

Ana Maria Corrêa da Rocha

**Modelagem e Previsão do Comportamento de Preços
da Commodity Café Arábica: Uma Abordagem pela
Metodologia de Sanjiv Das**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para a
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção do
Departamento de Engenharia Industrial da PUC - Rio

Orientador: Tara Keshar Nanda Baidya
Co-orientadora: Katia Maria Carlos Rocha

Rio de Janeiro
Setembro de 2008

Ana Maria Corrêa da Rocha

**Modelagem e Previsão do Comportamento de Preços da
Commodity Café Arábica: Uma Abordagem pela
Metodologia de Sanjiv Das**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção da PUC – Rio.
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo
assinada.

Prof. Tara Keshar Nanda Baidya

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Katia Maria Carlos Rocha

Co-Orientadora

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Carlos Patrício Samanez

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Fernando Antonio Lucena Aiube

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Paulo Henrique Soto Costa

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 02 de setembro de 2008

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da autora, do orientador e da universidade.

Ana Maria Corrêa da Rocha

Graduou-se em Estatística na Escola Nacional de Ciências Estatísticas em 2005.

Ficha Catalográfica

Rocha, Ana Maria Corrêa da

Modelagem e previsão do comportamento de preços da Commodity Café Arábica: uma abordagem pela metodologia de Sanjiv Das / Ana Maria Corrêa da Rocha ; orientador: Tara Keshar Nanda Baidya; co-orientadora: Katia Maria Carlos Rocha. – 2008.

91 f. : il.(color.) ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Processos estocásticos. 3. Commodities agrícolas. 4. Difusão de saltos. 5. Modelos ARCH. 6, Modelos GARCH. 7. Reversão à média. 8. Movimento geométrico browniano. I. Baidya, Tara Keshar Nanda. II. Rocha, Katia Maria Carlos. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

Aos meus pais, Terezinha e Adilson,
pelo apoio e confiança.

Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Tara Keshar Nanda Baidya pelo estímulo e parceria para a realização deste trabalho.

Ao CNPq e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos meus pais, pela educação, atenção e carinho de todas as horas.

À Professora Katia Maria Carlos Rocha, pelas importantes contribuições e palavras de apoio.

Ao Professor Paulo Henrique Soto Costa, pela atenção e disposição em sempre me receber para esclarecimentos de dúvidas e orientações.

Aos meus colegas da PUC-Rio.

Aos professores que participaram da Comissão examinadora.

A todos os professores e funcionários do Departamento pelos ensinamentos e ajuda.

A todos os amigos e familiares que de alguma forma ou de outra me estimularam ou me ajudaram.

Resumo

Rocha, Ana Maria Corrêa da; Baidya, Tara Keshar Nanda; Rocha, Katia Maria Carlos. **Modelagem e Previsão do Comportamento de Preços da Commodity Café Arábica: Uma Abordagem pela Metodologia de Sanjiv Das**. Rio de Janeiro, 2008. 91p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O agronegócio possui grande importância para a economia brasileira, representando uma parcela significativa do PIB e das exportações totais do país. Assim como em outros processos produtivos inseridos em ambiente de incerteza, a atividade agropecuária necessita de instrumentos que minimizem o risco, principalmente, o risco de preço e auxiliem no processo de tomada de decisão dos agentes participantes do agronegócio. Neste contexto, os mercados futuros constituem-se como alternativas financeiras no gerenciamento de riscos através das operações de hedge. Porém, a eficiência destas operações depende da aplicação de metodologias adequadas que conduzam ao conhecimento mais preciso sobre os preços futuros. Deste modo, o objetivo principal deste trabalho é avaliar a aplicação dos modelos de difusão de saltos, tão bem sucedidos para a estrutura a termo da taxa de juros, para o caso de commodities; focando na realização de previsões. A análise empírica será realizada a partir da série histórica de preços da commodity agrícola café arábica negociada na BM&F. A metodologia empregada é fundamentada no artigo de Sanjiv Das (1998). Nesta tese será estimada uma classe de modelos estocásticos descritos pela literatura, tais como o processo de reversão à média, o movimento geométrico browniano, bem como suas variantes com *jumps*. Efeitos ARCH e GARCH também serão considerados na modelagem. O processo de estimação será desenvolvido tanto por métodos tradicionais quanto por Algoritmos Genéticos. Diante do problema exposto e da escassez de estudos modernos direcionados a abordagem das commodities agrícolas no país, o tema proposto justifica-se como motivação para pesquisa científica e tecnológica.

Palavras-chave

Processos estocásticos; commodities agrícolas, difusão de saltos; modelos ARCH; modelos GARCH; reversão à média; movimento geométrico browniano.

Abstract

Rocha, Ana Maria Corrêa da; Baidya, Tara Keshar Nanda; Rocha, Katia Maria Carlos. **Modeling and Forecasting the Behaviour of Arabic Coffee Commodity's Prices: An approach by the methodology of Sanjiv Das**. Rio de Janeiro, 2008. 91p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The agribusiness has great importance for the Brazilian economy, representing a significative share of GDP and total exports of the country. Like other production processes inserted in an environment of uncertainty, the agricultural activity needs instruments that minimize the risk, especially, the risk of price and assist in decision-making process of agents participating in agribusiness. In this context, the future markets constitute themselves as financial alternatives in risk management through the hedge operations. However, the efficiency of these operations depends on the application of appropriate methodologies that lead to more precise knowledge about future prices. Thus, the main objective of this work is to evaluate the application of jumps diffusion models, so successful for the structure of interest rate, in the case of commodities; focusing on the achievement of forecast. The empirical analysis will be carried out from the historical range of arabic coffee agricultural commodity's prices traded on BM&F. The methodology used is based on the paper from Sanjiv Das (1998). In this thesis it will be estimated a class of stochastic models described in the literature, such as the mean-reversion process, the geometric Brownian motion and its variants with jumps. ARCH and GARCH effects will also be considered in the modeling. The process of estimation will be developed by traditional methods as well as by Genetic Algorithms. Facing the problem and the shortage of modern studies directed to the approach of the agricultural commodities in the country, the topic proposed is a motivation for scientific and technological research.

Keywords

Stochastic processes; agricultural commodities; jump diffusions; ARCH models; GARCH models; mean-reversion; geometric Brownian motion.

Sumário

1 Introdução	11
1.1. Descrição do problema e justificativa da pesquisa	11
1.2. Organização da tese	14
2 Mercados futuros.....	16
2.1. História dos Mercados Futuros e Alguns Conceitos Básicos	16
2.2. Participantes dos Mercados Futuros	18
2.3. Convergência do Preço Futuro para o Preço à Vista	20
2.4. Relação entre Preços à Vista e Preços Futuros.....	21
2.5. Preços Futuros e Expectativas dos Preços à Vista Futuro.....	22
3 Principais padrões estocásticos do comportamento de preços de commodities	26
4 Revisão bibliográfica	44
4.1. Artigos estreitamente relacionados à pesquisa, cuja aplicação empírica não abordou os mercados agrícolas.....	45
4.2. Artigos testados empiricamente em commodities agrícolas sob as duas linhas de pesquisa de modelagem	51
5 Aplicação empírica dos modelos.....	58
5.1. O contexto dos processos Poisson-Gaussiano de Das: Síntese do artigo	58
5.2. Descrição dos modelos	59
5.3. Estimação.....	63
5.4. Dados.....	70
5.5. Resultados	74
6 Conclusões.....	87
7 Referências bibliográficas	89

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Números de contratos agropecuários negociados na BM&F anualmente (1991 a 2007)	13
Figura 2.1 – Evolução dos preços nas situações de contango e normal backwardation	24
Figura 3.1 – Como um Processo de Wiener é obtido quando $\Delta t \rightarrow 0$	32
Figura 3.2 – Exemplo de um Processo Generalizado de Wiener	33
Figura 3.3 – Movimento Geométrico Browniano (MGB)	36
Figura 5.1 – Comparação entre os preços à vista e futuro do café arábica (2000 a 2007)	71
Figura 5.2 – Logaritmo dos preços da commodity café arábica (1996 a 2007)	72
Figura 5.3 – Histograma e estatísticas descritivas da série do logaritmo dos preços do café no período de 09/1996 a 08/2007: Out put do software Eviews	73
Figura 5.4 – Função de autocorrelação da série de preços do café.....	74
Figura 5.5 – Resultado do teste de Dickey-Fuller: Out put do Eviews.....	74
Figura 5.6 – Avaliação do poder preditivo dos modelos selecionados (Processos Gaussiano Puro): Comparação out-of-sample entre os modelos MRM e MGB	84
Figura 5.7 – Histograma e estatísticas descritivas dos resíduos da série	85
Figura 5.8 – Função de autocorrelação dos resíduos	85
Figura 5.9 – Previsão do logaritmo dos preços 12 passos à frente e o intervalo de confiança para os valores previstos.....	86

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 – Comportamento dos preços de commodities agrícolas em períodos de crise mundial	40
Tabela 5.1 – Estatísticas descritivas da série de preços deflacionada do café no período de 09/1996 a 08/2007 (132 meses).....	72
Tabela 5.2 – Resultados da estimação (MRM)	78
Tabela 5.3 – Resultados da estimação (MGB).....	79
Tabela 5.4 – Resumo do desempenho dos modelos no ajuste aos dados (MRM).....	83
Tabela 5.5 – Resumo do desempenho dos modelos no ajuste aos dados (MGB)	84