

## **Análise da volatilidade do retorno mensal de boi gordo: 1967-2005**

### **Volatility analysis of the beef cattle monthly return: 1967-2005**

Leonardo Bornacki de Mattos\*  
Francisco Carlos Cunha Cassuce\*\*  
Carlos André da Silva Müller\*\*

**Resumo:** O presente trabalho teve o objetivo de realizar uma análise da volatilidade do retorno mensal de boi gordo. Pretendeu-se analisar a persistência de choques e a existência de assimetrias na volatilidade do retorno a partir de modelos da classe ARCH. Os resultados obtidos, a partir dos modelos GARCH e TARCH, indicaram que a variância condicional da série, sob a ocorrência de choques, tende a crescer no tempo, enquanto o mesmo não se pode afirmar com base no modelo EGARCH. A presença de assimetria na volatilidade foi rejeitada com base nos dois modelos utilizados.

**Palavras-chave:** boi gordo, volatilidade, assimetria, persistência, modelos ARCH

**Abstract:** This paper aims to analyze the volatility process of the monthly return of beef cattle. It was intended to analyze the persistence of shocks and the existence of asymmetry in the volatility of the return from models of the ARCH class. The results obtained from models GARCH and TARCH had indicated that the conditional variance of the series, under the occurrence of shocks, tends to grow in the time, while the same cannot be affirmed on the basis of EGARCH model. The presence of asymmetry in volatility was rejected on the basis of the two models used.

**Key-words:** beef cattle, volatility, asymmetry, persistence, ARCH models

---

\*Doutorando em Economia Aplicada pelo Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa (DER-UFV). Bolsista do CNPq. E-mail: [leobornacki@yahoo.com.br](mailto:leobornacki@yahoo.com.br).

\*\*Doutorando em Economia Aplicada pelo Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa (DER-UFV). E-mail: [fccassuce@yahoo.com.br](mailto:fccassuce@yahoo.com.br), [carlos.andre@universidade.net](mailto:carlos.andre@universidade.net).

## 1. Introdução

O setor agropecuário tem como uma de suas características principais a ocorrência de distúrbios irregulares (choques) de origens diversas, que afetam fatores condicionantes tanto da oferta quanto da demanda de suas *commodities*.

Longos períodos de seca, de chuvas, surtos de doenças epidemiológicas, acentuadas mudanças cambiais e instabilidade política são alguns exemplos de condições adversas que certamente repercutem no equilíbrio entre oferta e demanda nesse setor. A eliminação dos excedentes, ou da escassez, ocorre, via de regra, através de ajustes nos preços das *commodities* agropecuárias, ajustes estes que dependerão da magnitude e da persistência dos distúrbios.

Portanto, não raramente são observadas oscilações significativas nos preços agropecuários que são interpretadas pelos agentes envolvidos como o grau do risco, ou das incertezas, aos quais os mesmos estão submetidos. Desse modo, conforme salientam BRESSAN e LIMA (2002), a produção agropecuária necessita de instrumentos que minimizem o risco e auxiliem no processo de tomada de decisão dos agentes do agronegócio.

Uma tentativa de fornecer subsídios para o delineamento de estratégias adequadas para o gerenciamento do risco de variações nos preços (retornos) de *commodities* agrícolas é apresentada por SILVA *et al.* (2005), que procuram caracterizar e analisar a volatilidade das séries de retornos mensais a partir de variantes dos modelos de heteroscedasticidade condicional autorregressiva (modelos ARCH).

Neste contexto, este estudo teve o objetivo de realizar uma análise do processo de volatilidade do retorno<sup>1</sup> mensal de uma importante *commodity* agropecuária brasileira, o boi gordo. Embora não seja possível evitar as oscilações nos preços dessa *commodity*, espera-se

que a modelagem do processo de volatilidade dos mesmos possa, até certo ponto, permitir antecipações dos efeitos de choques, conferindo melhores condições de planejamento aos agentes envolvidos. Especificamente, pretende-se analisar tanto a persistência de choques quanto a existência de assimetrias na volatilidade do retorno, a partir dos mesmos modelos utilizados por SILVA *et al.* (2005).

MORETTIN e TOLOI (2004) citam vantagens de se utilizar o retorno na análise de volatilidade.

## 2 . Metodologia

### 2.1 Modelo Econométrico

Para a análise proposta por este estudo, são utilizadas três extensões do modelo de heteroscedasticidade condicional autorregressiva (ARCH), inicialmente proposto por ENGLE (1982).

Segundo SILVA *et al.* (2005), um modelo ARCH pode ser descrito em termos da distribuição dos erros de um modelo auto-regressivo linear dinâmico. Considerando  $P_t$  o preço de uma *commodity* no período  $t$  e  $r_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$  o retorno gerado por essa *commodity* no período entre  $t$  e  $t-1$ , e ainda que os retornos possam ser descritos por um processo autorregressivo de ordem  $k$ , um modelo ARCH de ordem  $p$ , ajustado para essa *commodity*, pode ser descrito como:

$$(1) \quad \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2$$

em que  $\sigma_t^2$  denota a variância condicional (ou volatilidade) no período  $t$ .

Tal modelo expressa a variância condicional da série de retorno para a média condicional como uma função das inovações quadráticas passadas.

A primeira extensão desse modelo a ser usada no presente estudo foi proposta por BOLLERSLEV (1986)

<sup>1</sup> Embora próximo de 1, é necessário que tal coeficiente seja menor que 1 para a estacionariedade fraca.

com a finalidade de obter uma formulação mais parcimoniosa que a proposta por Engle (1982). A formalização deste modelo é dada por:

$$(2) \quad \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

O modelo (2), conhecido como Garch (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*), descreve a variância condicional de uma série de retorno como dependendo de uma constante ( $\alpha_0$ ) da volatilidade passada (termos  $\varepsilon_{t-i}^2$ ) e das previsões passadas da variância (termos  $\sigma_{t-j}^2$ ).

As restrições para que a variância do processo seja positiva e fracamente estacionária são:

$$\alpha_0 \geq \alpha_1 > 0; \quad \beta_1 > 0; \quad \alpha_1 + \beta_1 < 1$$

A persistência de choques na volatilidade da série de retornos é dada pela soma ( $\alpha_1 + \beta_1$ ) e, quanto mais próxima de um, maior o tempo que um choque na série levará para dissipar-se. Soma próxima de zero significa que o choque é, rapidamente, dissipado.

As outras duas variantes do modelo ARCH utilizadas neste estudo são os modelos EGARCH (*Exponential GARCH*), proposto por Nelson (1991), e o modelo TARCH (*Threshold ARCH*) formulado por Zakoian (1994).

Tais modelos capturam, caso exista, o fenômeno da assimetria na volatilidade. Tal fenômeno ocorre quando choques positivos e negativos tendem a ter impactos diferenciados sobre a volatilidade.

Um modelo TARCH (1,1), por exemplo, é escrito como:

$$(3) \quad \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma_1 d_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

em que  $d_{t-1}$ , uma *dummy* binária, assume os seguintes valores:

$$\begin{aligned} &1, \quad \text{se } \varepsilon_{t-1} < 0 \\ &0, \quad \text{caso contrário} \end{aligned}$$

Portanto, o efeito de choques positivos ( $\varepsilon_{t-1} > 0$ ) sobre a variância condicional é dado por  $\alpha_1$ , enquanto o efeito de choques negativos ( $\varepsilon_{t-1} < 0$ ) é dado por  $\alpha_1 + \gamma_1$ . Então, segue que se  $\gamma_1 = 0$  e  $\alpha_1 = \alpha_1 + \gamma_1$ , não há o efeito assimetria. Caso  $\gamma_1 > 0$  e  $\alpha_1 \neq \alpha_1 + \gamma_1$ , diz-se haver assimetria na volatilidade.

No modelo EGARCH, proposto por Nelson (1991), considera-se que o efeito de choques sobre a volatilidade assume a forma exponencial e não quadrática como no modelo TARCH. Um modelo EGARCH (1,1), por exemplo, é escrito como:

$$(4) \quad \ln(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \beta_1 \ln(\sigma_{t-1}^2) + \alpha_1 \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \gamma_1 \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$$

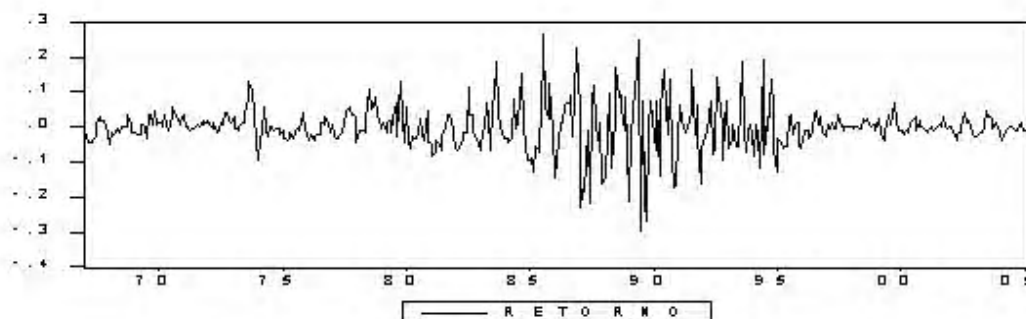
em que há assimetria na volatilidade caso  $\gamma_1 \neq 0$ . O parâmetro  $\beta_1$  representa uma medida para a persistência de choques na volatilidade.

## 2.2. Descrição e fonte dos dados

Os dados utilizados neste estudo são referentes à série mensal do preço médio recebido pelo produtor do boi gordo em corte, em Reais por arroba (R\$/15 kg), deflacionado pelo IGP-DI. A fonte dos dados é a Revista *Agroanalysis* da Fundação Getúlio Vargas (2005). A série abrange o período compreendido entre os meses de janeiro de 1967 a abril de 2005, inclusive, completando um total de 460 observações.

## 3. Resultados e Discussão

A análise de volatilidade do preço do boi gordo, para o período de janeiro de 1967 ao mês de abril do ano de 2005, foi iniciada a partir da determinação da série de retorno, que é apresentada na Figura 1, a seguir:



**Figura 1** - Retorno da série do preço do boi gordo – janeiro de 1967 a abril de 2005.

Fonte: FGV/Agroanalysis (2005)

Conforme pode ser observado a partir da Figura 1, há fortes indícios de que a série do retorno do preço do boi gordo apresente um padrão de variância condicionada ao tempo. Especificamente, constata-se uma forte oscilação, na referida série, no período compreendido entre os anos de 1980 e 1995.

Para a análise estatística da volatilidade da série do retorno, procurou-se, inicialmente, verificar se as observações, desta série, se autocorrelacionam ao longo do período analisado. Para tanto, utilizou-se o teste do Multiplicador de Lagrange de Breusch-Godfrey para autocorrelação. Os resultados mostraram que a hipótese nula de que todos os coeficientes de autocorrelação são estatisticamente iguais a zero, ou seja, não há autocorrelação na série do retorno, é rejeitada aos níveis usuais de significância estatística de 1%, 5% e 10%.

A análise das autocorrelações estimadas para os

retornos quadráticos apontou evidências da presença de efeitos de heteroscedasticidade condicional autorregressiva, ou seja, indícios de que a volatilidade da série apresenta um padrão ARCH. A fim de se testar tal hipótese, utilizou-se o teste do Multiplicador de Lagrange proposto por Engle (1982). Os resultados do teste indicaram que a hipótese nula de ausência do efeito ARCH na volatilidade é rejeitada ao nível de significância de 1%.

Com base nos resultados dos testes para autocorrelação e para a presença do efeito ARCH, procurou-se ajustar um modelo para a média condicional da série do retorno. Para cumprir tal objetivo, fez-se uso da Função de Autocorrelação (FAC) e da Função de Autocorrelação Parcial (FACP) do retorno. Com base nesse procedimento, ajustou-se um modelo ARMA (1,1) para a média condicional. Constatou-se que, após tal ajuste, a hipótese nula

**Tabela 1**

Estimativa do modelo GARCH (3,3) para o retorno do preço do boi gordo, jan.1967- abr. 2005

<b>E q u a ç ã o d a M é d i a</b>			
	C o e f i c i e n t e	D e s v i o P a d r ã o	p - v a l o r
A R ( 1 )	0 , 4 4 2 1	0 , 0 8 8 6	0 , 0 0 0 0
M A ( 1 )	0 , 1 0 7 8	0 , 0 8 2 3	0 , 1 9 0 4
<b>E q u a ç ã o d a v a r i â n c i a</b>			
	C o e f i c i e n t e	D e s v i o - P a d r ã o	p - v a l o r
intercepto	1 , 8 1 E - 0 5	5 , 2 6 E - 0 8	0 , 0 0 0 0
A R C H ( 1 )	0 , 3 4 0 1	0 , 0 5 1 4	0 , 0 0 0 0
A R C H ( 2 )	- 0 , 2 5 9 4	0 , 0 7 1 1	0 , 0 0 0 3
A R C H ( 3 )	0 , 2 6 8 7	0 , 0 4 8 2	0 , 0 0 0 0
<i>D u m m y d e a s s i m e t r i a</i>	- 0 , 0 6 6 1	0 , 0 5 3 7	0 , 2 1 8 3
G A R C H ( 1 )	1 , 2 3 5 4	0 , 0 2 1 2	0 , 0 0 0 0
G A R C H ( 2 )	- 1 , 1 7 2 2	0 , 0 2 1 3	0 , 0 0 0 0
<b>G A R G H ( 3 )</b>	0 , 6 6 2 7	0 , 0 2 3 5	0 , 0 0 0 0
<b>Q u a l i d a d e d o A j u s t e</b>			
Desvio - padrão da regressão	0 , 0 6 4 1	C r i t é r i o d e A k a i k e	- 3 , 6 5 3 5
M á x i m a l o g - v e r o s s i m i l h a n ç a	8 4 6 , 6 6	C r i t é r i o d e S c h w a r z	- 3 , 5 6 3 4

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os resultados apresentados na Tabela 1 fornecem a estimativa para a variância condicional da série do retorno do preço do boi gordo. A soma dos parâmetros  $\alpha_i$  e  $\beta_i$  é igual a 1,044. Tal valor, por ser superior à unidade, não obedece à restrição para que a variância do processo seja fracamente estacionária. Dessa forma, tem-se que a variância cresce indefinidamente ao longo do tempo, o que significa dizer que a mesma é explosiva. Nesse caso,

choque inicial sobre a volatilidade tem efeitos permanentes no tempo, não sendo dissipados.

Estimado o modelo GARCH, procedeu-se a verificação da presença de assimetria na volatilidade, ou seja, verificou-se se o efeito de choques positivos é similar ao efeito de choques negativos. O primeiro procedimento para tal análise foi a estimação de um modelo TARCH (3,3), apresentado na Tabela 2.

Tabela 2

Estimativa do modelo TARCH (3,3) para o retorno do preço do boi gordo, jan.1967- abr. 2005

<b>E q u a ç ã o d a M é d i a</b>			
	C o e f i c i e n t e	D e s v i o P a d r ã o	p - v a l o r
A R ( 1 )	0,4421	0,0886	0,0000
M A ( 1 )	0,1078	0,0823	0,1904
<b>E q u a ç ã o d a v a r i â n c i a</b>			
	C o e f i c i e n t e	D e s v i o - P a d r ã o	p - v a l o r
intercepto	1,81E-05	5,26E-08	0,0000
A R C H ( 1 )	0,3401	0,0514	0,0000
A R C H ( 2 )	-0,2594	0,0711	0,0003
A R C H ( 3 )	0,2687	0,0482	0,0000
<i>D u m m y d e a s s i m e t r i a</i>	-0,0661	0,0537	0,2183
G A R C H ( 1 )	1,2354	0,0212	0,0000
G A R C H ( 2 )	-1,1722	0,0213	0,0000
G A R G H ( 3 )	0,6627	0,0235	0,0000
<b>Q u a l i d a d e d o A j u s t e</b>			
Desvio-padrão da regressão	0,0641	C r i t é r i o d e A k a i k e	-3,6535
M á x i m a l o g - v e r o s s i m i l h a n ç a	846,66	C r i t é r i o d e S c h w a r z	-3,5634

Fonte: Resultados da pesquisa.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 2, constata-se que não há a presença de assimetria na volatilidade da série de retorno do preço do boi gordo, uma vez que o coeficiente da variável *dummy* utilizada para captar tal efeito não é estatisticamente significativo ao nível de significância estatística de 10%. Portanto, conclui-se que choques sobre a volatilidade, negativos ou positivos, têm efeitos de mesma magnitude.

O coeficiente de persistência é 1,009<sup>1</sup>, superior à unidade, ratificando os resultados obtidos na estimação do modelo GARCH, quando se conclui pela não estacionariedade da variância condicional.

Estimado o modelo TARCH, procurou-se estimar um modelo EGARCH, a fim de se obter maiores subsídios para a análise da volatilidade. Os resultados do modelo estimado são apresentados na Tabela 3.

<sup>1</sup> Embora próximo de 1, é necessário que tal coeficiente seja menor que 1 para a estacionariedade fraca.

**Tabela 3**

Estimativa do modelo EGARCH (1,1)<sup>2</sup> para o retorno do preço do boi gordo, jan.1967- abr. 2005

<b>E q u a ç ã o d a M é d i a</b>			
	C o e f i c i e n t e	D e s v i o P a d r ã o	p - v a l o r
A R ( 1 )	0 , 3 1 9 4	0 , 1 3 7 0	0 , 0 1 9 8
M A ( 1 )	0 , 1 3 7 4	0 , 1 3 3 9	0 , 3 0 4 7
<b>E q u a ç ã o d a v a r i â n c i a</b>			
	C o e f i c i e n t e	D e s v i o - P a d r ã o	p - v a l o r
i n t e r c e p t o	- 0 , 3 9 4 9	0 , 0 9 4 5	0 , 0 0 0 0
R E S   S Q R [ G A R C H ] ( 1 )	0 , 3 7 4 5	0 , 0 6 6 6	0 , 0 0 0 0
R E S / S Q R [ G A R C H ] ( 1 )	0 , 0 2 0 8	0 , 0 5 9 6	0 , 7 2 6 7
E G A R C H ( 1 )	0 , 9 8 2 4	0 , 0 1 0 8	0 , 0 0 0 0
<b>Q u a l i d a d e d o A j u s t e</b>			
D e s v i o - p a d r ã o d a r e g r e s s ã o	0 , 0 6 2 5	C r i t é r i o d e A k a i k e	- 3 , 6 1 8 4
M á x i m a l o g - v e r o s s i m i l h a n ç a	8 3 4 , 6 1 8 1	C r i t é r i o d e S c h w a r z	- 3 , 5 6 4 3

Fonte: Resultados da pesquisa.

No que diz respeito à presença da assimetria na volatilidade da série em estudo, os resultados obtidos a partir da estimação do modelo EGARCH (1,1), apresentados na Tabela 3, ratificam a constatação anterior da ausência de assimetria, uma vez que o coeficiente  $\beta_1$ <sup>3</sup> não é estatisticamente diferente de zero, nem mesmo ao nível de significância de 10%.

Entretanto, no que se refere à persistência dos efeitos de choques, verifica-se que o coeficiente do termo EGARCH (1), que fornece a medida para a persistência, embora seja elevado, é inferior à unidade. Assim, ao contrário do que havia sido constatado a partir dos modelos GARCH e TARCH, são satisfeitas as condições para que a variância condicional seja fracamente estacionária. Nesse caso, o valor de 0,98 indica que um choque inicial sobre a volatilidade tem efeitos prolongados, mas finitos. Situações como essa, conforme ressaltam Silva *et al.* (2005), fornecem subsídios para que instrumentos financeiros, como contratos futuros e de opções, entre outros, sejam vistos como instrumentos capazes de reduzir a volatilidade e, portanto, o risco envolvido no mercado

do boi gordo.

Uma comparação entre os três modelos, seguindo os critérios adotados por SILVA *et al.* (2005), indica que, com base no erro padrão da regressão, o modelo que apresenta o melhor ajuste é o EGARCH (1,1); com base no Critério de Informação de Schwarz, o melhor ajuste é do modelo GARCH (3,3); tomando-se como referência o valor da Máxima log-verossimilhança, o modelo que apresenta o melhor ajuste é o TARCH (3,3). Portanto, não há indícios de que algum dos modelos apresente ajuste superior aos demais.

Após estimação dos três modelos anteriormente citados, testou-se, para todos eles, a permanência de efeitos ARCH na série do resíduo. Constatou-se, aos níveis usuais de significância estatística, que a ausência desse efeito não pode ser rejeitada.

#### 4. Conclusão

Os resultados obtidos, a partir dos modelos GARCH e TARCH, indicam que a variância condicional da série,

<sup>2</sup> Os coeficientes dos parâmetros de ordem superior não foram estatisticamente significativos.

<sup>3</sup> Ver equação 4.

sob a ocorrência de choques, tende a crescer no tempo, enquanto o mesmo não se pode afirmar com base no modelo EGARCH. A presença de assimetria na volatilidade é rejeitada, tanto com base no modelo TARCH quanto no modelo EGARCH.

Uma vez que foram utilizados dados de periodicidade mensal para a série de preços do boi gordo, são grandes as possibilidades de a mesma apresentar sazonalidade,

principalmente devido ao fato de essa *commodity* ser caracterizada por um período de “safra”, entre janeiro e junho, e de “entressafra”, entre julho e dezembro<sup>4</sup>. Nesse caso, sugere-se que estudos posteriores a esse procurem modelar a média condicional da série de retorno através de modelos que incorporem tal padrão de sazonalidade na sua estrutura, caso seja confirmada sua existência (modelos SARMA e, ou SARIMA).

## 5. Referências Bibliográficas

BOLLERSLEV, T. Generalized Autorregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, v.31, p.307-327,1986.

BRESSAN, A.A.; LIMA, J.E. Modelos de previsão de preços aplicados aos contratos futuros de boi gordo na BM&F. *Nova Economia*, v.12, n.1, p. 117-140, jan./jun.2002,

ENGLE, R.F. Autorregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, v.50,n.4, p.987-1007,1982.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Preço médio - recebido pelo produtor - boi gordo (em corte) - 15 kg (deflator:IGP-DI) - Mensal - R\$ - FGV/*Agroanalysis* - Agroan12\_PRBOIG12. Disponível em: <[http://](http://www.ipeadata.gov.br)

[www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br)>. Acesso em: 24 out. 2005.

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

NELSON, D.B. Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach. *Econometrica*, v.59, p.347-370,1991.

SILVA, W.S.; SAFADI, T.; CASTRO JUNIOR, L.G.. Uma análise empírica da volatilidade do retorno de commodities agrícolas utilizando modelos ARCH: os casos do café e da soja. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.43, n.1, p.119-134, jan/mar. 2005.

ZAKOIAN, J.M. Threshold Heteroskedasticity Models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v.18, p.931-955.1994

---

<sup>4</sup> Ver BRESSAN e LIMA (2002).