle e Sheppard 2001).

Segundo Engle (2002), a estrutura de um modelo DCC(m,n) podia ser descrita como:

$$H_t \equiv D_t R_t D_t \quad (3)$$

Onde  $D_t = \text{diag}\{\sqrt{h_{it}}\}$  é uma matriz diagonal dos desvios padrão de um GARCH univariado e  $R_t \equiv \{\rho_{ij}\}_t$ , para  $ij = 1,2,3$  representando a matriz de correlação contendo os coeficientes da correlação condicional.

Os elementos de  $D_t$  seguem a forma de um GARCH univariado (p,q) da seguinte forma:

$$h_{ij} = \omega_i + \sum_{p=1}^{P_i} a_{ip} \varepsilon_{it-p}^2 + \sum_{q=1}^{Q_i} \beta_{iq} h_{it-q} \quad \forall \quad i = 1,2,3 \quad (4)$$

$$R_t = \text{diag}\{Q_t\}^{-1} Q_t \text{diag}\{Q_t\}^{-1} \quad (5)$$

Onde

$$Q_t = (1 - \sum_{m=1}^M a_m - \sum_{n=1}^N b_n) \bar{Q} + \sum_{m=1}^M a_m (\xi_{t-m} \xi'_{t-m}) + \sum_{n=1}^N b_n Q_{t-n} \quad (6)$$

Onde  $\xi_t = \varepsilon_{it} / \sqrt{h_{it}}$  é o vetor contendo os erros padronizados;  $Q_t \equiv \{q_{ij}\}_t$  é a matriz de variância-covariância dos erros padronizados não condicional (constantes no tempo);  $\bar{Q}$  é a matriz de variância-covariância obtido no primeiro estágio da estimação do modelo e  $Q_t^*$  é uma matriz diagonal contendo a raiz quadrada dos elementos da matriz  $Q_t$  :

$$diag\{Q_t\} = \begin{vmatrix} \sqrt{q_{11}} & 0 \\ 0 & \sqrt{q_{22}} \end{vmatrix}$$

O elemento principal a ser obtido a partir de  $R_t$  é  $\rho_{12,t} = q_{12} / \sqrt{q_{11,t} q_{22,t}}$ , que representa a correlação condicional entre os retornos das commodities, essencial na análise de contágio.

O DCC pode ser estimado com base nas equações (2) e (3) usando o método de Máxima Verossimilhança, cuja função de Verossimilhança é dada por:

$$L = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \{2 \log(2\pi) + 2 \log|D_t| + \log|R_t| + \xi'_t R_t^{-1} \xi_t\} \quad (7)$$

O modelo IDCC pode ser classificado como um caso particular do DCC. Esse modelo é melhor aplicado em situações onde os resíduos obtidos a partir da equação (4) não são estacionários.

#### 4.2.2) Modelo BEKK

Modelo concebido inicialmente por Yoshi Baba, Robert Engle, Dennis Kraft e Ken Kroner, revisado posteriormente por Robert Engle e Ken Kroner em 1995.

O modelo BEKK(p,q) pode ser representado por:

$$H_t = C_0^* C_0^* + \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^p A_{in}^* \varepsilon_{t-1} \varepsilon'_{t-1} A_{in}^* + \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^q G_{in}^* H_{t-1} G_{in}^* \quad (8)$$

Onde  $C_0^*$ ,  $A_{in}^*$  e  $G_{in}^*$  são matrizes de parâmetros N x N com  $C_0^*$  triangular.

$$H_t = C_0' C_0^* + \begin{vmatrix} a_{11}^* & a_{12}^* \\ a_{21}^* & a_{22}^* \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \varepsilon_{1,t-1}^2 & \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-1}^2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_{11}^* & a_{12}^* \\ a_{21}^* & a_{22}^* \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} g_{11}^* & g_{12}^* \\ g_{21}^* & g_{22}^* \end{vmatrix} H_{t-1} \begin{vmatrix} g_{11}^* & g_{12}^* \\ g_{21}^* & g_{22}^* \end{vmatrix} \quad (9)$$

O modelo BEKK pode ser estimado através da maximização da função de log verossimilhança:

$$L = \sum_{t=1}^T L_t \quad (10)$$

$$L_t = \frac{n}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \ln |H_{rf,t}| - \frac{1}{2} v_t' H_{rf,t}^{-1} v_t \quad (11)$$

Alguns casos especiais de modelos derivados do BEKK são considerados em análises de volatilidade, como por exemplo, modelos onde as matrizes de parâmetros A e G são Escalar ou Diagonal.

Esse é o caso do ScalarBEKK e do DiagonalBEKK.

#### 4.2.3) Modelo OGARCH

O modelo OGARCH (Orthogonal GARCH) é considerado um método bastante simples de estimar modelos multivariados. Esse modelo, bem como o DCC, é estimado em duas etapas. Primeiro são criadas combinações lineares (OLS) não condicionais e não correlacionadas das séries:  $y_t = Ar_t$ .

No segundo momento, com base nos *outputs* obtidos na primeira etapa:  $E(y_t y_t') \equiv V_t$ , onde  $V_t$  é uma matriz diagonal, é estimado um GARCH univariado sob a premissa de que a correlação condicional é zero. A matriz de Covariância Condicional é determinada por:

$$H_t \equiv A^{-1} V_t A^{-1} \quad (12)$$

## V) Resultado

Uma análise do resultado obtido pela estimação do VECC, nota-se a presença de dois vetores de cointegração, como pode ser observado na Tabela I:

Tabela I – Estimação do VECC com dois vetores de

Cointegrating Eq:	CointEq1	CointEq2	
LOG(OIL(-1))	1.000000	0.000000	
LOG(SUGAR11(-1))	0.000000	1.000000	
LOG(ESALQ(-1))	-1.456170 [-28.7922]	-0.880893 [-83.4278]	
Error Correction:	D(LOG(OIL))	D(LOG(SUGAR11))	D(LOG(ESALQ))
CointEq1	-3.52E-05 [-0.02081]	0.004142 [ 2.58809]	0.001007 [ 1.09471]
CointEq2	0.000261 [ 0.05665]	-0.005939 [-1.35929]	0.011569 [ 4.60561]
D(LOG(OIL(-1)))	-0.004701 [-0.19235]	0.030950 [ 1.33749]	0.004773 [ 0.35876]
D(LOG(OIL(-2)))	-0.026320 [-1.07691]	0.026224 [ 1.13316]	0.004017 [ 0.30193]
D(LOG(OIL(-3)))	0.014345 [ 0.58733]	0.017602 [ 0.76107]	-0.008444 [-0.63508]
D(LOG(OIL(-4)))	-0.016724 [-0.68591]	-0.016305 [-0.70624]	-0.019937 [-1.50215]
D(LOG(SUGAR11(-1)))	0.054865 [ 2.10823]	-0.074327 [-3.01619]	0.034913 [ 2.46439]
D(LOG(SUGAR11(-2)))	-0.044670 [-1.70777]	-0.064867 [-2.61896]	0.027361 [ 1.92153]
D(LOG(SUGAR11(-3)))	-0.029081 [-1.11155]	0.029128 [ 1.17574]	0.025497 [ 1.79021]
D(LOG(SUGAR11(-4)))	0.017940 [ 0.68842]	0.039204 [ 1.58874]	0.000691 [ 0.04874]
D(LOG(ESALQ(-1)))	0.025801 [ 0.58343]	0.030993 [ 0.74014]	0.202567 [ 8.41445]
D(LOG(ESALQ(-2)))	0.005691 [ 0.12787]	0.041946 [ 0.99525]	0.066135 [ 2.72950]
D(LOG(ESALQ(-3)))	-0.058549 [-1.31711]	-0.059439 [-1.41209]	0.157549 [ 6.51060]
D(LOG(ESALQ(-4)))	-0.008487 [-0.19306]	-0.000356 [-0.00856]	0.091112 [ 3.80719]

*t*-statistics in [ ]

A presença de dois vetores de cointegração corrobora a presença de uma relação de longo prazo entre o açúcar brasileiro e o açúcar negociado em NY. Ao mesmo tempo, observa-se que o petróleo exerce influências nos preços do açúcar no Brasil e NY, porém, é exógeno a variações e choques provocados pelo Açúcar.

A Tabela II abaixo resume os valores dos critérios de informação AIC (Akaike Information Criterion) e BIC (Schwarz Criterion):

Tabela II – Comparação dos Modelos Estimados pelos Critérios de Informação AIC e BIC:

<b>Modelo</b>	<b>AIC</b>	<b>BIC</b>
DCC	-25.7543	-15.6241
BEKK	-24.1928	-15.5660
DiagonalBEKK	-25.5664	-15.6058
ScalarBEKK	-26.3142	-15.5602
IDCC	-25.9449	-15.6283
OGARCH	-18.8587	-8.3026

Pelo critério AIC destaca-se o modelo ScalarBEKK como o que melhor descreve a dinâmica da volatilidade das commodities analisadas. Pelo critério BIC destaca-se o modelo IDCC. As Figuras V e VI mostram as correlações condicionais estimadas para as três séries por cada um dos modelos:

Figura V – Correlação Condicional pelo modelo Scalar BEKK

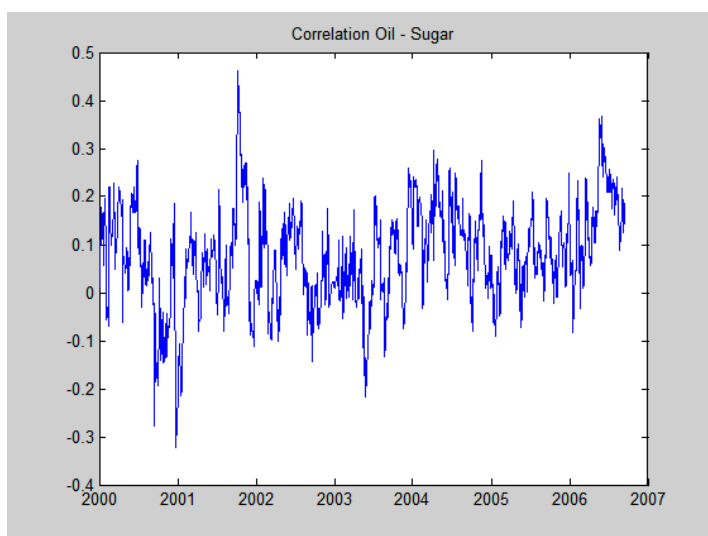


Figura V – Correlação Condicional pelo modelo Scalar BEKK

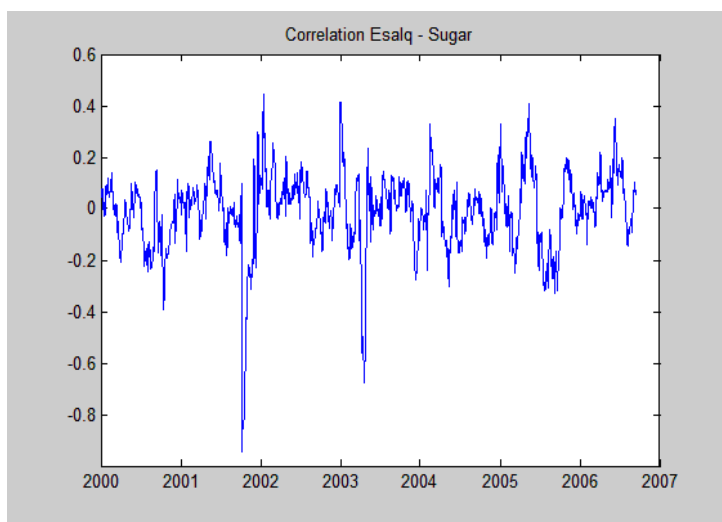
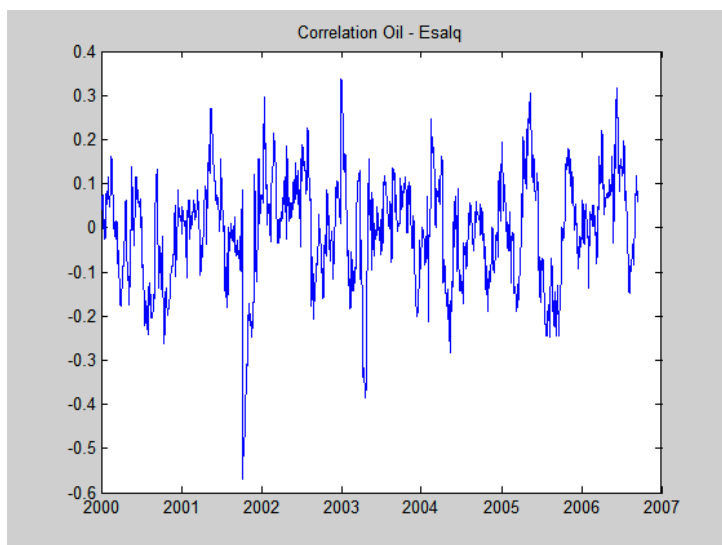


Figura VI – Correlação Condicional pelo modelo IDCC

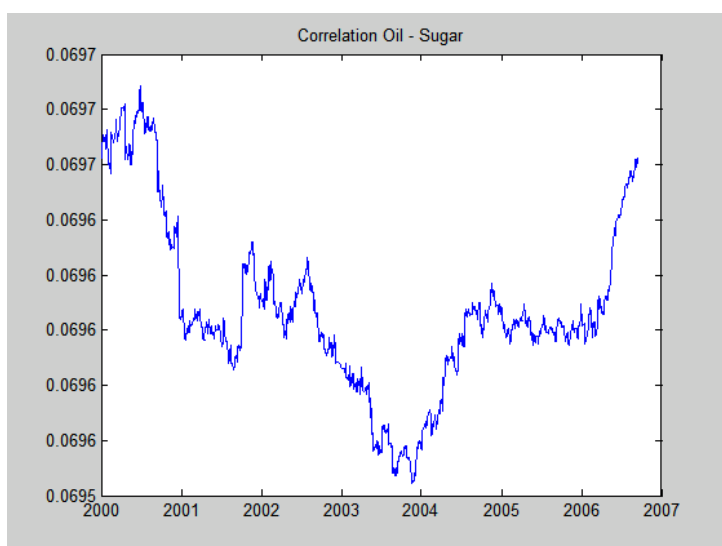
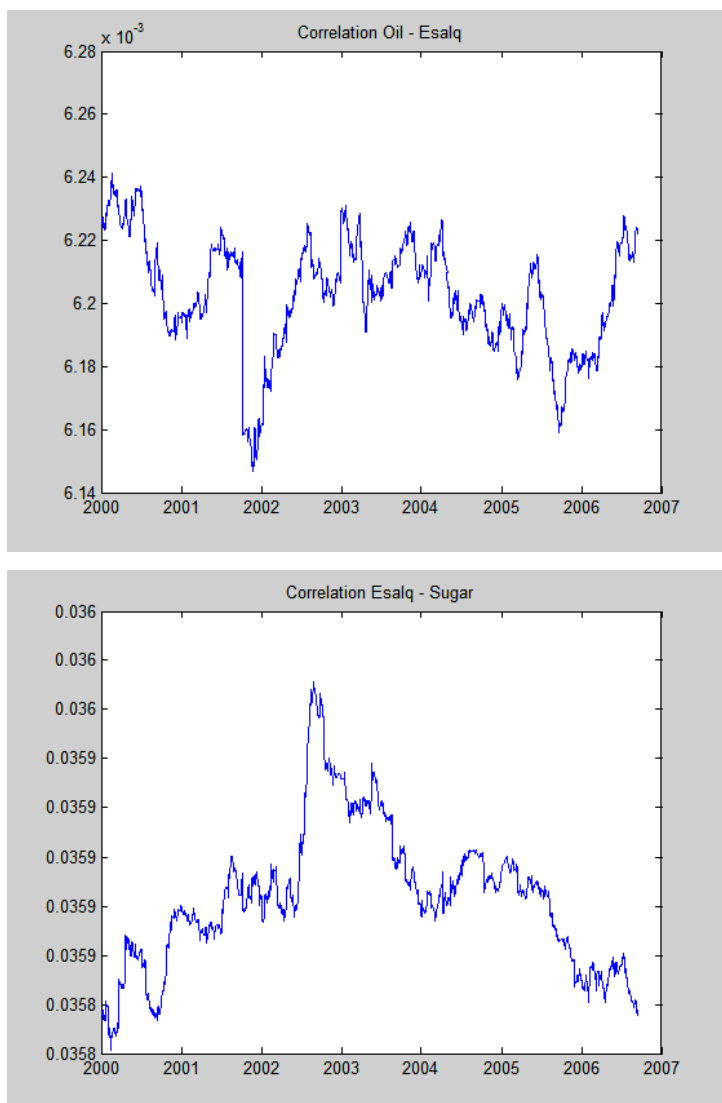




Figura VI – Correlação Condicional pelo modelo IDCC



Os Gráficos obtidos pelo modelo IDCC indicam que há um fraco indicio de contágio entre elas no período analisado. Pelo modelo IDCC a correlação condicional entre as volatilidades oscilam em torno do zero, indicando que não há evidência de contágio. Pela definição de contágio sugerida por Forbes e Rigobon (2002), após um aumento na volatilidade de um dos ativos, supostamente após algum tipo de choque nesse mercado, não foi possível observar grande variação na correlação condicional desse ativo com outros.

Entretanto, pelo modelo ScalarBEKK, há evidências de interdependência entre as variáveis, principalmente entre o açúcar Esalq e o açúcar negociado em Nova York. Essa interdependência entre as commodities pode ser observada em maiores detalhes na Figura V em dois períodos de choque: Queda nos preços do açúcar de junho de 2002 atribuída a

expectativas de maior produção mundial<sup>2</sup>, e início da guerra EUA – Iraque pressionando os preços do petróleo a partir de março de 2003.

Pelo gráfico de volatilidades abaixo, Figura VII, nota-se que alguns choques ocorridos tiveram reflexos pouco significativo ou de pouca magnitude nas outras commodities, fortalecendo a idéia de interdependência e não um efeito de contágio.

Pela Tabela II passamos a rejeitar o modelo IDCC pois não podemos rejeitar a hipótese de que os parâmetros estimados pelo modelo sejam nulos. Pelo modelo ScalarBEKK, os parâmetros estimados são significativos:

Tabela II – Comparação dos Modelos

Modelo IDCC

	Parameter	P-Valor
$\omega_1$	0.0000	0.0000
$\alpha_1$	0.0653	0.4633
$\beta_1$	0.8583	0.4603
$\omega_2$	0.0000	0.0000
$\alpha_2$	0.0003	0.4828
$\beta_2$	0.2024	0.4988
$\omega_3$	0.1590	0.0000
$\alpha_3$	0.0000	0.4627
$\beta_3$	0.1512	0.3262
DCC	0.8082	0.4973

Modelo ScalarBEKK

	Parameter	P-Valor
$C_1$	0.0041	0.0000
$A_1$	0.0039	0.0002
$G_1$	0.2117	0.0000
$C_2$	0.0003	0.0000
$A_2$	-0.0000	0.9999
$G_2$	0.9632	0.0000
$C_3$	-0.0000	0.9998
$A_3$	0.0019	0.0012
$G_3$	0.0000	0.0000

<sup>2</sup> - Fonte: Czarnikow Sugar

Figura VII – Variância Condicional de cada Commodity Analisada

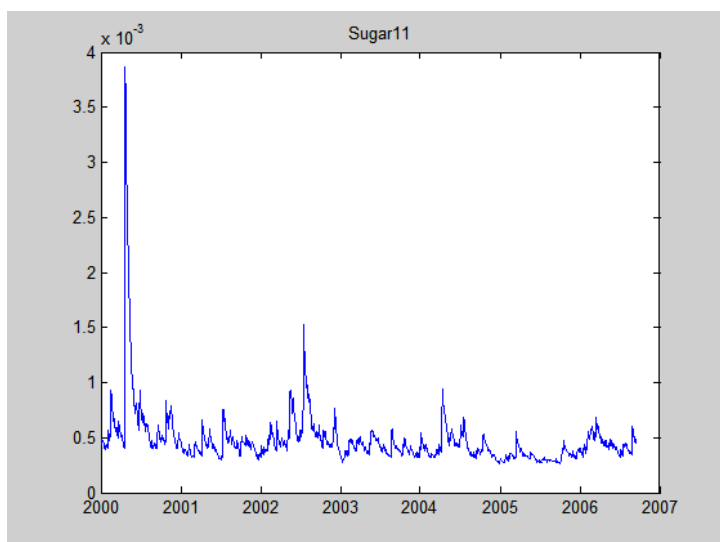
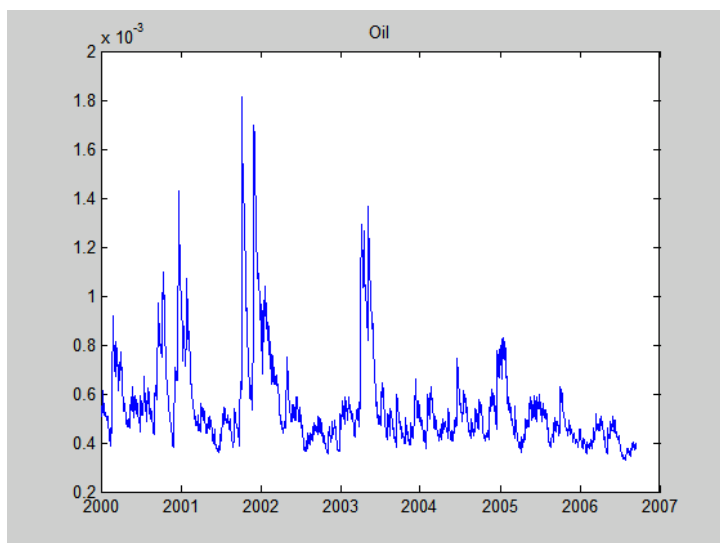
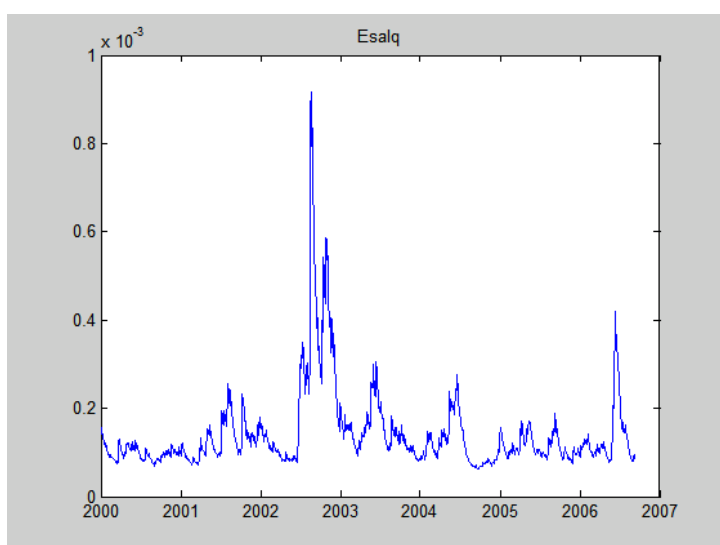


Figura VII – Variância Condicional de cada Commodity Analisada



## VI) Conclusão

O Brasil aloca sua produção de cana-de-açúcar entre produção de álcool e açúcar. O preço do açúcar no mercado doméstico, fornecido pela Esalq, depende tanto do preço do açúcar negociado no exterior como do preço do álcool no mercado interno – esse sob influência do preço da gasolina e, conseqüentemente, do petróleo. O teste de inicial determinou a presença de dois vetores de cointegração, demonstrando que existe uma relação de longo prazo entre o Açúcar NY e o Esalq, e que o preço do petróleo também afeta a açúcar no longo prazo. Porém, conclui-se pelo teste de cointegração que o petróleo é exógeno à choques no preço do açúcar, tanto em NY como o Esalq. O trabalho testou se há relações de contágio entre os mercados externos de Açúcar e petróleo com o mercado doméstico de Açúcar. O efeito de contágio foi definido como um significativo aumento na volatilidade de um mercado após um choque ocorrido em outro mercado.

Acredita-se que choques no preço do petróleo impactam o preço da gasolina, refletindo no preço do álcool combustível. Logo, era esperado que choques no preço do petróleo gerassem alterações significativas no preço do álcool combustível e, conseqüentemente, no açúcar comercializado no Brasil.

Empiricamente não foi possível identificar evidências de contágio entre as commodities com base na correlação condicional estimada por diferentes modelos, entretanto, não se pode rejeitar a interdependência entre as séries, principalmente ente o açúcar Brasil e açúcar futuro em Nova York.

Uma possível explicação para não encontrar evidências de contágio é que a volatilidade das commodities estudadas pode sofrer influencia de outros fatores, como por exemplo, variáveis macroeconômicas. Os preços do açúcar no Brasil devem responder a oscilações na taxa de câmbio, demanda doméstica e tributos.

Outra possível razão a ser considerado como determinante na análise é a influencia do governo na determinação de preços. O setor petrolífero é comandado pela estatal Petrobrás que, por influencia do governo, não transmite os choques externos no preço do petróleo no mesmo momento em que eles ocorrem. Além disso, a intervenção governo ao determinar o percentual de álcool combustível na Gasolina também é uma maneira influenciar preços, impactando diretamente o preço do Açúcar.

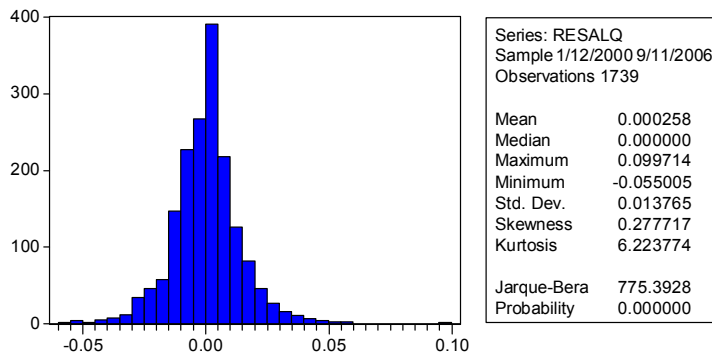
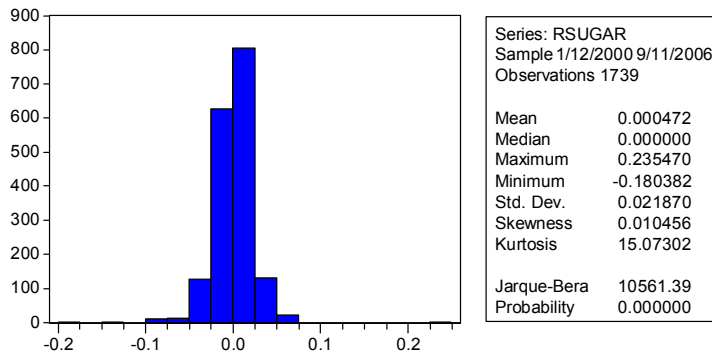
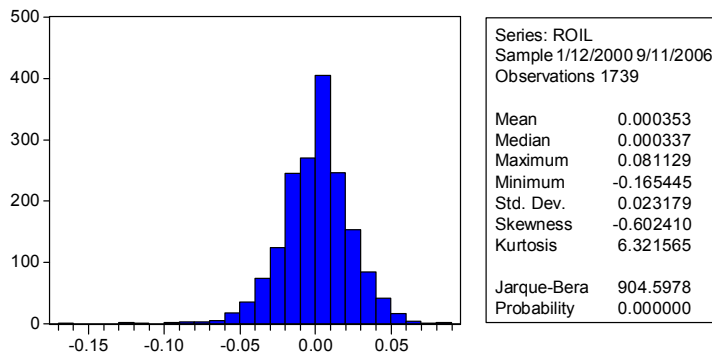
Espera-se que a influencia do preço do petróleo no preço do álcool e, conseqüentemente, o açúcar aumente com o tempo, impulsionado pela corrida por bio-combustíveis e pela alta do preço do petróleo.

## Referências bibliográficas

- Bessler, David A.; Fuller, Stephen; Yu, Tu-Hsiang. "Cointegration and Causality Analysis of the World Vegetable Oil and Crude Oil Prices". *American Agricultural Association Annual Meeting*, July 23-26, 2006
- Deb, Partha; Trivedi, Pravin K; Varangis, Panayotis. "The Excess Co-Movement of Commodity Prices Reconsidered". *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 11, No. 3, May 1996, pp. 275-291
- Engle, R. "Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models". *Journal of Business and Economic Statistics*, v.20, nº3, 2002
- Engle, R.; Kroner, K. "Multivariate Simultaneous GARCH", *Econometric Theory*, November 1995, 122-150.
- Engle, R.; Sheppard. K. "Theoretical and Empirical Properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH", *NBER*, Working Paper 8554, 2001.
- Engle, R. F. "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with estimates of the variance of U. K. inflation." *Econometrica*, 1982, 987-1008.
- Forbes, Kristin J.; Rigobon, Roberto. "No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Market Comovements". *The Journal of Finance*, Vol. 57, No. 5, October 2002, pp. 2223-2261
- Hannan, E. J., and B. G. Quinn (1979): "The Determination of the Order of an Autoregression," *Journal of the Royal Statistical Society*, 1979, 41, 190-195.
- Johansen, Soren,. "Cointegration in partial systems and the efficiency of single-equation analysis," *Journal of Econometrics*, vol. 52(3), pages 389-402, June.
- Pindyck, Robert S.; Rotemberg, Julio J. "The Excess Co-Movement of Commodity Prices". *The Economic Journal* , Vol. 100, No. 403, Dezembro. 1990, pp. 1173-1189
- Schwarz, G. "Estimating the Dimension of a Model," *Annals of Statistics*, 1978, 461-464.

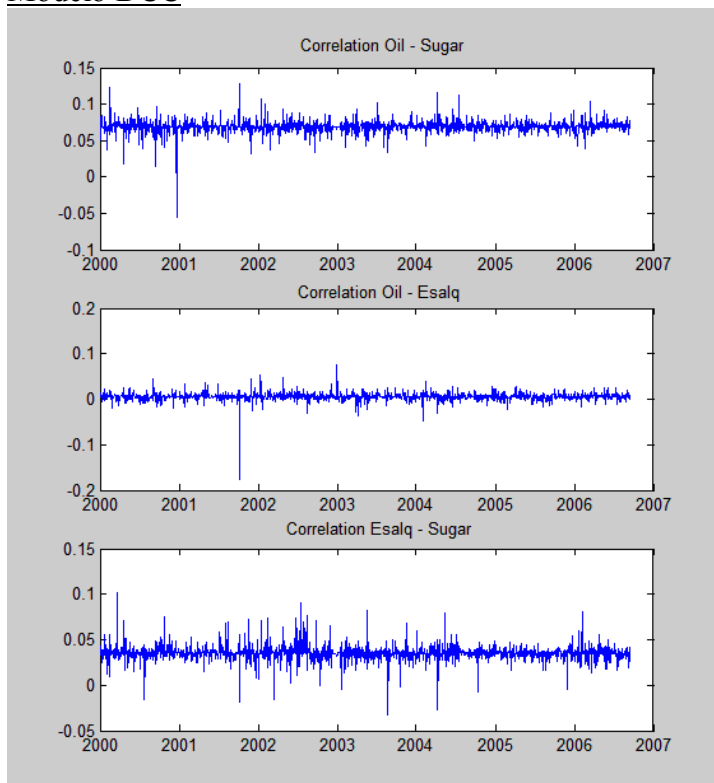
# Anexos

## Anexo I – Histograma das séries de retornos:

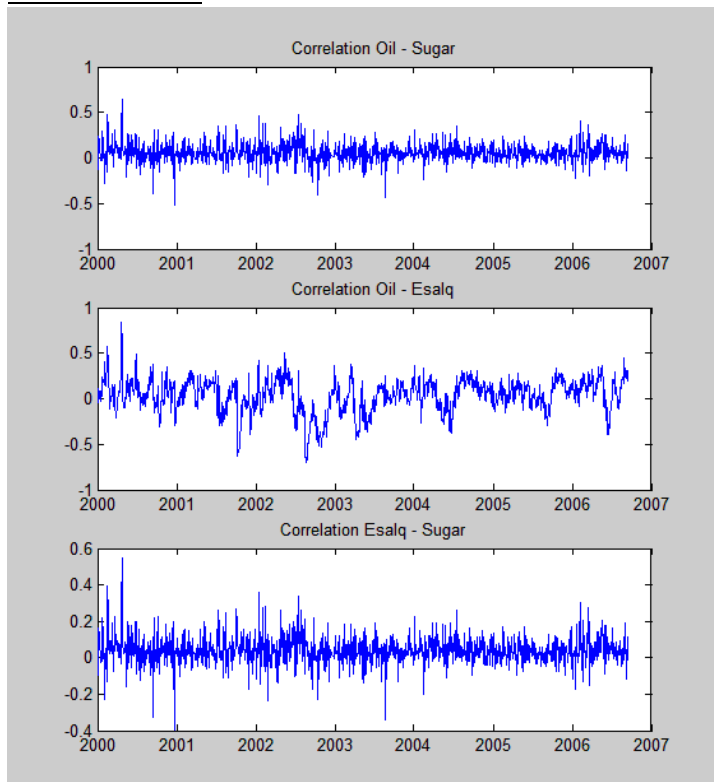


Anexo II – Correlação Condicional obtida pelos métodos DCC, BEKK, DiagonalBEKK e OGARCH:

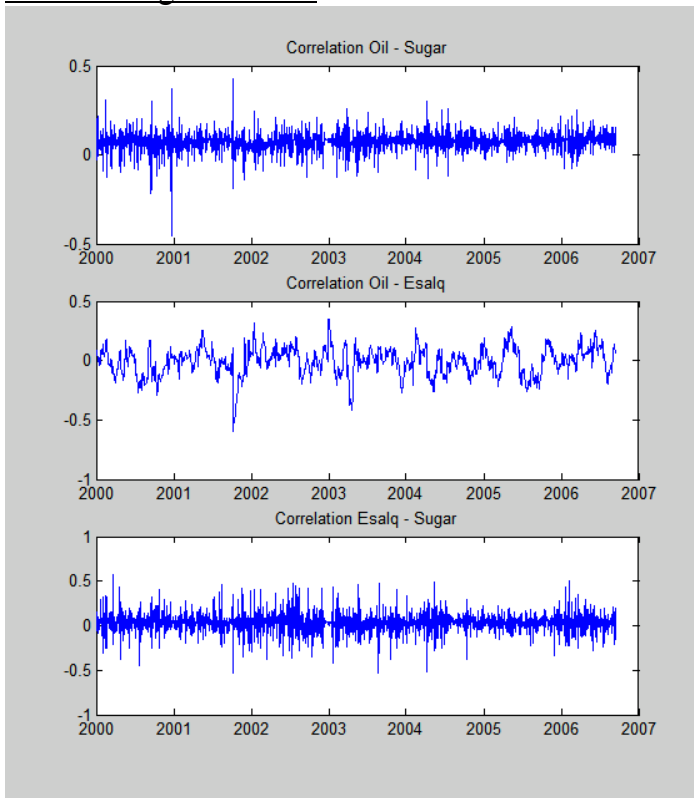
Modelo DCC



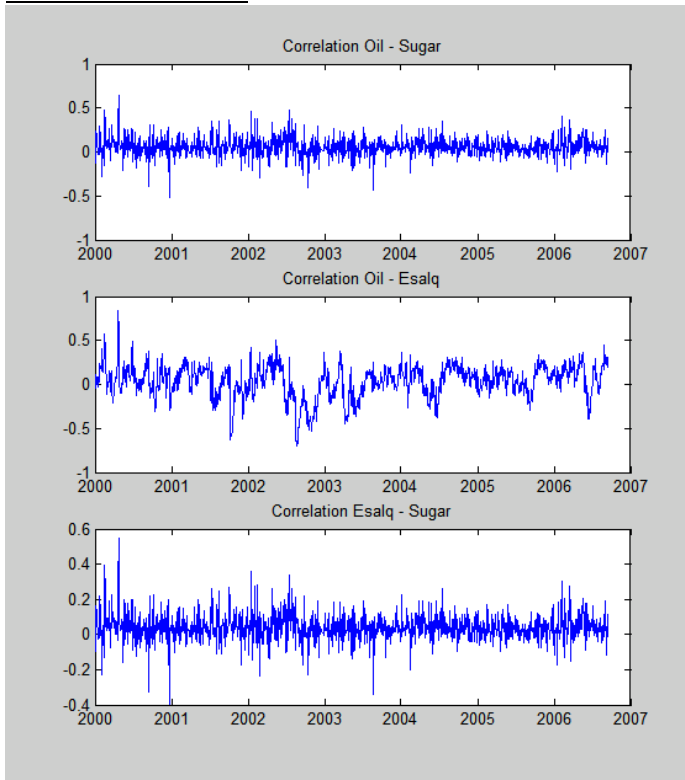
Modelo BEKK



## Modelo DiagonalBEKK



## Modelo OGARCH





# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)