

ANÁLISE DE RISCO, RETORNO E VOLATILIDADE DOS PREÇOS DO SISAL NA BAHIA, 2006-2015

Risk analysis, return and volatility of sisal prices in Bahia, 2006-2015

Naisy Silva Soares

Economista. Pós-doutorado em Economia Florestal. Professora do Departamento de Ciências
Econômicas da Universidade Estadual de Santa Cruz - Uesc. naisysilva@yahoo.com.br

Márcio Lopes da Silva

Eng. Florestal. Doutor em Engenharia Florestal. Professor do Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade Federal de Viçosa - UFV. marlosil@ufv.br

Resumo: O presente trabalho objetivou analisar risco, retorno e volatilidade dos preços do sisal na Bahia, de 2006 a 2015. Para isso, foram estimados a taxa geométrica de crescimento, o coeficiente de variação e a volatilidade dos preços do sisal. Para se estudar a volatilidade dos preços utilizou-se o desvio padrão e ainda os modelos Garch e Egarch. Os resultados indicaram que o risco de preços para o sisal aumentou e o retorno reduziu, no período analisado. A volatilidade dos preços do sisal apresentou-se elevada e persistente.

Palavras-chave: Taxa geométrica de crescimento. Retorno econômico. Agave sisalana.

Abstract: This study aimed to analyze the risk, return and volatility of sisal prices in Bahia, from 2006 to 2015. For this, the geometric rate of growth was estimated, variation coefficient and volatility of sisal prices. In order to study the price volatility, the standard deviation was used, and the Garch and Egarch models. The results indicated that the price risk for sisal increased and the return reduced in the period analyzed. The volatility of sisal prices was high.

Keywords: Geometric rate of growth. Economic return. Agave sisalana.

1 INTRODUÇÃO

O sisal (*Agave sisalana*) é uma planta originária do México que chegou ao Brasil através de uma empresa americana que trouxe mudas da Flórida, em meados de 1900 (COSIBRA, 2015). Esta é uma matéria-prima para diferentes indústrias como a de carpetes, cordas, fios e tapetes. Nas indústrias automobilísticas, imobiliária, moveleira e aeronáutica, é utilizada para produção de vidros e amianto. Em panificadoras, é utilizada como fonte de energia. Nas culturas de milho e algodão é bioinseticida e bio-herbicida. Além disso, é usada para produção de ração para alimentação de ruminantes da produção de leite e carne animal.

Devido às especificidades fisiológicas, como necessidades hídricas, o sisal é geralmente cultivado em regiões semiáridas e caatinga. Assim, a concentração produtiva nacional de sisal e dos produtos derivados da fibra encontra-se localizada no Nordeste. Os estados produtores brasileiros, em 2014, foram Rio Grande do Norte com 128 toneladas, Paraíba com 4.765 toneladas, Ceará com 1.037 toneladas e Bahia com 132.078, este último representou 96% da produção nacional no período, que somou o total de 138.008 toneladas de sisal (IBGE, 2015).

O Brasil, desde 1951, permanece como maior produtor e exportador mundial de sisal. Em 2011, o país ocupou o primeiro lugar no *ranking* dos maiores produtores mundiais de sisal, com mais de 111 mil toneladas, seguido por países como China com produção de 38 mil toneladas, Tanzânia com 34 mil toneladas (FAO, 2015).

Segundo a Conab (2014), 80% da produção de sisal do Brasil são exportadas, e, no ano de 2013, o país exportou a fibra beneficiada de sisal para 33 países. O tipo de produto com maior volume de exportação brasileira no ano de 2006 foi o do sisal beneficiado (fibra) com 51,8%, cabos, cordas e cordéis 32,0%, fios 13,4%, e tapetes 2,8 %. As exportações brasileiras do complexo sisal mantiveram-se altas até final da década de 1980. A partir daí, manteve-se abaixo da faixa de 150 mil toneladas, com exceção dos anos 1990. Dentre 2003 e 2008, a exportação de sisal teve um breve crescimento, com quantidades maiores que da década anterior, de 1990. No entanto, a partir de 2009, a exportação passa a apresentar as menores quantidades da história. Mais especificamente, em 2014,

foram exportadas 69,6 mil toneladas de sisal, fibra e produtos manufaturados, volume 15,7% superior que aos 60,1 mil toneladas exportadas em 2013, ano com recorde dos menores volumes exportados.

De acordo com Silva (2012), a redução da exportação tem ligação direta com a diminuição da quantidade produzida, prejudicada pelos fatores climáticos, econômicos que assolam as regiões produtoras e os agricultores, de maioria familiar. Além disso, a cultura mundial do sisal foi prejudicada nos últimos 40 anos devido a diversos fatores, como a diminuição da demanda pelo sisal para aproveitamentos tradicionais, como: cordéis, fios, carpetes, tapetes etc. Também devido à concorrência dos produtos sintéticos derivados do petróleo, de menor custo e menor preço de venda no mercado.

A produção nacional de sisal foi crescente até o ano de 2011, com produção máxima de 283.797 toneladas. Porém, no ano de 2012, houve uma queda de cerca de 69% e a produção brasileira foi de apenas 89.128 toneladas (IBGE, 2015). Essa queda da produção pode ser explicada pela seca na região sisaleira, falta de mão de obra para o corte, desfibramento e beneficiamento da fibra, e também pelo baixo nível tecnológico presente ao longo da cadeia produtiva, que possibilita o aproveitamento de apenas 4% da planta, associados aos outros custos nacionais, como impostos desproporcionais, mal distribuídos ou aplicados, que tornam a cultura do sisal historicamente gravosa e de alto custo social, conforme Aquino (2011).

Assim, o mercado de sisal no Brasil tem uma dinâmica sazonal, em que ocorrem variações anuais abruptas e constantes tanto na produção quanto no preço médio da fibra, gerando incerteza sobre lucratividade, rentabilidade, retorno e risco. E, como as decisões de investimento são voltadas para o futuro, é imprescindível que a variável incerteza seja considerada como uma das mais significativas no estudo do mercado para tomada de decisão de investimento.

Contudo, a crescente demanda por produtos naturais, principalmente em substituição aos derivados fósseis, com vantagens ecológicas (o sisal é reciclável e renovável), sociais (o sisal é altamente demandante de mão de obra local da agricultura familiar) e econômicas (fibras naturais são mais leves, mais resistentes e mais baratas), traz para a cultura do sisal um cenário promissor de competitividade, de sustentabilidade e um mercado do sisal possivelmente próspero e atrativo (CONAB, 2014).

Neste contexto, a análise do comportamento dos preços do sisal, do risco e retorno e da volatilidade contribui para a qualidade da tomada de decisão dos agentes públicos e privados, bem como para visualização de cenários futuros.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo geral analisar risco, retorno e volatilidade dos preços do sisal na Bahia, no período de 2006 a 2015. Pretende-se, também, analisar o comportamento dos preços do sisal, estimar o risco, retorno e a volatilidade dos preços do sisal na Bahia no período supracitado. Além disso, sugerem-se medidas que poderiam reduzir o risco, aumentar o retorno e reduzir a volatilidade dos preços da cultura.

Além desta introdução, o estudo tem mais três seções. A segunda seção trata da metodologia, e a terceira, apresenta os resultados e faz a discussão pertinente. A quarta e última, pondera as considerações finais.

2 METODOLOGIA

2.1 Modelo analítico

A partir das séries históricas do preço da fibra do sisal foi analisado o risco, o retorno e a volatilidade pelo coeficiente de variação, pela taxa geométrica de crescimento e pelo desvio padrão, respectivamente.

O risco foi obtido conforme equação 1 (SOARES et al., 2013; SILVA; CARVALHO, 1995; e SOARES et al., 2010).

$$CV_x = \left(\frac{\sigma_x}{MED_x} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

em que:

CV_x = coeficiente de variação do preço;

σ_x = desvio padrão do preço;

MED_x = média dos preços.

O retorno foi estimado por regressão linear de tendência (equação 2) (GUJARATI, 2000).

$$Y = a.b.T \quad (2)$$

em que: Y = variável dependente (preço da fibra do sisal);

T = tempo;

a e b = parâmetros a serem estimados.

Aplicando a forma logarítmica, tem-se (equação 3):

$$\text{Log}Y = \log a + T \log b \quad (3)$$

Deste modo, a TGC é obtida pela equação 4.

$$TGC = (\text{Anti} - \log b - 1) \times 100 \quad (4)$$

Com relação à volatilidade dos preços, segundo Santos (2001), ela não pode ser calculada efetivamente, sendo uma estimativa para o comportamento dos preços no futuro. Assim, uma das formas mais comuns de medir a volatilidade é histórica, em que se pressupõe que o comportamento dos preços passados será repetido no futuro.

No presente trabalho, a volatilidade dos preços do sisal na Bahia foi calculada pela forma descrita em Purcell e Koontz (1999) (equação 5).

$$\sigma = 100 \cdot \sqrt{\sum_{t=1}^{n-1} \frac{\left(\ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) - \mu \right)^2}{n-1}} \cdot m \quad (5)$$

em que:

σ = desvio padrão ou volatilidade média anual;

P_t = preço no período corrente;

P_{t-1} = preço no período anterior;

t = período;

μ = média das mudanças percentuais no preço;

n = número de observações; e

m = 12, valor correspondente aos meses do ano.

Primeiro, os dados da amostra são selecionados para calcular a volatilidade utilizando a equação 5. Posteriormente, elimina-se o primeiro valor da série e um novo valor é acrescentado, refazendo-se o cálculo da volatilidade. Esse processo continua até que sejam utilizadas todas as observações. Consequentemente, o resultado final é uma série de valores de volatilidade, com os quais se calcula uma média aritmética para obter um único valor.

Entretanto, os modelos econométricos são mais adequados para análise da volatilidade. Desta forma, utilizou-se um modelo econométrico para modelar a volatilidade dos preços do sisal, ou seja, a variância condicional de uma variável, conhecida como retorno (equação 6) (MORETTIN; TOLOI, 2006):

$$X_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}), \quad (6)$$

Onde P_t é o preço no período t , P_{t-1} é o preço no período $t-1$ e X_t é o retorno do período $t-1$ e t .

A ideia básica é de que o retorno X_t é não correlacionado serialmente, mas a variância condicional (volatilidade) depende de retornos passados por meio de uma função quadrática. Sendo assim, um modelo Arch(r) é definido por:

$$X_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t \tag{7}$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1}^2 + \dots + \alpha_r X_{t-r}^2 \tag{8}$$

Onde ε_t é uma sequência de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas (i.i.d.) com média zero e variância um, $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$, $i > 0$.

Para verificar se a série apresenta heterocedasticidade condicional utiliza-se o teste do tipo Multiplicador de Lagrange (ML) proposto por Engle (1982 apud MORETTIN; TOLOI, 2006).

Os modelos Garch (*generalized ARCH*), foi uma generalização dos modelos Arch. Assim como um modelo Arma pode ser mais parcimonioso do que um modelo AR ou MA puro, pelo fato de apresentar menos parâmetros, acontece da mesma forma com um modelo Garch que pode ser utilizado para medir a volatilidade com menos parâmetros que um modelo Arch.

Um modelo Garch (r,s) é dado por:

$$X_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t \tag{9}$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i X_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j h_{t-j}$$

em que ε_t são i.i.d. (0,1), $\alpha_0 > 0, \alpha_j \geq 0, \sum_{i=1}^q (\alpha_i + \beta_i) < 1, q = \max(r,s)$. (10)

Segundo Pereira (2009), supondo um caso simples de Garch (1,1), onde $p = q = 1$, assume-se a seguinte forma funcional:

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \tag{11}$$

Geralmente, observa-se que nas aplicações de um modelo Garch (1,1), a soma dos parâmetros α_1 e β_1 têm sido 1. As percepções para os parâmetros desse modelo são: a) grandes coeficientes de β indicam que os choques levam um longo período de tempo para poder se dissipar, considerada volatilidade persistente; e b) grandes coeficientes α significa, por sua vez, que a volatilidade tende a ser mais aguçada, que apresenta alta reação. A persistência dos choques na volatilidade do retorno pode ser

medida pela soma dos coeficientes α e β , sendo que se os valores da soma desses coeficientes forem próximos de zero significa que um choque sobre a volatilidade surtirá efeitos transitórios, que no curto período de tempo, convergirá a sua média histórica, mas se os valores da soma estiverem próximos de da unidade indica que o choque persistirá por um tempo maior até desaparecer (PEREIRA, 2009).

Contudo, o modelo Garch não capta o efeito de alavancagem na série de preços, uma vez que a variância condicional é função somente da magnitude das variações e não dos seus sinais. Sendo assim, surgiu a ideia de criar modelos que captem a assimetria das respostas, como os modelos Egarch e Tarch em que os retornos são tratados de forma simétrica tanto no modelo Arch quanto no Garch, pois a volatilidade é uma função quadrática dos mesmos. Mas sabe-se que a volatilidade reage de forma assimétrica aos retornos, tendendo ser maior a retornos negativos.

Assim, observa-se que períodos de quedas nos preços são frequentemente seguidos por períodos de intensa volatilidade, enquanto que em períodos de alta nos preços a volatilidade não é tão intensa. Tal fato é denominado “efeito alavancagem”, sendo que, em geral, choques positivos e negativos tendem a ter impactos diferenciados sobre a volatilidade (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Então, para captar os impactos assimétricos nas séries de dados, têm-se os modelos Egarch (Exponential Garch), sendo que um modelo Egarch (1,1) é dado por (NELSON, 1991):

$$\sigma_t^2 = -\alpha_0 + \beta_1 \ln \sigma_{t-1}^2 + \alpha_1 \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \gamma_1 \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \tag{12}$$

Se o valor do parâmetro γ_1 estiver dentro do intervalo $0 < \gamma_1 < 1$, significa que um choque negativo surte efeitos maiores na volatilidade do que os choques positivos. Se o valor deste parâmetro for maior que 1, a condição imposta é que um choque positivo reduz a volatilidade da série em questão.

Por outro lado, o modelo Tarch (*Threshold Arch*) é um caso particular do Arch não linear, e a volatilidade segue então de forma funcional (equação 13).

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \gamma_1 d_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 \tag{13}$$

considerando que $\lambda = 2$

α_1 = coeficiente de reação da volatilidade
 β_1 = coeficiente de persistência da volatilidade
 γ_1 = efeito assimetria na volatilidade
 d_{t-1} = *dummy*: 1 se $\varepsilon_{t-1} < 0$ más notícias.
 0 se $\varepsilon_{t-1} > 0$ boas notícias.

Se $\lambda \neq 0$, há um impacto de informação assimétrica e para que as informações negativas tenham maior impacto, $\lambda > 0$.

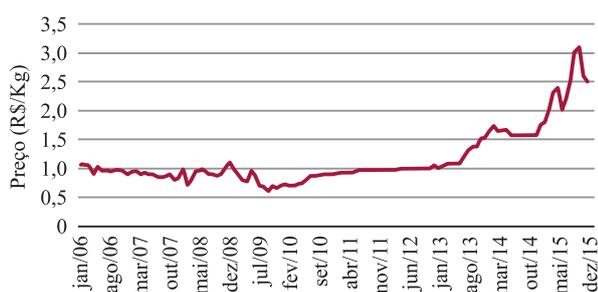
2.2 Fonte de dados

Os dados utilizados referem-se aos preços médios mensais da fibra de sisal na Bahia. Os mesmos são do período de janeiro de 2006 a dezembro de 2015 e estão em R\$/kg. Utilizaram-se os preços nominais do sisal obtidos na Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura (SEAGRI), órgão vinculado ao governo da Bahia (SEAGRI, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, pode ser observado o comportamento dos preços do sisal na Bahia, de janeiro de 2006 a dezembro de 2015. Observa-se que a série apresenta períodos de alta nos preços seguidos de períodos de baixa, sinalizando uma volatilidade na série e não estacionariedade.

Figura 1 – Comportamento do preço da fibra do sisal na Bahia, janeiro de 2006 a dezembro de 2015



Fonte: Elaborada pelos autores com base em Seagri (2016).

Como verificado na Figura 1, o preço da fibra do sisal no Estado da Bahia foi crescente ao longo do período analisado, a uma taxa média mensal de 0,72% de janeiro de 2006 a dezembro de 2015. De janeiro de 2006 a dezembro de 2011, os preços do sisal apresentaram uma pequena queda (0,15% ao mês) e de janeiro de 2012 a dezembro de 2015, cresceram a uma taxa maior (2,33% ao mês) (Quadro 1).

Quadro 1 – Taxa geométrica de crescimento (TGC) dos preços do sisal na Bahia

Período	TGC (% ao mês)
Jan./2006 a dez./2015	0,72*
Jan./2006 a dez./2011	-0,15*
Jan./2012 a dez./2015	2,33*

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa. * significativo em nível de 1%.

O maior crescimento dos preços do sisal no período considerado ocorreu de janeiro de 2012 a dezembro de 2015, o que pode ser explicado, principalmente, pela política de preço mínimo do governo federal, entre 2007 e 2012 (ALVES, 2015). Além disso, o comportamento do preço da fibra do sisal tem relação com a introdução do PEP (Prêmio para Escoamento de Produto) iniciado em 2010, que possibilitou ao mercado pagar preços superiores ao mínimo. Acrescenta-se, ainda, a concorrência com substitutos sintéticos, a variação da importação de produtos de outros países produtores, como a China, grande concorrente e as mudanças climáticas (SILVA, 2013). Segundo Alves (2105), nos últimos anos foram constantes os períodos de estiagem, a proliferação de fungos e pragas nas plantações. A grande queda produtiva do sisal baiano, em 2012, foi atribuída em medida à seca que assolou a região sisaleira, à falta de mão de obra para o corte, desfibramento e beneficiamento da fibra. Além disso, a falta de recursos econômicos e tecnológicos dos produtores locais reduziu a produção de sisal e, conseqüentemente, aumentou os preços no período de 2012 a 2015 (CONAB, 2014).

As curvas de desvio (risco) e da taxa de crescimento dos preços (retorno) estão na Figura 2, para os períodos de janeiro de 2006 a dezembro de 2011, janeiro de 2012 a dezembro de 2015 e janeiro de 2006 a dezembro de 2015.

Figura 2 – Comportamento do risco e retorno para o sisal, janeiro de 2006 a dezembro de 2015



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Como pode ser observado na Figura 2, o risco de preços para o sisal aumentou e o retorno reduziu, no período de janeiro de 2006 a dezembro de 2015. Assim, pode-se dizer que as chances de perda para a cultura são elevadas.

O elevado risco e baixo retorno para a cultura do sisal pode ser explicado pela seca na região produtora da Bahia e pela tecnologia obsoleta para produção e industrialização do sisal que reduz a produção e a rentabilidade dos produtores. Conforme Alves (2015) há uma carência no setor sisaleiro de P&D, novos maquinários, novas tecnologias e melhorias nos processos produtivos, assim como de treinamento e qualificação da mão de obra.

Outro fator que pode explicar esta situação é a volatilidade dos preços do sisal (Quadro 2).

Quadro 2 – Volatilidade média mensal dos preços do sisal na Bahia

Período	Volatilidade (%)
Jan./2006-dez/2011	0,15
Jan./2012-dez/2015	3,73
Jan./2006-dez/2015	0,32

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Nota-se no Quadro 2, que os preços do sisal apresentaram uma volatilidade menor (0,15%) de 2006 a 2011 em comparação com 2012 a 2015 (3,73%). Assim, constata-se que o preço da fibra do sisal vem aumentando suas variações e sua volatilidade o que pode ser ruim para esta atividade produtiva.

Constatado este comportamento significativo da volatilidade dos preços do sisal, procurou-se fazer uma análise mais robusta da mesma, por meio dos modelos Arch e Garch, cujos resultados são apresentados a seguir.

Para verificar se há ou não estacionariedade na série de preços do sisal foi realizado o teste de raízes unitárias *Augmented Dickey Fuller* (ADF), que permite inferir se os preços têm tendência de reversão à média. Conforme Quadro 3, os resultados do teste ADF comprovam que a série de preços em nível não é estacionária, em nível de 1% de probabilidade, apresentando raiz unitária, pois aceita-se a hipótese nula de presença de raiz unitária. Na primeira diferença a série foi estacionária.

Quadro 3 – Teste de estacionariedade para a série de preços do sisal

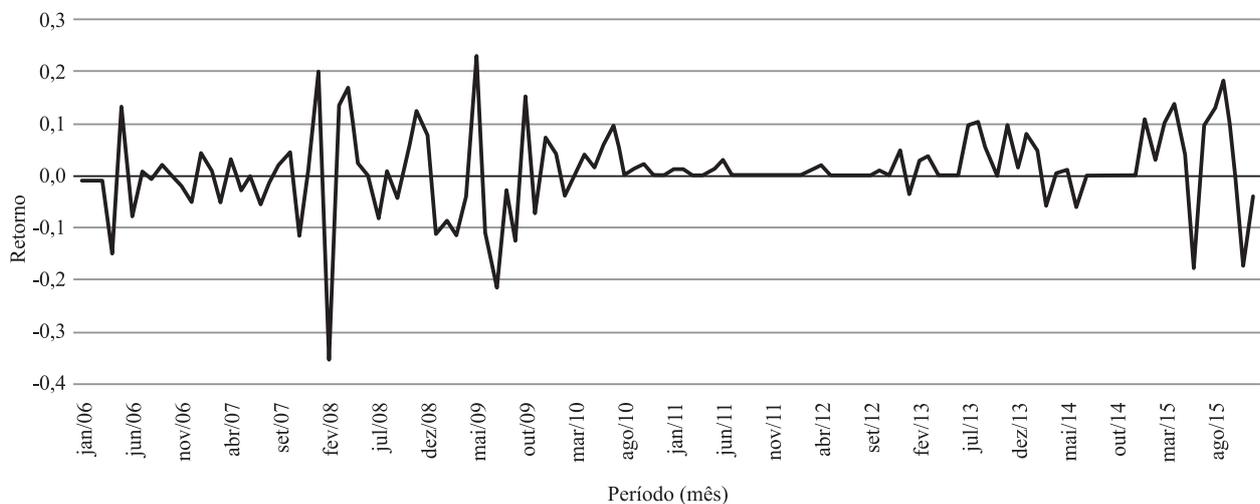
Variável	Com intercepto e com tendência	Com intercepto e sem tendência	Sem intercepto e sem tendência
	Teste ADF*	Teste ADF**	Teste ADF***
PR	1,01	2,30	2,19
Δ PR	-4,64	-2,58	-2,59

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Notas: 1) Δ = primeira diferença. *Valor crítico de ADF: - 4,04; **Valor crítico de ADF: -2,48; ***Valor crítico de ADF: -2,58.

A Figura 3 ilustra a série de retorno do sisal, que visualmente permite a percepção de que a série de retorno possui tendência à reversão à média, que será comprovada ou não pelos testes de raízes unitárias.

Figura 3 – Série de retorno do sisal na Bahia, jan/2006 a dez/2015.



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Realizando-se o teste ADF observou-se que, em todos os níveis de significância, a hipótese nula de presença de raiz unitária foi rejeitada. Dessa maneira infere-se que a série de retorno dos preços do sisal apresenta uma tendência de reversão à média (Quadro 4).

Quadro 4 – Teste de estacionariedade para a série de retorno do sisal

Variável	Com intercepto e com tendência Teste ADF*	Com intercepto e sem tendência Teste ADF**	Sem intercepto e sem tendência Teste ADF***
PR	-9,82	-11,93	-11,88

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.
Notas: *Valor crítico de ADF: -4,04; **Valor crítico de ADF: -2,48;
***Valor crítico de ADF: -2,58.

Para avaliar o comportamento da série de retorno de acordo com a normalidade, realizou-se o teste de normalidade de Jarque-Bera, que apresentou um valor de 75,56 e um p-valor de 0,00000 indicando a rejeição da hipótese nula de normalidade, que é verificada também pelas estatísticas de assimetria e curtose, que foram fortemente significativas, superando os valores propostos de ser $\neq 0$ (para a assimetria) e > 3 (para a curtose) (Quadro 5).

A estatística de assimetria, que estuda a distribuição dos dados, informa que as séries de preços do sisal possuem assimetria à direita, ou seja, os retornos se agrupam no lado direito da média, pois esta é maior que a mediana. Quanto aos resultados da curtose, a série de retornos do sisal possui uma distribuição leptocúrtica (Figura 4) em relação à normal, apresentando um valor igual a 6,63 indicando sinais de heteroscedasticidade na série e de agrupamento da volatilidade, uma vez que os valores da curtose foram maiores que 3 (Quadro 5).

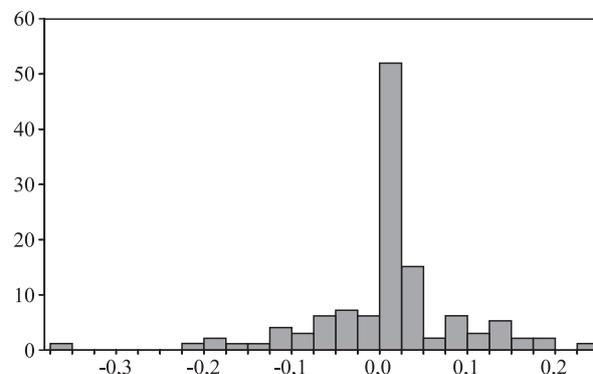
Quadro 5 – Estatísticas descritivas da série de retorno do sisal

Medidas	Preço
Média	0.006994
Mediana	0.000000
Valor Máximo	0.230906
Valor Mínimo	-0.356675
Desvio padrão	0.080304
Assimetria	-0.686938
Curtose	6.636820
Teste Jarque-Bera	75.56997
p-valor de JarqueBera	(0,00000)
Nº. Observações	120

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Assim, com base na análise das estatísticas descritivas dos retornos do sisal foi possível detectar a presença da heteroscedasticidade e agrupamento da volatilidade, o que sugere que os retornos estejam autocorrelacionados entre si.

Figura 4 – Distribuição da série de retorno do sisal na Bahia



Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Para confirmar a existência de heteroscedasticidade condicional na série, implementou-se o teste de Multiplicador de Lagrange (LM) de Engle (1982). Os resultados do teste estão dispostos no Quadro 6.

Quadro 6 – Resultado do Teste de Multiplicador de Lagrange (LM) para os retornos do sisal

Itens	Resultados
Melhor lag	1
Akaïke	4,66
Schwarz	4,51
Estatística F	0,02
R ² *observações	2,38

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Como pode ser observada, a estatística do multiplicador de Lagrange, confirma, para todas as defasagens, que os resíduos dos retornos do preço da fibra do sisal, apresentam comportamento do tipo Garch, ou seja, possuem heteroscedasticidade condicional.

Confirmada esta característica da volatilidade, resta determinar a ordem dos modelos Garch para estudar o agrupamento e a persistência da volatilidade.

A escolha do melhor modelo Garch, por meio dos critérios de Akaïke e Schwarz, apontou a necessidade da introdução de apenas um (1) lag nos retornos do sisal para todas as séries estudadas (AKAIQUE, 1974). Os resultados estão no Quadro 7.

Quadro 7 – Equação da variância da série de retornos do sisal (modelo Garch (1,1)).

Variáveis	Coefficientes	Prob.
Constante	7,30E-10	0.25
ε_{t-1}^2	0.40	0.02
σ_{t-1}^2	0.69	0.00

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

No modelo Garch (1,1), todos os coeficientes foram significativos a 1% de confiança, exceto o coeficiente da constante. Uma das restrições impostas aos parâmetros do modelo Garch é a imposição de coeficientes não negativos na equação da variância. Assim, os resultados estão coerentes (Quadro 7).

O somatório dos coeficientes alfa e beta apontaram resultados consistentes e significativos, sendo a volatilidade do tipo persistente para as séries de preços do sisal, o que explica a formação de diversos agrupamentos de volatilidade na série em questão. Esse resultado mostra, ainda, que os choques na volatilidade irão perdurar por um período extremamente longo e que a variância permanecerá elevada, não apresentando reversão à sua média histórica, pois o somatório dos coeficientes alfa e beta foi maior que 1 (Quadro 7).

A persistência da volatilidade observada na série indica a presença de caudas pesadas, ou seja, altas dispersões dos retornos em torno da média. Em termos econômicos, isto significa que esses retornos estão autocorrelacionados entre si, pois as informações passadas que formaram os preços do sisal estão influenciando a formação dos preços no presente.

Logo, um choque que gere declínio ou aumento do preço da fibra do sisal pode implicar vários períodos de intensa instabilidade ou volatilidade no mercado, gerando perdas consideráveis para o setor sisaleiro.

O modelo Egarch (1,1) foi o que apresentou os menores valores dos critérios AIC e SBC, sendo então o que melhor se ajustou para explicar a dinâmica da volatilidade na série. A variância do modelo Egarch (1,1) é especificada por (equação 15):

$$\sigma_t^2 = -0,72 + 1,25 \ln \sigma_{t-1}^2 + 0,32 \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + 0,96 \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \quad (15)$$

Os resultados encontrados no modelo Egarch (1,1) denotam a presença da assimetria da volatilidade na série de preços do sisal, ou seja, o valor do coeficiente de $\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$ se mostrou significativo e dentro do intervalo menor que 1 e maior que zero. Assim, assimetria da volatilidade nos retornos do sisal indica que eles oscilam em função das informações boas e más que entram no mercado. As más notícias, como a superprodução do sisal, aumentam a volatilidade nos preços do produto no mercado, o que demonstra que choques positivos e negativos exercem influências sobre a variância das séries.

Nesse modelo, o efeito de choques é exponencial e não quadrático, apresentando um coeficiente de reação da volatilidade diferente de zero (-0,72) indicando que os impactos decorrentes de choques positivos e negativos foram diferenciados na volatilidade. O coeficiente que capta a assimetria da volatilidade (0,96) apresentou um valor diferente de zero, reafirmando a diferenciação dos choques, e como este coeficiente foi significativo, interpreta-se que a volatilidade responde mais rapidamente a retornos negativos que a positivos. Além disso, 96% do choque gerado no tempo t-1 (período anterior) persistirá no tempo t (período atual).

A magnitude do coeficiente de persistência do modelo foi inferior a um (0,93), indicou que os choques devem ter efeito lento sobre o comportamento dos preços do sisal, e a variância deve convergir a sua média histórica em longo espaço de tempo, pois se apresentou próximo de 1.

O Quadro 8 expõe os resultados do modelo Tarch para a série de retornos do sisal.

Quadro 8 – Equação da variância da série de retornos do sisal (modelo TARCH (1,1))

Variáveis	Coefficientes	Prob.
Constante (a_0)	4.52E-05	0.32
$a_1 \varepsilon_{t-1}^2$	0.661118	0.00
$\gamma_1 d_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2$	-0.227639	0.04
$\beta_1 \sigma_{t-1}^2$	0.645238	0.00

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

O coeficiente de assimetria da volatilidade (variável *dummy*) se mostrou significativo para a série, o que confirma a presença da assimetria da volatilidade (Quadro 8).

A persistência dos choques, dada pela soma dos termos $a_1 \varepsilon_{t-1}^2$ e $\beta_1 \sigma_{t-1}^2$ atinge o valor de 1,3, o que

evidencia que um choque na série de retornos do sisal terá efeito por vários períodos (Quadro 8).

Os resultados mostram que existe assimetria de choques captada pelo modelo Tarch e que choques negativos têm maior impacto sobre a volatilidade do que choques positivos em cerca de 22% (Quadro 8).

Nesse contexto, apesar de existir algumas políticas públicas para a atividade sisaleira no país, sugere-se a implantação de programas de capacitação profissional e treinamento técnico, melhorias na educação básica, programas de apoio à consultoria técnica, estímulos à oferta de serviços tecnológicos, programas de acesso à informação, linhas de crédito, programa de irrigação e incentivos fiscais. Esses fatores poderiam reduzir o risco, aumentar o retorno e reduzir a volatilidade dos preços da cultura de sisal no Brasil.

4 CONCLUSÕES FINAIS

As análises realizadas no presente trabalho serviram como uma ferramenta importante de análise da série de preços do sisal que poderá ser levada em consideração para tomada de decisão acerca de investimentos na atividade sisaleira e, também, auxiliar na diminuição da incerteza e minimização do risco de mercado.

Com os resultados obtidos, constatou-se que o investimento na cultura do sisal apresentou-se com elevado risco e baixo retorno no período analisado.

O preço da fibra do sisal apresentou volatilidade elevada e persistente no período considerado.

Constatou-se que a volatilidade responde mais rapidamente a retornos negativos que a positivos.

Constatou-se, ainda, que as informações passadas sobre os preços do sisal influenciaram a formação dos preços presentes.

Sugere-se que trabalhos futuros nessa mesma linha sejam desenvolvidos para analisar o preço da fibra de sisal, porém para outros períodos.

5 AGRADECIMENTOS

À Capes e ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. V. S. **Inovação, competitividade e políticas públicas do arranjo produtivo local de sisal da Bahia**. 2015. 143 p. Dissertação (Mestrado em Economia Regional e Políticas Públicas), Universidade Estadual de Santa Cruz.
- AQUINO, D. F. **Sisal - proposta de preço mínimo 2012/2013**: Conab, 2012 – Estudos Internos.
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Boston, v.19, n.6, p.716-723, Dec. 1974.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Proposta de preços mínimos - safra 2013/2014** – Produtos de Inverno, regionais e leite. Conab, 2014a.
- _____. **Conjuntura mensal**: Sisal. Conab, jna., 2014b.
- COSIBRA. COMPANHIA DE SISAL DO BRASIL. Disponível em: <http://www.cosibra.com.br/materia_prima.php>. Acesso em: 01 jun. 2015.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. Acesso em: 20/01/ 2015
- GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 3.ed, São Paulo: Makron Books, 2000.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sidra. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2015.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- NELSON, D. B. Conditional heteroskedasticity in asset returns: a new approach. **Econometrica**, v. 59, p. 347-370, 1991.
- PEREIRA, E. S. **Formação de preços e finanças comportamentais**: um estudo empírico no mercado futuro de cacau. 2009. 83 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

PURCELL, W. D.; KOONTZ, S. R. **Agricultural futures and options principles and strategies**. 2.ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999.

SANTOS, A. H. G. **Potencial de implantação do contrato futuro de suínos no Brasil**.

Viçosa, MG: UFV, 2001. 110 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SEAGRI. SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, IRRIGAÇÃO, PESCA E AQUICULTURA. **Cotações agrícolas**.

Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br>>. Acesso em: 04 out. 2016.

SILVA, C. R. L. da; CARVALHO, M. A. de. Taxa de câmbio e preços de *commodities* agrícolas. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 25, n.5, p.23-35, mai., 1995.

SILVA, F. F.; PAIS, P. S. M.; CAMPOS, A. C. Análise do desempenho das exportações brasileiras de sisal e derivados para o período de 1999 a 2008. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 439-452, abr./jun., 2013.

SILVA, F. P. M. **Desenvolvimento territorial: a experiência do território do sisal da Bahia**, 2012, 248 p. Dissertação (Mestrado em Economia) - Programa de Pós-graduação em Economia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

SOARES, N. S. et al. Influência da taxa de câmbio e do dólar sobre os preços da borracha natural brasileira. **Revista Árvore**, v. 37, p. 339-346, 2013.

SOARES, N. S. et al. Effects of the exchange rate on International prices of pulp and paper in Brazilian currency. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 137-144, abr./jun., 2010.