



**Rodrigo Gelli Cavalcanti**

**Interdependência Extrema e Contágio  
em Mercados Emergentes**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Cristiano Augusto Coelho Fernandes

Co-Orientador: Profa. Beatriz Vaz de Melo Mendes

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2006



**Rodrigo Gelli Cavalcanti**

## **Interdependência Extrema e Contágio em Mercados Emergentes**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Cristiano Augusto Coelho Fernandes**

**Orientador**

Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

**Profa. Beatriz Vaz de Melo Mendes**

**Co-Orientadora**

UFRJ

**Prof. Álvaro de Lima Veiga Filho**

Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

**Prof. Tara Keshar-Nanda Baidya**

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro  
Técnico Científico

Rio de Janeiro, 18 de dezembro de 2006

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

## **Rodrigo Gelli Cavalcanti**

Graduou-se em Engenharia Elétrica na Pontifícia Universidade Católica – PUC-Rio em 2003.

### Ficha Catalográfica

Cavalcanti, Rodrigo Gelli

Interdependência extrema e contágio em mercados emergentes / Rodrigo Gelli Cavalcanti ; orientador: Cristiano Augusto Coelho Fernandes. – 2006.

55 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)– Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

Inclui bibliografia

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Valores extremos. 3. Cópulas. 4. Retornos. 5. Contágio. I. Fernandes, Cristiano Augusto Coelho. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

Dedico esta dissertação a meus pais e irmão. Por todo carinho, interesse e, principalmente, pelo apoio em meus estudos. Agradeço a compreensão e paciência com que me acompanharam durante o mestrado e a confiança que sempre depositaram em meu sucesso.

## Agradecimentos

Aos meus Professores-Orientadores Beatriz Vaz de Melo Mendes e Cristiano Augusto Coelho Fernandes, pela perseverança, competência e solicitude com que me orientaram e me ajudaram na elaboração deste trabalho.

Ao professor Caio Ibsen Rodrigues de Almeida por ter estado sempre disposto a ajudar e pelos esclarecimentos prestados nos momentos de dificuldade.

Ao estimado colega Rodrigo Atherino, pelas várias parcerias em estudos durante o curso do mestrado e pelos socorros providenciais na programação.

Aos funcionários do departamento de engenharia elétrica, pela ajuda e presteza de todos os dias.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro prestado por meio de bolsas de estudos.

## Resumo

Cavalcanti, Rodrigo Gelli; Fernandes, Cristiano Augusto Coelho (Orientador). **Interdependência Extrema e Contágio Emergentes**. Rio de Janeiro, 2006. 55p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nesta dissertação avalia-se o grau de associação entre pares de excessos de retornos, simultâneos e defasados no tempo, usando-se o conceito de cópulas. Cópulas assimétricas são ajustadas aos pares de distribuições de retornos e coeficientes de dependência de cauda, as medidas de interdependência e contágio baseadas nessas cópulas, são calculados para 10 pares de índices de mercados. Tais coeficientes balizam a escolha do par de “ativos” com melhor desempenho em períodos de estresse. Se excessos defasados são incluídos, então estes coeficientes também indicam a direção e intensidade de propagação das crises (contágio). Os resultados encontrados na nossa investigação mostram que a técnica utilizada é eficaz na montagem de carteiras em que se pretende aproveitar os ganhos extremos conjuntos dos “ativos” e, ao mesmo tempo, evitar perdas extremas conjuntas. O uso de retornos defasados, porém, foi um artifício pouco produtor, refletindo possivelmente o contágio quase instantâneo entre os mercados financeiros mundiais, nos dias de hoje.

## Palavras-chave

Cópulas para Valores Extremos; Contágio; Teoria dos Valores Extremos; Mercados Emergentes; Interdependência Extrema; Coeficiente de Dependência de Cauda; Distribuição Generalizada de Pareto Modificada; Distribuição Generalizada de Pareto.

## Abstract

Cavalcanti, Rodrigo Gelli; Fernandes, Cristiano Augusto Coelho (Advisor). **Contagion and Extremal Interdependence in Emerging Markets**. Rio de Janeiro, 2006. 55p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In this dissertation we evaluate the degree of association between pairs of excess of returns, simultaneous and lagged, using the concept of copulas. Asymmetric copulas are fitted to 10 pairs of distributions of returns of world markets indices. From these copulas coefficients of tail dependence are obtained for the right and left tails. Using those coefficients as measures of cross dependence and contagion between markets one can pick the pair of returns that show the best performance in periods of stress. If lagged excess of returns are included, then these coefficients provide information on the direction and intensity of the contagion spread. Our results have shown that such technique is efficient in constructing a portfolio in which one wants to take advantage of joint extreme gains of pairs of returns and, simultaneously, avoid losses associated with the occurrence of joint negative extremes. The use of lagged returns in this context has shown no extra gain, maybe reflecting the fact that, nowadays, the spread of contagion between world financial markets is almost instantaneous.

## Palavras-chave

Extreme Value Copula; Contagium; Extreme Value Theory; Tail Dependence Coefficient; Emergent Markets; Extreme Interdependence; Modified Generalized Pareto Distribution; Generalized Pareto Distribution.

# Sumário

1. Introdução	11
2. Cópulas e Interdependência	14
2.1. Teoria Básica de Cópulas	14
2.2. Cópulas Associadas a Valores Extremos	18
3. Mercados Emergentes	27
3.1. Investindo em Mercados Emergentes	27
4. Análise Empírica	33
4.1. Estatísticas Descritivas e Testes	33
4.2. Escolha da Carteira via Estimação das Cópulas	37
4.3. Escolha da Carteira via Cópulas e Contágio	41
4.4. Escolha da Carteira via Markowitz e Comparação dos Resultados	45
4.5. Discussão dos Resultados	50
5. Conclusão	52
Bibliografia	54

## Lista de Figuras

Figura 4.1. Excessos bivariados negativos	41
Figura 4.2. Excessos bivariados positivos	41
Figura 4.3. Excessos bivariados negativos	45
Figura 4.4. Excessos bivariados positivos	45
Figura 4.5. Curvas de utilidade das carteiras de índices	46
Figura 4.6. Curvas de utilidade das carteiras de índices	48

## Lista de Tabelas

Tabela 4.1. Estatísticas descritivas	34
Tabela 4.2. Testes de normalidade e estacionariedade	35
Tabela 4.3. Ljung-Box – Correlação serial da série e série ao quadrado	35
Tabela 4.4. Coeficientes de correlação serial estimados	35
Tabela 4.5. Coeficientes de correlação serial das séries ao quadrado	35
Tabela 4.6. Teste BDS feito sobre os resíduos de um modelo auto regressivo de ordem 5 aplicado à série de retornos da Argentina	36
Tabela 4.7. Teste BDS feito sobre os resíduos de um modelo auto regressivo de ordem 5 aplicado à série de retornos do Brasil	36
Tabela 4.8. Teste BDS feito sobre os resíduos de um modelo auto regressivo de ordem 5 aplicado à série de retornos do Chile	36
Tabela 4.9. Teste BDS feito sobre os resíduos de um modelo auto regressivo de ordem 5 aplicado à série de retornos do México	36
Tabela 4.10. Teste BDS feito sobre os resíduos de um modelo auto regressivo de ordem 5 aplicado à série de retornos dos Estados Unidos	37
Tabela 4.11. Limiares (em %)	38
Tabela 4.12. Matriz dos coeficientes de dependência de cauda	40
Tabela 4.13. Ajustes das cópulas – cauda inferior	40
Tabela 4.14. Ajustes das cópulas – cauda superior	40
Tabela 4.15. Limiares (em %)	42
Tabela 4.16. Matriz dos coeficientes de dependência de cauda	43
Tabela 4.17. Ajustes das cópulas – cauda inferior	43
Tabela 4.18. Matriz dos coeficientes de dependência de cauda	44
Tabela 4.19. Ajustes das cópulas – cauda superior	44
Tabela 4.20. Reestimação do par Argentina (t+1) e EUA(t)	45
Tabela 4.21. Rendimentos das carteiras escolhidas	47
Tabela 4.22. Média e desvio padrão dos índices dentro e fora de amostra	47
Tabela 4.23. Comparação dos V@R's das carteiras propostas – divisão igual de recursos entre os ativos das carteiras 'AM' e 'AE'	48
Tabela 4.24. Comparação dos V@R's das carteiras propostas	49
Tabela 4.25. Retornos acumulados das carteiras – divisão igual de recursos	49
Tabela 4.26. Retornos acumulados das carteiras	49