



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

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

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

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

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

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

Análise da Volatilidade do Retorno da *Commodity* Dendê: 1980-2008

Tiago Silveira Gontijo¹
Elaine Aparecida Fernandes²
Márcio Balduino Saraiva³

Resumo: A análise da variação de preços agrícolas é imprescindível na formulação de políticas públicas e decisões empresariais. Considerando-se a importância estratégica dos biocombustíveis para a economia brasileira e os objetivos sociais do programa do biodiesel para a agricultura familiar, o presente estudo tem o objetivo de quantificar a volatilidade e a reação dos preços da oleaginosa dendê, frente a choques sob modelos ARCH e GARCH. Os resultados obtidos para o preço do dendê mostram que choques de volatilidade perduram por períodos prolongados de tempo, aumentando o risco para produtores rurais.

Palavras-chave: Volatilidade de preço, Óleo de palma, Biodiesel, Brasil, Agricultura familiar.

Abstract: *The agricultural prices variation analysis is essential on the formulation of public policies and business decisions. Considering the strategic importance of the biofuels for the Brazilian economy and the social objectives of the biofuel programs for familiar agriculture, this study aims to quantify the volatility of palm oil prices and the reaction towards clash under ARCH and GARCH models. The results for palm oil quotes show that clashes of volatility last for long periods of time, increasing the risk for farmers.*

Key-words: *Volatility of prices, Palm oil, Biofuel, Brazil, Familiar agriculture.*

Classificação JEL: Q42.

¹ Mestrando em engenharia de produção pela Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail: economista@ufmg.br

² Professora da UFV. E-mail: eafernandes@ufv.br

³ Mestrando em agronegócios e desenvolvimento regional pela Universidade Federal de Mato Grosso. E-mail: marcio.saraiva@ufv.br

1. Introdução

O uso de biocombustíveis é, na atualidade, uma questão amplamente discutida na literatura nacional⁴ e internacional⁵, pois os combustíveis fósseis, os mais utilizados como fonte de energia, possuem reservas terrestres finitas e são extremamente poluidores e causadores de sérios desequilíbrios ao meio ambiente. Como consequência, a produção mundial dos biocombustíveis deve aumentar substancialmente, já que é uma fonte renovável de energia e permite, principalmente em países emergentes, a possibilidade da produção e comercialização de oleaginosas por pequenos produtores, com fixação do homem no campo, geração de renda e inclusão social. Apesar de apresentar pontos positivos, também se questiona seu impacto sobre os preços e a escassez de alimentos. Deste modo, tornam-se relevantes estudos que analisem o comportamento, em termos de variação de preços, das plantas geradoras de biocombustíveis, pois o seu cultivo pode afetar os seus produtores e/ou consumidores.

O governo brasileiro tem estimulado a produção e comercialização do biodiesel, sendo o marco principal a publicação do Decreto nº 5.488, em 20 de maio de 2005, que regulamenta a Lei nº 11.097 (janeiro/2005). Esta lei dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Inicialmente, a proporção autorizada foi de 2% do diesel comum até 2008 e 5% até 2013 (ANP, 2009).

Em resposta a este programa, foram implantadas 62 unidades de produção, com capacidade de produzir 3,76 milhões de m³ de biodiesel por ano. Em 2005, foram produzidos 736 m³ de biodiesel; em 2006, 69 mil m³; em 2007, 402 mil m³; e, em 2008, 918 mil m³. No que se refere a leilões de biodiesel realizados pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), houve aumento expressivo na importância arrematada. Em 2005, foram arrematados 70 mil m³, ao preço médio de R\$ 1,905/litro e, em 2008, essa importância aumenta para 660 mil m³, ao preço médio de R\$ 2,648/litro (BRASIL, 2009).

Especificamente no caso do dendê, a sua cultura foi introduzida no Brasil por escravos africanos no início do século XVII, dando origem aos dendezais subespontâneos no litoral baiano. Voltada essencialmente para a subsistência de famílias pobres do litoral nordestino, o primeiro cultivo planejado iniciou-se na década de 1960 no Pará por iniciativa da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (Sudam), com a colaboração do *Institut de Recherches pour lês Huiles et Oleagineux* (IRHO), situado na França (HOMMA et al., 2001).

⁴ Knothe et al., (2006), Brasil (2005) e Campos (2006).

⁵ Faó (2008), Wilkinson (2008), Dufey (2006) e Volpi (2005).

O dendê se destaca pelo elevado valor comercial para o setor de alimentos (seu óleo é livre de gorduras ‘trans’). O óleo de dendê possui também grande valor para a indústria química e de cosméticos, em virtude da existência de carotenóides (betacaroteno) em sua composição e por ter quantidades significativas de antioxidantes. A alta produtividade da espécie é outra vantagem comparativa. Após sete a oito anos de cultivo, a produtividade pode chegar a 25 toneladas de cachos de frutos frescos por hectare, o equivalente a cinco toneladas de óleo por hectare plantado (HOMMA et al., 2001).

Neste contexto, uma análise da volatilidade dos preços do dendê torna-se crucial, não somente pelo fato de ser uma fonte interessante de biocombustível, como também por poder provocar desestímulos de produção em períodos de baixa dos preços ou excesso de produção em períodos de preços muito elevados. Oscilações cíclicas e/ou sazonais podem comprometer fortemente a renda dos produtores rurais e abalar os níveis de consumo da população urbana. Desse modo, o conhecimento do padrão de flutuação sazonal ou volatilidade destes preços pode ajudar na implementação de políticas de estabilização das cotações dos preços dos produtos ao longo do ano.

De forma geral, esse trabalho busca observar o comportamento dos retornos dos preços do dendê para a economia brasileira no período de 1980 a 2008. Especificamente, pretende-se:

- a) Analisar a volatilidade condicional dos preços do dendê para a economia brasileira;
- b) Identificar o mecanismo de reação e persistência da volatilidade frente a choques;
- c) Inferir sobre possíveis riscos para o produtor rural.

Existem na literatura alguns estudos que tratam desse assunto. Como exemplos, podem-se citar os trabalhos de Lamounier (2001), Campos (2007) e Silva (2005). O presente estudo se difere dos supracitados, pois estuda a volatilidade da palma⁶, que é pouco explorada em pesquisas nacionais e internacionais.

Além dessa introdução, este artigo contém mais quatro seções. Na próxima, tem-se uma breve descrição da *commodity* óleo de palma como fonte de energia sustentável para uma dada economia. Na seção três, a metodologia utilizada foi discutida. Na seção quatro, os resultados foram apresentados e discutidos. Finalmente, na quinta e última seção, estão descritas as conclusões do trabalho.

⁶ As expressões “azeite de dendê”, “óleo de palma” e “óleo de dendê” são utilizadas ao longo do artigo e se equivalem.

2. Dendê no mundo e no Brasil

Entre as oleaginosas, a cultura do dendê é a mais produtiva, com rendimento médio de 20 a 22 toneladas de cacho de fruto fresco por hectare/ano. Em termos de extração de óleo, essa cultura também se destaca no que se refere à produtividade, com ganho entre 4 e 5 toneladas de óleo/ha (SILVA, 2006).

No mercado mundial de óleos e gorduras, o óleo de palma foi o mais produzido no mundo (chegou a 43,9 milhões de toneladas em 2008), seguido de perto apenas pelo óleo de soja (33,8 milhões de toneladas no mesmo ano). O maior produtor foi a Indonésia, 20,7 milhões de toneladas, representando 47,2% da produção mundial; seguida pela Malásia, com produção de 18,5 milhões de toneladas (USDA, 2008).

Em termos de distribuição da produção do óleo de palma, percebe-se que a maioria dos países não possui representatividade na produção, dado que as exigências climatológicas restringem o estabelecimento da cultura nos trópicos, em geral, em uma faixa de mais ou menos 10 graus de latitude em torno do Equador, em que 81% a 95% dos plantios existentes no mundo estão localizados (FURLAN JUNIOR et al., 2006). Os destaques são para países como Indonésia e Malásia, que assumem a liderança na produção. Tailândia, Colômbia e Nigéria também são importantes produtores.

No que se refere especificamente ao caso brasileiro, a produção nacional de óleo de dendê equivale a 0,25% da mundial, estimada em 43,9 milhões de toneladas em 2008 (USDA, 2008). O Pará é o principal estado produtor, com produtividade média de 3,32 toneladas por hectare e 61,8 mil hectares plantados. Este estado é seguido de longe pelo Amazonas, que possui apenas 7 mil hectares plantados (AGRIANUAL, 2009).

A Bahia também se destaca na produção, pois possui condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo do dendezeiro, com área disponível de 854 mil hectares de terras situadas em regiões litorâneas, que se estendem desde o Recôncavo até os Tabuleiros do Sul da Bahia. Entretanto, apenas 41,486 mil hectares estão sendo cultivados. Apesar desse potencial, a maior parte da produção de óleo de dendê do estado é proveniente de dendezeiros subspontâneos de baixa produtividade, exploradas de forma extrativista, sem mão de obra especializada, com carência de recursos e de assistência técnica (CONAB, 2009).

Algumas características marcantes do mercado de oleaginosas são a variabilidade e a volatilidade dos preços. Conforme Larson (1991), o óleo de palma apresenta um comportamento volátil significativo. Sendo assim, estudar essa volatilidade é de suma importância para se observar o comportamento do retorno da cultura do dendê.

De acordo com Shamsudin e Arshad (1999), o preço do óleo de palma é determinado pela interação das forças de mercado, bem como pelas forças

mercadológicas e as barreiras ao comércio. A interação das forças de mercado caracteriza-se por questões específicas do mercado de gorduras e óleos. Entre estas características, estão o grau de substituição e as melhorias tecnológicas no setor de refino e uso de gorduras e óleos. A complexidade da interação desta série de variáveis do mercado faz com que a instabilidade dos preços das oleaginosas seja elevada.

Em termos de comercialização, os principais centros onde se determinam os preços internacionais do óleo de palma são Kuala Lumpur, Rotterdam e Londres. Os contratos a termo ou diferidos são efetuados por agentes de venda, intermediários de óleos e gorduras comestíveis e empresas comerciais estatais (BAASTIAN, 1990). O *Malaysian Palm Board* (MPOB) destaca-se mundialmente na comercialização, sendo o principal negociador de contratos futuros para o óleo de dendê. O MPOB consiste em uma agência governamental responsável pela promoção da indústria do dendê na Malásia e tem conduzido, desde a década de 1980, extensa pesquisa e desenvolvimento no uso de óleo e biodiesel de palma (VILLELA, 2009).

No mercado brasileiro, a comercialização é realizada através da venda direta às indústrias de alimentos, sabões, lubrificantes e rações. No caso de mercado externo, forma-se um *pool* de empresas, capitaneadas pela Agropalma⁷, as quais vendem o óleo para *brokers* estrangeiros que compram em grandes quantidades e o revendem em quantidades menores. As exportações são feitas para Alemanha, Holanda e Reino Unido. Entretanto, a parcela significativa de produção fica no mercado interno. Os problemas centrais na comercialização da palma no Brasil são: distância dos centros consumidores e condições desfavoráveis de escoamento da produção, devido à baixa qualidade das rodovias e à falta de pontualidade de entrega (LIMA et al., 2001).

Conforme Lima et al. (2001), a determinação dos preços⁸ do óleo de palma é influenciada por vários fatores. Um deles é a qualidade do óleo ofertado: óleos com acidez e umidade superiores aos padrões definidos pelo mercado têm redução no preço de comercialização. Por fim, na composição do preço (no Brasil) incidem os seguintes tributos: 12% de ICMS e 3,65% de PIS e Cofins. Sobre os preços do óleo de palma e de palmiste incidem 17% de ICMS e 3,65%

⁷ O grupo Agropalma é um consórcio de capital 100% nacional que possui mais de 32 mil hectares de áreas de plantio e extração e reservas florestais monitoradas de 59 mil hectares, situados nos municípios paraenses de Tailândia, Acará e Moju, a 200 quilômetros de Belém (AGROPALMA, 2010).

⁸ Em 1997, foi inaugurada a Companhia Refinadora da Amazônia (CRA), a primeira refinaria da região Norte. A ausência de uma empresa especializada no refino, no principal polo produtivo do País, foi durante um longo período um verdadeiro entrave ao processo de adequação e negociação de preços.

de PIS/Cofins, quando a comercialização é feita dentro do estado do Pará. Sobre a torta de palmiste, há incidência de 3,65% de PIS/Cofins.

Finalmente, para além de ser a oleaginosa com maior produtividade agrícola, é uma atividade que tem balanço positivo de energia. Sendo assim, os seus subprodutos industriais têm grande potencial para utilização em cogeração de energia elétrica, principalmente em regiões com baixa aptidão para a instalação de centrais hidrelétricas (VIÉGAS, 2000).

3. Modelos ARCH e GARCH

A partir de séries temporais pode-se identificar o padrão de comportamento dos preços e fazer previsões para valores futuros, através da análise dos componentes cíclicos, sazonais, de tendência e aleatórios. Em séries históricas, é possível observar erros de previsão variáveis, caracterizando processos heterocedásticos, que podem ser causados pela instabilidade e incerteza no mercado financeiro em decorrência de mudanças nas políticas econômicas do governo e nas relações de troca entre países (GUJARATI, 2000).

Para capturar tal correlação, Engle (1982) desenvolveu o modelo autorregressivo de heterocedasticidade condicional (ARCH). O pressuposto básico deste modelo é de que a variância de " ε_t " depende de " ε_{t-1}^2 ". O termo de erro ε_t , condicionado ao período (t-1) é distribuído conforme $\varepsilon_t \sim N[0, (\alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2)]$.

Esse processo pode ser generalizado para "r" defasagens de ε^2 , sendo chamado de ARCH (1). As restrições paramétricas $\alpha_i \alpha_0 > 0$ para todo "i" variando de 2 a "n" e $\sum \alpha_i < 1$ são necessárias para assegurar que a variância condicional seja positiva e fracamente estacionária (ENGLE, 1982). A seguinte equação de variância condicional define um modelo ARCH (r):

$$VAR(\varepsilon_t) = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{j=1}^r \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2 \quad (1)$$

em que (ε_t) é uma sequência de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas, com a mesma restrição $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$, $i > 0$. Na prática, supõe-se usualmente $\varepsilon_t \sim N(0,1)$ ou $\varepsilon_t \sim tv^9$.

Partindo-se do preço de um ativo no instante t, então, a variação entre os instantes t-1 e t é dada por " $P_t = P_t - P_{t-1}$ ". Denotando-se $P_t = \log P_t$, define-se o retorno por $rt = [\log(P_t) - \log(P_{t-1})]$, ou seja, toma-se o logaritmo dos preços e depois a primeira diferença (MORETTIN e TOLOI, 2004).

Uma generalização do modelo ARCH pode apresentar menos parâmetros do que um modelo autorregressivo (AR) ou de *Média Móvel* (MA)¹⁰. Portanto, o

⁹ tStudent(v).

¹⁰ Os modelos AR e MA foram propostos por Wheelwright e Makridakis (1985).

modelo GARCH para a variância condicional pode ser usado para descrever a volatilidade com menos parâmetros do que um modelo ARCH (BOLLERSLEV, 1986).

Segundo Bolelrsllev (1986), para o modelo GARCH de ordem (1,1), tem-se que a variância dos erros de um modelo, no período t , dependerá de três termos, ou seja, de um termo médio ou constante; de inovações (choques) acerca da volatilidade, que é determinada pelo quadrado dos resíduos (ε_{t-1}^2) do período $t-1$, representado pelo termo ARCH (informações defasadas da volatilidade); e da revisão da volatilidade feita no último período (σ_{t-1}^2), que é o termo GARCH (variâncias previstas passadas). O modelo GARCH (1,1) pode ser representado pela seguinte equação de variância condicional:

$$h_t = \omega = \alpha \cdot \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \cdot \sigma_{t-1}^2 \quad (2)$$

No GARCH (r, m), modelo autorregressivo com heterocedasticidade condicional generalizada, tem-se que “ r ” representa a ordem do componente ARCH e “ m ”, a ordem do componente GARCH. Sua generalização é representada por:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{j=1}^r \alpha_j \cdot \varepsilon_{t-j}^2 + \sum_{i=1}^m \beta_i \cdot \sigma_{t-i}^2 \quad (3)$$

Bollerslev (1986) coloca que a especificação mais robusta verificada nas aplicações é a do modelo GARCH (1,1), pois esta classe de modelo apresenta poucas restrições nos parâmetros. Neste modelo, a condição suficiente para que a variância condicional seja positiva com probabilidade 1 é $\omega > 0$; $\alpha_1 \geq 0$ e $\beta_1 \geq 0$ ¹¹. De forma a garantir a estacionaridade do modelo GARH (1,1) será necessário também que $\alpha_1 + \beta_1 < 1$. A partir dessas implicações, pode-se afirmar que a persistência de choques na volatilidade da série de retornos é medida pela soma de α_1 e β_1 .

O somatório dos coeficientes que apresente valores baixos (próximos de 0) indica que um choque inicial sobre a volatilidade irá provocar efeitos rápidos sobre o comportamento das séries e que, após curto período de tempo, a variância da série deverá convergir para sua média histórica. Entretanto, quanto maior (mais próximo de 1) for o valor do coeficiente de persistência, mais lentamente o choque sobre a volatilidade irá se dissipar (GREENE, 2002).

A estimação dos parâmetros dos modelos é feita pelo método de máxima verossimilhança condicional após adotar-se uma distribuição paramétrica para as inovações. A função de máxima verossimilhança maximizada por métodos numéricos está sujeita às restrições de negatividade necessárias. Neste trabalho, usou-se o método de Marquardt (1963). Para identificar a presença

¹¹ Nelson e Cao (1992) forneceram as condições suficientes e necessárias para a positividade em modelos GARCH de ordem mais elevada.

de heterocedasticidade condicional autorregressiva, aplicou-se o teste do tipo multiplicador de Lagrange, proposto por Engle (1982), com a estatística de teste possuindo distribuição qui-quadrado. O modelo pode ser expresso da seguinte maneira:

$$e_t^2 = \beta_0 + \left(\sum_{s=1}^q \beta_s \cdot e_{t-s}^2 \right) + v_t \quad (4)$$

Logo, compara-se o valor calculado com o valor tabelado, para se testar a hipótese nula de não evidência de heterocedasticidade condicional.

4. Fonte de Dados

Os dados secundários utilizados neste estudo correspondem aos preços médios mensais do óleo de palma coletados no mercado internacional. A série foi proveniente do Mercado Futuro da Malásia. Esses dados foram obtidos junto ao *International Monetary Fund* (IMF, 2008), devido a sua confiabilidade e por utilizar a principal rota de comércio internacional da *commodity* em estudo. Os preços foram deflacionados em relação à inflação norte americana, utilizando-se a série CPI-U do *Bureau Labor Service* (BLS, 2008). As observações abrangem o período de janeiro de 1980 a agosto de 2008 dos preços do óleo de dendê (expressos em US\$/t métrica), perfazendo o total de 344 meses.

5. Resultados e Discussão

Conforme a Figura 1, os principais picos observados na série estão em 1983-84 e 1997-98. O primeiro foi o resultado de vários fatores coincidentes, incluindo-se a queda acentuada na cultura da soja nos Estados Unidos¹², prolongamento do tempo quente e seco; redução na produção do óleo de palma da Malásia, devido à combinação de plantações de palma no final do ciclo, introdução de novas mudas e diminuição da aplicação de fertilizantes, devido aos baixos preços do óleo de palma que vigoravam anteriormente; e queda na produção de copra nas Filipinas, após um longo período de seca e efeitos de tufões.

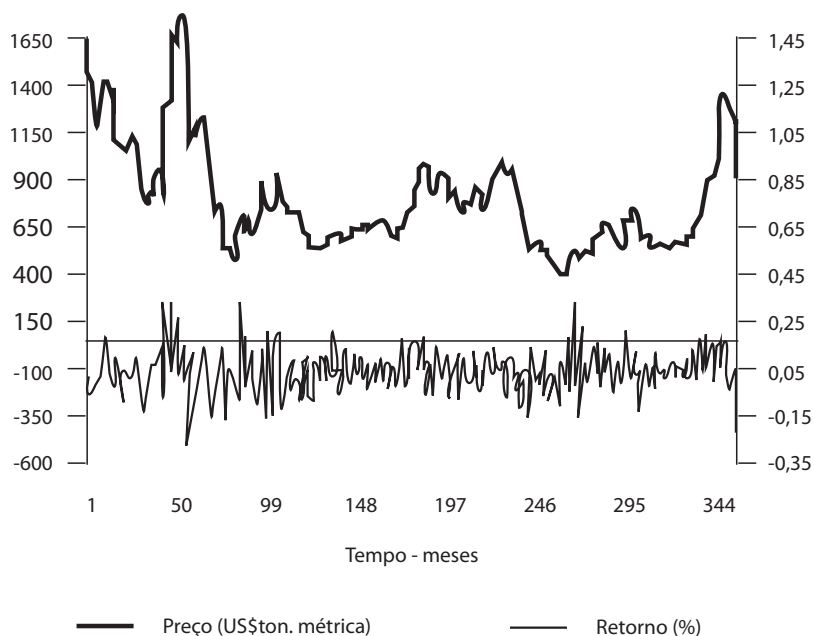
Os anos de 1997-98 representaram outro pico significativo para o preço do óleo de palma. Este foi o período em que a Malásia e os seus vizinhos sofreram uma severa crise financeira. Os fatores de curto prazo que contribuíram para o aumento foram: baixas reservas de petróleo, redução da produtividade de soja (a oferta de óleo de palma era insuficiente para suportar esta queda) e

¹² Em decorrência do programa de subsídio do governo americano que privilegiou as seguintes culturas: trigo, arroz, milho, sorgo e culturas de algodão herbáceo.

anomalias meteorológicas, nomeadamente o impacto do *El Niño*, que resultou na seca sem precedentes na Malásia, Indonésia e Filipinas. Além disso, problemas cambiais impulsionaram os preços de exportação de óleo de palma em todos os embarques cotados em dólares norte-americanos. Entretanto, desde o final de 2008, os preços têm caído drasticamente, devido à crise financeira mundial.

A Figura 1 mostra o comportamento das séries de preço e retorno do dendê, para o período de 1980 a 2008. A partir desta figura, observa-se a existência de períodos com baixa e alta volatilidade para a série retorno, o que sinaliza uma relação de dependência dessa série em relação a seus períodos defasados. Os preços do dendê, por sua vez, refletem os impactos das crises financeiras mundiais e do petróleo.

Figura 1. Séries de preços e retornos do dendê.



Fonte: Resultados da pesquisa.

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas para os retornos da *commodity*. O teste, proposto por Jarque e Bera (1980), de normalidade prova a não normalidade dos resíduos. A assimetria foi positiva. A estatística referente à curtose, que mede o pico ou achatamento da distribuição, excede 3 (valor normal), indicando uma distribuição com achatamento caudal. Os dados estão

agrupados no centro e os retornos seguem uma distribuição leptocúrtica¹³. Sendo assim, a série de retorno sinaliza presença de heterocedasticidade e blocos de volatilidade.

Tabela 1. Estatísticas descritivas para os retornos da *commodity*.

Estatísticas	Dendê
Média	-0,002
Desvio padrão	0,078
Assimetria	0,064
Curtose	4,807
Jarque-Bera	46,926

Fonte: Resultados da pesquisa.

Feita a análise descritiva inicial, o próximo passo consiste na realização do teste de raiz unitária proposto por Dickey e Fuller (1979). Os resultados indicam estacionariedade em primeira diferença I(1) para os preços do óleo de dendê. Os números entre parênteses são os valores críticos do teste ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2. Teste de Dickey-Fuller Ampliado (ADF) para a série de preços do dendê.

Commodity	Teste ADF – nível¹⁴		Teste ADF - primeira diferença	
	<i>Modelo I¹⁵</i>	<i>Modelo II¹⁶</i>	<i>Modelo I</i>	<i>Modelo II</i>
Dendê	-2,99 (-3,45)	-3,03 (-3,98)	-7,05 (-3,45)	-7,06 (-3,98)

Fonte: Resultados da pesquisa.

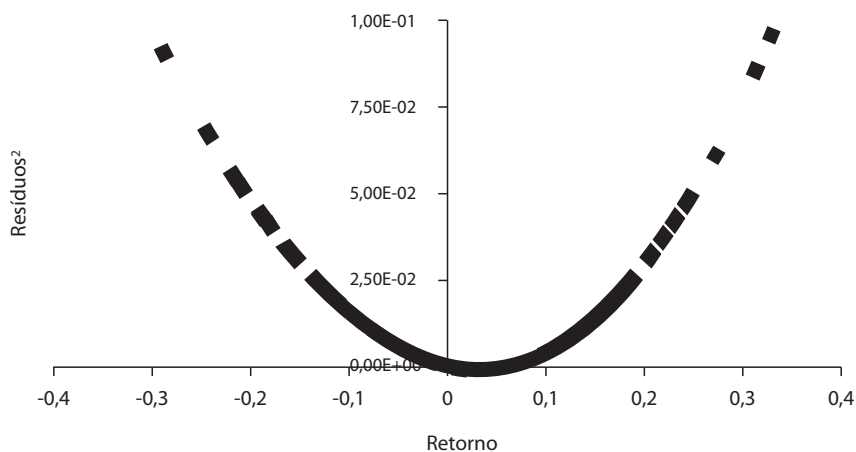
Em seguida, verificam-se e corrigem-se os problemas de heterocedasticidade e autocorrelação serial. Para se detectar a possível presença de heterocedasticidade nos resíduos, primeiramente é feita uma análise gráfica dos resíduos ao quadrado do modelo. Esses resíduos são confrontados com o retorno do dendê (Figura 2). Percebe-se que existe a possibilidade de heterocedasticidade, pois existe uma relação bem definida entre os resíduos ao quadrado e o retorno dos preços do óleo de palma.

¹³ É uma medida de curtose, para uma Função de Densidade de Probabilidade com valores maiores que 3, (caracterizado por caudas finas ou longas).

¹⁴ Em nível, o preço é expresso em termos de logaritmo.

¹⁵ Inclui apenas a constante.

¹⁶ Inclui a constante e a tendência.

Figura 2. Análise visual da heterocedasticidade.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Para uma detecção mais intensa da possibilidade de variância não constante nos erros do modelo, é realizado o teste de heterocedasticidade com padrão ARCH proposto por Engle (1982). A Tabela 3 mostra os resultados dos valores probabilísticos relativos à hipótese nula de presença de homocedasticidade nos retornos. Os resultados levam à rejeição da hipótese nula de homocedasticidade para o caso do dendê, sendo assim, é necessário ajustar um modelo para corrigir a interferência dos processos de heterocedasticidade condicional autorregressiva.

Tabela 3. Teste ARCH para homocedasticidade, Engle (1982).

	Teste ARCH			
	<i>Estatística F</i>	<i>Probabilidade</i>	<i>Obs R²</i>	<i>Probabilidade</i>
Lag 1	10,05	0,002	9,819	0,002
Lag 5	3,056	0,01	14,87	0,011
Lag 10	1,779	0,063	17,431	0,065
Lag 15	2,301	0,004	37,671	0,005
Lag 20	1,736	0,027	33,306	0,031
Lag 25	1,673	0,025	39,848	0,03

Fonte: Resultados da pesquisa.

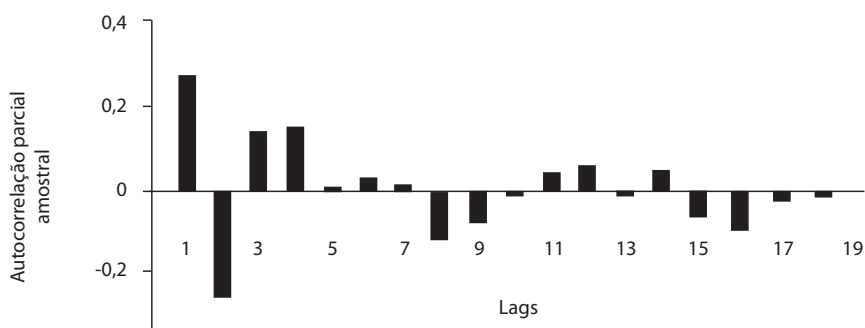
Para se detectar o problema de autocorrelação serial, foi feito o teste LM de Breusch e Godfrey (1981). Os resultados, que podem ser verificados na Tabela 4, mostram a presença de autocorrelação serial.

Tabela 4. Teste de autocorrelação serial: Breusch e Godfrey (1981).

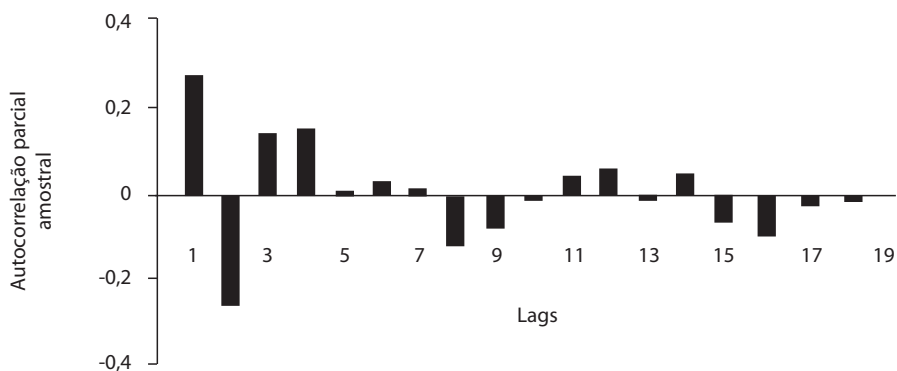
Estadística F	32.753	Probabilidade	0,000
Obs.*R ²	55.409	Probabilidade	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa.

Abaixo, seguem as funções de autocorrelação e autocorrelação parcial (Figuras 3 e 4, respectivamente), a fim de verificar a ordem dos vetores autorregressivos e médias móveis.

Figura 3. Função de Autocorrelação Amostral.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 4. Função de Autocorrelação Parcial Amostral.

Fonte: Resultados da pesquisa.

A partir do teste de raiz unitária, ajustou-se um modelo ARIMA (p, d, q) para a série de retornos a fim de corrigir a correlação existente nos erros. A análise deste correlograma indica a presença de vetores autorregressivos de ordem 1 e 4 (AR (1), AR (4)) e de médias móveis de ordem 2 e 30 (MA (2), MA (30)).

Outro procedimento utilizado para eliminar o problema de heterocedasticidade foi a pressuposição de erros robustos. O processo de truncamento, através da matriz de covariância, proposto por Newey e West (1987), foi aplicado ao modelo, corrigindo assim, o problema de autocorrelação e heterocedasticidade.

Foi realizado um ajustamento do tipo ARCH (1) para a série de retorno, pois, dados os modelos autorregressivos e de média móvel, este processo foi o mais adequado, ao nível de significância de 1% dos parâmetros. As análises dos correlogramas gerados e dos novos testes do efeito ARCH aceitaram a hipótese nula de homocedasticidade. Para se estimar um modelo que visualizasse a componente volatilidade nas séries de retorno, foi realizada uma seleção de modelos GARCH, através da comparação dos indicadores Akaike (AIC), Schwarz (SBC) e do Logarítmico da função de Verossimilhança, a fim de se obter o modelo que melhor descrevesse a componente volatilidade da série de dendê. A Tabela 5 mostra os resultados da realização do teste.

Tabela 5. Comparação de desempenho entre os modelos de volatilidade testados.

Dendê – Variância condicional	GARCH (1,1) ** ¹⁷	GARCH (1,2)	GARCH (2,1)	GARCH (2,2)
C	0,000237 (0,1095)	0,000353 (0,0894)	0,000229 (0,161)	0,000417 (0,1396)
ARCH (1)	0,070968 (0,0442)	0,127434 (0,0196)	0,103988 (0,1323)	0,080472 (0,0265)
ARCH (2)	–	–	-0,03547 (0,6336)	0,061023 (0,122)
GARCH (1)	0,88363 (0,0000)	0,22421 (0,4526)	0,887877 (0,0000)	-0,09687 (0,1238)
GARCH (2)	–	0,583791 (0,0447)	–	0,877327 (0,0000)
DW ¹⁸	1,914557	1,906982	1,910109	1,886566
AIC	-2,502994	-2,499356	-2,497620	-2,493754
SBC	-2,412705	-2,397781	-2,396045	-2,380893
Logaritmo Verossimilhança	432,2575	432,6409	432,3466	432,6914

17 – Em que ** representa o modelo escolhido.

18 – DW é um valor estatístico que mede a autocorrelação do erro em relação à primeira defasagem.

Fonte: Resultados da pesquisa.

A condição necessária para que a variância seja positiva e fracamente estacionária implica que os parâmetros da regressão sejam maiores que 0. Desse modo, o parâmetro representado pelo ARCH é a reação da volatilidade

e o representado pelo GARCH, o último parâmetro, é a persistência da volatilidade.

O somatório dos coeficientes ARCH e GARCH determina a persistência de riscos nos retornos. Para a *commodity* óleo de dendê, esse valor foi de 0,954598, o que sinaliza forte persistência de choques sobre a volatilidade. Isso significa que qualquer variação nos preços de tal *commodity* pode corresponder à instabilidade para seus mercados, incluindo produtores, que poderão ter grandes baixas. A cultura de dendê é fortemente suscetível a choques sobre a volatilidade, que irão se dissipar vagarosamente, o que faz com que o processo de reversão à média se torne lento.

Os resultados indicam a necessidade de políticas que criem, facilitem e estimulem o acesso dos produtores desta *commodity* a instrumentos de proteção baseados no mercado, uma vez que existem evidências de que a utilização destes instrumentos pode minimizar a exposição à volatilidade pronunciada destes mercados.

6. Considerações finais

Analisar o comportamento serial dos preços de produtos agrícolas é de fundamental importância na economia, uma vez que grandes oscilações aumentam o grau de incerteza dos agentes econômicos e prejuízos financeiros. Desse modo, a análise de volatilidade é um mecanismo minimizador de riscos de fundamental importância.

Para captarem-se os termos da volatilidade condicional e identificar como é seu mecanismo de reação e persistências frente a choques, estimaram-se os modelos ARCH e GARCH para a série de retorno do dendê, que se caracterizou pelo processo de heterocedasticidade condicional autorregressiva.

O somatório dos coeficientes de reação (ARCH) com o coeficiente de persistência da volatilidade (GARCH), que define se os riscos persistem na série de retornos, resultou em valores próximos de 1 para a cultura do dendê, indicando que choques de volatilidade nos preços irão perdurar por um longo tempo. Isto significa que modificações geradas na cadeia produtiva de tal oleaginosa representam incerteza quanto à variação dos preços, podendo afetar consumidores e produtores na economia.

Portanto, a volatilidade e a reação dos preços dos principais óleos vegetais frente a choques positivos e negativos da oferta e demanda são parâmetros importantes para a tomada de decisão na formulação de políticas públicas e investimentos privados em biodiesel. Proteger produtores e agentes envolvidos na cadeia de oleaginosas é extremamente importante, porque este setor é uma realidade que assumirá papel expressivo diante da modificação da matriz energética mundial.

7. Referências bibliográficas

AGRIANUAL. *Anuário da Agricultura Brasileira*. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2009. 495p.

AGROPALMA. *Produtos da linha convencional: Óleo de palmiste*. Disponível em <http://www.agropalma.com.br/default.aspx?pagid=GQDGTRUQ>. Acesso em 30 setembro de 2010.

BAASTIAN, Geoffrey F.Q. *Aceites vegetables y semillas oleaginosas: guia del comerciante, sistemas y tecnicas comerciales*. Genebra: CCI, v.1, 1990.

BLS. U.S. Bureau Labor Service. *Databases and Tables*. Disponível em <http://www.bls.gov>. Acesso em 20 set. 2010.

BOLLERSLEV, T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31:307-327, cap. 49, p. 2959 – 3038, 1986.

BRASIL. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. *Cadernos NAE*, Brasília, nº 2, jan. 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Petróleo – ANP. *Biodiesel*. Disponível em <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel.asp>. Acesso em 07 mai. 2010.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. *Protocolo de Kyoto*. Disponível em http://www.mct.gov.br/upd_blob/4193.pdf. Acesso em 14 mai. 2010.

BREUSCH, T.S. e GODFREY, L.G. *A review of recent work on testing for autocorrelation in dynamic simultaneous models*. In macroeconomic analysis. Editores: CURRIE, D.; NOBAY, R.; PEEL, D. Londres, 1981, cap. 4.

CAMPOS, Arnaldo. *Biodiesel e agricultura familiar no Brasil: resultados socioeconômicos e expectativa futura*, 2006. Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br/docs/ofuuturodaindustria%20-%20Biodiesel.pdf>. Acesso em 14 out. 2010.

CAMPOS, K.C.; PIACENTI, C.A.; SILVA JÚNIOR, A.G. Agroenergia: A questão da volatilidade de preços e o efeito alavancagem dos produtos agrícolas. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, DE, ano XVI – nº 3, p. 34-48, jul./set. 2007.

CONAB. *Dendeicultura da Bahia*. Disponível em http://www.conab.gov.br/conabweb/download/sureg/BA/dendeicultura_na_bahia.pdf. Acesso em 16 fev. 2009.

DICKEY, D.A.; FULLER, W.A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 1979. p. 427-431.

DUFÉY, A. *Biofuels production, trade and sustainable development: emerging issues*. 2006. Disponível em <http://pubs.iied.org/pdfs/15504IIED.pdf>. Acesso em 15 set. 2010.

ENGLE R.F. Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of U.K. inflation. *Econometrica*, Chicago, v.50, n° 4, p.987 – 1008, Jul. 1982.

FAO. Food and Agriculture Organization. *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación: Biocombustibles: Perspectivas, Riesgos y Oportunidades*. 2008. Disponível em <http://www.fao.org/docrep/011/i0100s/i0100s00.htm>. Acesso em 24 set. 2010.

FURLAN JUNIOR, J.; KALTNER, F.J.; AZEVEDO, G.F.P.; CAMPOS, I.A. *Biodiesel: Porque tem que ser dendê*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 205 p.

GREENE, W.H. *Econometric analysis*. Prentice Hall, 2002.

GUJARATI, D.N. *Econometria básica*. São Paulo: Makron books, 2000.

HOMMA, A.K.O.; FURLAN JUNIOR, J. *Desenvolvimento da dendeicultura na Amazônia: cronologia*. In: MÜLLER, A.A.; FURLAN JUNIOR, J. *Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p.193-207.

IMF. International Monetary Fund. *Data and Statistics*. Disponível em <http://www.imf.org>. Acesso em 12 set. 2010.

JARQUE, C., BERA, A. Efficient tests for normality homoskedasticity and serial independence of regression residuals. *Econometric Letters*, 6, 255-259, 1980.

KNOTHE, G., VAN GERPEN, J.; KRAHL, J.; RAMOS, L.P. *Manual do Biodiesel*. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 340 p.

LAMOUNIER, W.M. *Comportamento dos preços no mercado "spot" de café no Brasil: análise nos domínios do tempo e da frequência*. Viçosa: UFV – DEA, 2001. 223 p. Tese de Doutorado, apresentada à Universidade Federal de Viçosa.

LARSON, D.F. *A World Bank View on the Price Prospect for Palm Oil*. Paper presented at the PORIM International Palm Oil Conference. Palm Oil Research Institute of Malaysia, 9-14 Setembro, 1991, Kuala Lumpur.

LIMA, S.M.V.; FREITAS FILHO, A.; CASTRO, A.M.G.; SOUZA, H.R.. *Desempenho da Cadeia Produtiva do Dendê na Amazônia Legal*. In: Antônio Agostinho Müller; José Furlan Júnio. (Org.). *Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia*. 1 ed. Belém, Pará: Embrapa/Amazônia Oriental, 2001, p. 251-288.

MARQUARDT, D.W. An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. *Journal Soc. Indust. on Applied Mathematics*, vol. 11, nº 2, pp. 431–441, 1963.

MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M.C. *Análise de séries temporais*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. 535 p.

NELSON, D.B.; CAO, C.Q. Inequality Constraints in the Univariate GARCH Model, *Journal of Business & Economic Statistics*, vol. 10, pp. 229-235, 1992.

NEWWEY, W.K.; WEST, K.D. A simple positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*, 55(3):703–708, 1987.

SHAMSUDIN, M.N.; ARSHAD, F.M. *Short Term Forecast of Crude Palm Oil Prices*. Paper presented at the International Congress of Palm Oil (PIPOC99), organised by Palm Oil Research Institute of Malaysia and Ministry of Primary Industries, Kuala Lumpur, 1-6 February 1999, 15p.

SILVA, W.S.; SÁFADI, T.; CASTRO JÚNIOR, L.G.. Uma análise empírica da volatilidade do retorno de commodities agrícolas utilizando modelos ARCH: os casos do café e da soja. *Revista Economia e Sociologia Rural*, Brasília, DF, v.43, nº 1, jan/mar. 2005.

SILVA, J.S.O. *Produtividade de óleo de palma na cultura do dendê na Amazônia Oriental: influência do clima e do material genético*. UFV, Viçosa. 2006. 81 p. (Dissertação de Mestrado).

USDA. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. *Data and Statistics*. Disponível em <http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>. Acesso em 15 abril de 2009.

VILLELA, A. *O Dendê como alternativa energética sustentável em áreas degradadas da Amazônia*. UFRJ, Rio de Janeiro. 2009. 160 p. (Dissertação de Mestrado).

VOLPI, G. *Sustainability and biofuels: lessons from Brazil*, presentation for the Conference of the German Network on Renewable Energy, North-South, Bonn, 20 Jun., 2005.

WHEELWRIGHT, S.C.; MAKRIDAKIS, S. *Forecasting methods for management*, 4th Ed, New York: John Wiley & Sons Inc. 1985.

WILKINSON, J., HERRERA S. *Agrofuels in Brazil: What is the outlook for its farming sector?* 2008. Disponível em http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0811_WilkinsonHerrera_-_Agrofuels_in_Brazil.pdf. Acesso em 15 ago. 2010.

