

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE GESTÃO E NEGÓCIOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**  
**GESTÃO FINANCEIRA E CONTROLADORIA**

**ANÁLISE DA VOLATILIDADE DE ATIVOS FINANCEIROS NA AMÉRICA  
LATINA: UMA PERSPECTIVA SOBRE AS ESTRUTURAS DE DEPENDÊNCIA E  
OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRAS**

**GUILHERME FREITAS CARDOSO**

**Uberlândia  
2018**

**GUILHERME FREITAS CARDOSO**

**ANÁLISE DA VOLATILIDADE DE ATIVOS FINANCEIROS NA AMÉRICA  
LATINA: UMA PERSPECTIVA SOBRE AS ESTRUTURAS DE DEPENDÊNCIA E  
OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Gestão e Negócios da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de Concentração: Gestão Organizacional

Linha de Pesquisa: Gestão Financeira e Controladoria

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Kárem Cristina de Sousa Ribeiro

**Uberlândia  
2018**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.**

---

- C268a Cardoso, Guilherme Freitas, 1991-  
2018 Análise da volatilidade de ativos financeiros na América latina [recurso eletrônico] : uma perspectiva sobre as estruturas de dependência e otimização de carteiras / Guilherme Freitas Cardoso. - 2018.
- Orientadora: Kárem Cristina de Sousa Ribeiro.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Administração.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.905>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.
1. Administração. 2. Ativos financeiros de renda fixa - América Latina. 3. Mercado financeiro - América Latina. 4. Carteiras (Finanças) - Administração. I. Ribeiro, Kárem Cristina de Sousa, 1967-, (Orient.) II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Administração. III. Título.

---

CDU: 658

Gloria Aparecida - CRB-6/2047

**GUILHERME FREITAS CARDOSO**

**ANÁLISE DA VOLATILIDADE DE ATIVOS FINANCEIROS NA AMÉRICA LATINA: UMA PERSPECTIVA SOBRE AS ESTRUTURAS DE DEPENDÊNCIA E OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Gestão e Negócios da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Administração.

Uberlândia, 20 de Dezembro de 2018

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Kárem Cristina de Sousa Ribeiro**  
Universidade Federal de Uberlândia  
Orientadora

---

**Prof. Dr. Rodrigo Fernandes Malaquias**  
Universidade Federal de Uberlândia  
Membro Interno

---

**Prof. Dr. Herbert Kimura**  
Universidade de Brasília  
Membro Externo

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por todas as forças durante esta jornada.

A minha mãe por ser a pessoa mais importante e fundamental da minha vida e por ter sempre acredito em mim e ter me dado todo o apoio para que eu pudesse realizar esta conquista. Obrigada mãe pelo amor incondicional e pela confiança. Ao meu pai por todo o suporte e troca de ideias ao longo do mestrado, o meu apreço pelas finanças se deve a você.

Aos meus irmãos, Maria Carla e Gustavo, pelo companheirismo e por sempre me apoiarem e me incentivarem nas minhas empreitadas e, especificamente, na minha formação no Mestrado. E as minhas sobrinhas, Luisa e Alice, que nasceram ao longo deste mestrado e que foram as minhas maiores alegrias neste período.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Gestão e Negócios da Universidade Federal de Uberlândia que contribuíram com seus conhecimentos e experiências para minha formação. E agradecer, especialmente, a minha orientadora Profª. Karem pela oportunidade de ser orientado por essa pessoa brilhante e por todo aprendizado compartilhado, este que vai além do nível acadêmico. E estendo estes agradecimentos ao meu coorientador Prof. Luciano Ferreira Carvalho, e aos membros da banca examinadora deste trabalho, Prof. Rodrigo Malaquias e Prof. Herbert Kimura, pelas valorosas contribuições para a construção do mesmo.

A todos os servidores da Faculdade de Gestão e Negócios da Universidade Federal de Uberlândia, incluindo seu corpo docente, direção e técnicos administrativos, que estiveram sempre à disposição e solícitos para nos atender.

Aos meus colegas de mestrado que propiciaram relevantes e robustas contribuições para a minha formação. E agradecer, especialmente, ao Dannie e a Janaina pela amizade e companheirismo ao longo desta jornada.

## RESUMO

Considerando a relação de risco-retorno que os investidores estão sujeitos nas suas decisões de investimento, bem como os reguladores no desenvolvimento da normatização para a estabilidade dos mercados financeiros, o presente estudo teve como objetivos analisar a dependência da volatilidade entre as economias da América Latina em períodos de alta e baixa, a partir de modelos de cópula; e verificar empiricamente se é possível obter benefícios ao se investir nesses mercados usando retornos variáveis no tempo e previsões de volatilidade a partir de um modelo de cópula-ADCC-GARCH. Para tanto, foram analisados os índices oficiais de cinco mercados da América Latina, no caso Brasil, México, Chile, Argentina e Peru, medidos em dólar para mitigar o efeito inflação e comparabilidade, durante o período de 03 de janeiro de 2000 a 28 de dezembro de 2017. Os resultados indicaram que a cópula mais apropriada para modelar a estrutura de dependência dos mercados foi a simetrizada Joe Clayton com parâmetros variáveis no tempo. A estrutura de dependência da volatilidade apresentou ser maior nos retornos positivos (cauda superior) do que nos negativos (cauda inferior), o que pode indicar que os mercados latino americanos no período analisado apresentavam vantagens de diversificação durante períodos de baixa (crise), devido a menor volatilidade da dependência entre os mercados latino americanos. Os resultados evidenciam que existe uma maior aproximação de forma generalizada, para os mercados da América Latina em períodos de crises globais, no caso a crise do *subprime*, do que em outros momentos; e também a existência de efeito cambial e temporal nas estruturas de dependência. Ao se analisar a relação dos índices numa estrutura multivariada para a otimização de uma carteira verificou-se que o modelo Cópula-ADCC-GARCH demonstra a menor perda de informação em termos de AIC e BIC. Além disso, verificamos aderência dos dados em relação aos valores realizados em uma análise de retornos e variância fora da amostra que se mostraram apropriados. A utilização de uma estratégia que busque otimizar a relação de menor variância (risco) e atrelar ganho em termos de retorno sobre um *benchmarking*, no caso superar a estratégia ingênua, demonstrou que o investidor pode obter ganhos em uma estimativa multivariada com distribuições em cópulas. Assim, ao considerar aspectos do mercado financeiro que estavam sendo negligenciados para a construção de portfólios pode-se obter ganhos na relação risco-retorno e identificar padrões existentes nos mercados, o que traz benefícios para investidores e reguladores.

**Palavras-chave:** Volatilidade; Cópulas; Modelos Multivariados; Otimização de Carteiras; América Latina.

## ABSTRACT

Considering the risk-return relationship that investors are subject in their investment decisions, as well as the regulators in the development of the regulation for the stability of the financial markets, the present study analyzed the dependence of volatility between the economies of Latin America in periods of bear and bull markets, from copula models. In addition, it studied the empirical evidence that benefits may be gained by investing in these markets using time-varying returns and volatility forecasts from an ADCC-GARCH copula model. To do so, the official indices of five Latin American markets (Brazil, Mexico, Chile, Argentina and Peru), which it was measured in dollars to mitigate the effect of inflation and for comparability, were analyzed during the period from January 3, 2000 to 28 of December of 2017. The results showed that the most appropriate copula to modelling the structure of dependence of the markets was the symmetric Joe Clayton with variable parameters in the time. The dependence volatility structure was higher in the positive (upper-tail) than in the negative (lower-tail) returns, which may indicate that the Latin American markets during the analyzed period had diversification advantages during downturns due to less volatility of dependency among Latin American markets. The results also showed that the markets coupling in times of global crises, in the case of the subprime crisis than at other times; and also the existence of monetary and temporal effects in dependency structures. When analyzing the relationship of the indices in a multivariate structure for the optimization of a portfolio, it was shown that the Copula-ADCC-GARCH model demonstrates the smallest loss of information in terms of AIC and BIC. Further, we tested adherence of the data to the values performed in an analysis out-of-sample of returns and variance that it showed to be appropriate. The results showed that when looking for a strategy that seeks to optimize the relationship of lower variance (risk) and to achieve gain in terms of return on benchmarking, outperforming the naive strategy, it was confirmed that the investor can obtain gains in a multivariate structure with copulas distribution. This study demonstrated that when taking into account aspects of the financial market that were being neglected for the portfolio allocation, we can obtain gains in the risk-return relationship and be able to check existing patterns in the markets, which could bring benefits to investors and regulators.

**Keywords:** Volatility, Copulas, Multivariate Models, Portfolio Optimization, Latin America

## SUMÁRIO

CÁPITULO 1: INTRODUÇÃO.....	10
1.1    Contextualização do tema de pesquisa .....	10
1.2    Objetivos e problemas de pesquisa.....	12
1.3    Relevância do estudo .....	12
1.4    Estrutura do trabalho .....	13
CÁPITULO 2: VOLATILIDADE DO RETORNO E CO-MOVIMENTOS DOS MERCADOS DA AMÉRICA LATINA.....	14
2.1    Introdução .....	14
2.2    Referencial Teórico .....	16
2.2.1    Dependência da volatilidade e co-movimentos .....	16
2.2.2    Dependência dos mercados e teoria de cópula .....	19
2.3    Metodologia.....	21
2.3.2    Dados e amostra .....	21
2.3.2    Método.....	21
2.4    Resultados.....	24
2.4.1    Análise descritiva .....	24
2.4.2    Análise dos resultados estimados por cópulas.....	25
2.4.3    Checagem de robustez .....	29
2.5    Considerações Finais .....	31
CÁPITULO 3: MODELAGENS E OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRAS NA AMÉRICA LATINA .....	33
3.1    Introdução .....	33
3.2    Referencial Teórico .....	35
3.3    Metodologia.....	37
3.3.1    Método.....	37
3.3.2    Portfólio ideal .....	39

3.3.3 Avaliação do desempenho .....	39
3.3.2 Dados e amostra .....	40
3.4 Resultados.....	40
3.4.1 Análise descritiva .....	40
3.4.2 Análise dos resultados .....	42
3.5 Considerações Finais .....	47
<b>CÁPITULO 4: CONCLUSÕES .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>55</b>

## CÁPITULO 1: INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização do tema de pesquisa

A relação entre risco e retorno tem sido o cerne das pesquisas em gerenciamento de riscos desde a Teoria Moderna do Portfólio de Markowitz (1952). Tal teoria postula que os investidores podem melhorar o desempenho de suas carteiras alocando seus investimentos em diferentes classes de ativos, setores e mercados e que estes não se moveriam juntos em caso de mudança nos fundamentos de específicos componentes, o conceito de diversificação de ativos com baixa e negativa correlação, com intuito de diminuir o risco não-sistemático. Contudo, estudos indicam que é crucial entender o mecanismo de transmissão dos retornos do mercado de ações entre os mercados internacionais para quantificar o risco na tomada de decisões financeiras devido que os retornos dos mercados internacionais tendem a se mover juntos (ver e.g., Baumöhl & Lyócsa, 2014; Miralles-Quirós & Miralles-Quirós, 2017; Mokni & Mansouri, 2017). Assim, investidores e pesquisadores estão interessados em quantificar a extensão destes movimentos no mercado de ações para compreender a estrutura de dependência dos mercados e verificar a existência de oportunidades de diversificação a partir de modelos de volatilidade.

O gerenciamento de risco financeiro tem sido crucial para a alocação de ativos, tomada de decisão, formação de preços de derivativos e, principalmente, na modelagem da volatilidade devido à natureza intrinsecamente instável do ambiente financeiro que os mercados estão situados. Bouchet, Clark e Groslambert (2003) definem o risco de se investir em outra economia como todos os riscos adicionais existentes em negócios no exterior, em relação às transações domésticas, com combinações complexas de política macroeconômica, aspectos estruturais e institucionais, governança e contágio envolvidos em um paradigma de altos níveis de fluxo de comércio, capital e informação.

A mensuração do risco é usualmente expressa pela volatilidade que corresponde a uma medida de dispersão da distribuição do retorno e que, conjuntamente com a correlação, podem ser descritos como parâmetros de processos estocásticos que são utilizados na modelagem das variações dos preços dos ativos financeiros (Alexander, 2001). Portanto, o comportamento da volatilidade é um fator fundamental para o gerenciamento de riscos para assuntos econômicos no mundo devido desempenhar um papel relevante no processo de tomada de decisão de um investidor. A volatilidade não é apenas uma grande preocupação para os investidores, mas também para os decisores políticos e os reguladores que estão interessados no efeito da

volatilidade na estabilidade dos mercados financeiros em particular e na economia de forma geral (Falat, Stanikova, Durisova, Holkova, & Potkanova, 2015).

Estudos relacionados a análise de risco sistemático têm apresentado um menor enfoque em regiões/blocos econômicos (Silva, Kimura, & Sobreiro, 2017) e em mercados em desenvolvimento, especificamente, nas economias da América Latina; e a relevância e as expectativas futuras têm sido crescentes para estes mercados no cenário mundial (World Bank, 2018). Assim, analisar estes mercados tem sido relevante para entender o comportamento da volatilidade entre os países destas regiões e as possibilidades de investimentos nos mesmos. Além disso, ao se analisar estas economias da América Latina em termos de comportamento no século XXI verifica-se que estas apresentaram características distintas e similares em determinados ciclos econômicos, conforme demonstrado na Figura 1.

**Figura 1**

Valor relativo dos índices (US dólares)



Ao se verificar o comportamento dos preços relativos dos índices oficiais dos maiores mercados da América Latina ao longo do tempo, dados apresentados na Figura 1, verifica-se que até o período de 2006 todos os índices apresentaram associação no comportamento. Sendo que após este período o índice do Peru (SPBLPGPT) fortemente se desassociou dos demais índices. Além disso, todos os índices apresentaram acentuada queda durante a crise do

*Subprime*, demonstrando a relevância de analisar as estruturas de dependência em diversos momentos de volatilidade (alta, baixa e estável), e em termos de oportunidades de investimentos na relação risco-retorno nestas economias.

## 1.2 Objetivos e problemas de pesquisa

Considerando a relação de risco-retorno que os investidores estão sujeitos nas suas decisões de investimento, bem como os reguladores no desenvolvimento da normatização para a estabilidade dos mercados financeiros, o presente estudo buscou responder às seguintes questões: Qual o comportamento da volatilidade dos países da América Latina? Qual é a estrutura de dependência da volatilidade das economias em períodos de alta e baixa? Existe benefícios de se investir nos países da América Latina? As modelagens mais complexas apresentam ganhos em relação as metodologias tradicionais parcimoniosas?

Alinhados a essas questões, este estudo envolveu os seguintes objetivos: (a) verificar a dependência da volatilidade entre as economias da América Latina em períodos de alta e baixa, a partir de modelos de cópula; (b) verificar evidências empíricas se é possível obter benefícios ao se investir nesses mercados usando retornos variáveis no tempo e previsões de volatilidade a partir de um modelo de cópula-ADCC-GARCH.

Para o alcance dos objetivos propostos, foram adotadas as seguintes etapas metodológicas: (1) selecionar os índices de mercados da América Latina; (2) verificar o comportamento da volatilidade; (3) identificar qual o tipo de estrutura de dependência da volatilidade a partir de cópulas; (4) analisar a estrutura de dependência entre os mercados; (5) verificar a existência de benefícios na relação risco-retorno usando retornos variáveis no tempo e previsões de volatilidade a partir de um modelo de Cópula-ADCC-GARCH em detrimento de outras abordagens.

## 1.3 Relevância do estudo

Com a integração das economias as oportunidades de investimento em mercados internacionais têm se tornado limitadas em relação a diversificação do risco, devido a existência de vínculos entre as economias. Assim, tem se mostrado relevante entender a estrutura de dependência dos mercados internacionais e o desenvolvimento de abordagens em termos de risco e previsibilidade de retornos que resultem em identificar prováveis benefícios da diversificação internacional.

Miralles-Marcelo, Miralles-Quirós e Miralles-Quirós (2015) abordam que as seguintes suposições têm atraído considerável atenção na literatura de gerenciamento de risco financeiro:

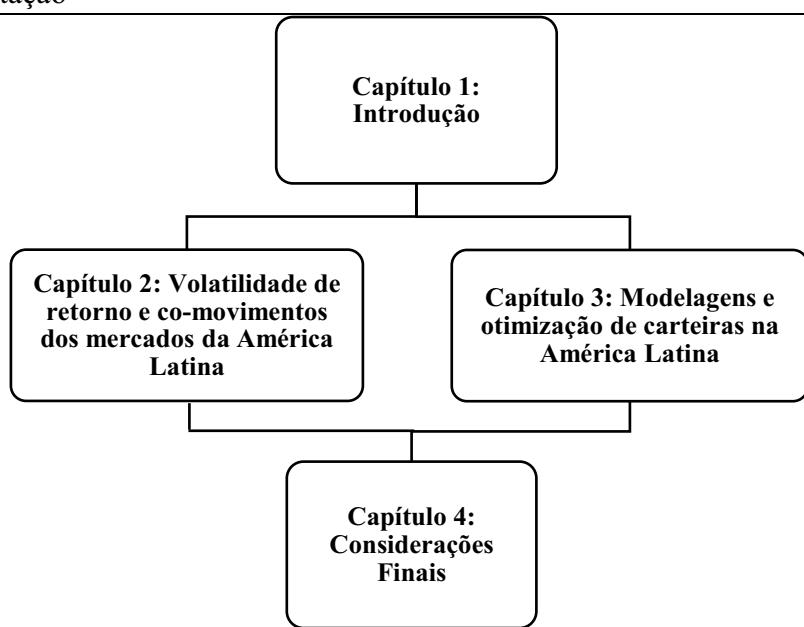
entender a dependência dos mercados e se os benefícios da diversificação internacional ainda são substanciais no atual contexto de correlações de mercados crescentes; e verificar qual abordagem oferece melhores resultados tanto em termos de risco quanto de retorno.

Portanto, entender a estrutura de dependência destes movimentos e o desenvolvimento de abordagens que consigam captar as características não-normais dos mercados internacionais têm sido algo de crucial atenção dos pesquisadores e, principalmente, de reguladores e investidores. Para os investidores é crucial para o gerenciamento de riscos e alocação de ativos e, para os reguladores, é importante devido a implementação de políticas macroeconômicas, de práticas de governança, entre outras para mitigar o impacto dos riscos nos mercados.

#### 1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos. Sendo este o Capítulo 1, o qual introduz de forma sintetizada os temas que serão tratados nos capítulos subsequentes. O Capítulo 2 analisa a dependência da volatilidade e os vínculos entre os mercados de ações da América Latina, e o Capítulo 3 analisa o desempenho de um modelo de volatilidade e verificar os prováveis benefícios na relação risco-retorno nos mercados da América Latina a partir desta estratégia. Por fim, o Capítulo 4 finaliza este trabalho com uma conclusão abrangendo os resultados dos Capítulos 2 e 3, apresentando as limitações deste estudo e sugestões para futuras pesquisas. A Figura 2 apresenta a estrutura do presente estudo:

**Figura 2**  
Estrutura da dissertação



## CÁPITULO 2: VOLATILIDADE DO RETORNO E CO-MOVIMENTOS DOS MERCADOS DA AMÉRICA LATINA

### 2.1 Introdução

O processo de desregulamentação e internacionalização financeira das economias desencadeou em uma maior integração entre os mercados, intensificando estas relações, fazendo com que os acontecimentos em certa(s) economia(s) se propagassem ao longo do mercado. Conforme relatado por Broto, Díaz-Cassou e Erce (2011), a globalização reduziu os fatores específicos de cada país e a volatilidade dos mercados tem sido impulsionada por fatores globais e estes se encontram, em certas situações, fora do controle dos países emergentes. Assim, se os mercados de ações estão altamente integrados, as oportunidades se tornam limitadas em relação a efetividade da diversificação do risco. Isto fez com que se desenvolvesse uma literatura empírica sobre modelos de volatilidade destinada a quantificar a extensão e a dependência dos movimentos entre os mercados (ver e.g., Aloui, Aïssa, & Nguyen, 2011; Mokni & Mansouri, 2017; Mobarek, Muradoglu, Mollah, & Hou, 2016; Lyócsa, Výrost, & Baumöhl, 2017).

Perobelli, Vidal e Securato (2013) argumentam que essas inter-relações se intensificam durante períodos de crises financeiras, ocasionando um aumento dos coeficientes de correlação entre os mercados. Contudo, abordam que as crises se tornaram menos contagiosas desde a crise asiática de 1997 e que apesar da menor intensidade das crises os mercados se encontram mais integrados devido as novas regulações e ferramentas que foram desenvolvidas que visam à redução da vulnerabilidade financeira local e internacional. Além disso, os autores abordam que as crises apresentam diferentes capilaridades de choques de acordo com o país de origem da mesma. Essas crises quando ocorrem em países desenvolvidos apresentam indícios de contágio e já em países em desenvolvimento os indícios de contágio não ficam evidentes para todas as crises.

O efeito contágio pode ser definido como um aumento significativo nos vínculos entre mercados após um choque para um país ou até um grupo de países. Em períodos de crise financeira, esses vínculos podem apresentar uma maior intensidade que podem ocasionar mudanças significativas nas estruturas de transmissão de choques entre os mercados, independente dos fundamentos macroeconômicos dos países (Forbes & Rigobon, 2002). Entretanto, os autores abordam que nem todos os movimentos conjuntos correspondem a contágio, estas relações são consideradas como integração financeira - interdependência - e correspondem aos vínculos preexistentes entre os mercados decorrentes da globalização.

Estes movimentos internacionais estão relacionados com a volatilidade dos mercados que implicam em gerenciamento do risco por parte de investidores e reguladores. Assim, estudos buscam identificar os fatores que causam estas relações e como elas se propagam. O transbordamento dos mercados está relacionado com o tamanho da capitalização do mercado e a proximidade temporal entre os horários de fechamento das bolsas (Lyócsa et al., 2017), a proximidade geográfica e o grau de desenvolvimento econômico (Trancoso, 2014), as relações comerciais, a cultura, a taxa de crescimento do produto interno bruto, a inflação e a taxa de juros (Mobarek et al., 2016).

Segundo Aloui et al. (2011), uma ampla variedade de metodologias já foi utilizada para capturar os co-movimentos dos mercados tendo destaque para os modelos de cópula devido o nível da correlação variar ao longo do tempo e pelo fato dos dados apresentarem características não normais em relação a sua distribuição. A teoria das cópulas oferece uma metodologia flexível para a modelagem geral da dependência multivariada (Bergmann, Securato, Savoia, & Contani, 2015). As funções de cópulas são ferramentas bem-sucedidas na tarefa de modelagem de dependência entre os mercados devido ao aumento da volatilidade e à complexa dinâmica dos preços dos ativos financeiros (Mokni & Mansouri, 2017).

Portanto, entender a estrutura de dependência destes movimentos é crucial para a gestão de riscos e para a diversificação do portfólio tanto para investidores quanto para reguladores, pois ajuda os investidores a implementar a melhor abordagem na diversificação do portfólio e a estratégia efetiva de *hedge*; e no desenvolvimento da regulamentação para estabilidade dos mercados financeiros (Mokni & Mansouri, 2017). Assim, este estudo busca verificar a dependência da volatilidade entre as economias da América Latina em períodos de alta e baixa, a partir de modelos de cópula.

A integração das economias mundiais permitiu o avanço de estudos para entender a estrutura de dependência destes movimentos e o desenvolvimento de abordagens que consigam captar as características não-normais dos mercados internacionais tanto para auferir prováveis benefícios da diversificação, em termos de diminuição de risco e de previsibilidade de retornos, quanto para mitigar o transbordamento da volatilidade entre os mercados. Estudar os mercados emergentes e verificar o comportamento da sua volatilidade em relação aos demais países tem sido mostrado relevante na busca por identificar abordagens e mercados que permitam ainda se obter vantagens na diversificação.

Este capítulo encontra-se estruturado em cinco seções, considerando esta introdução. A segunda seção apresenta o referencial teórico para fundamentação bibliográfica e construção

das hipóteses. A terceira descreve a metodologia, e na quarta são expostos e discutidos os resultados, e na última seção, são feitas as considerações finais do estudo.

## 2.2 Referencial Teórico

Esta seção aborda os vínculos de dependência entre os mercados, como estes se propagam e as suas consequências nas decisões de reguladores e investidores. Posteriormente, discute-se os modelos de volatilidade e como estes captam a dependência da mesma entre as economias em períodos de alta e baixa.

### 2.2.1 Dependência da volatilidade e co-movimentos

Os mercados de ações vivenciaram períodos otimistas a partir da década de 1990 devido a maior acessibilidade a estes mercados, o desenvolvimento significativo de ativos financeiros, a movimentação internacional do capital, demanda excessiva por investidores, entre outros. Consequentemente, os preços das ações atingiram níveis recordes ao redor do mundo e os mercados emergentes foram impulsionados por causa das reformas financeiras e a liberalização da conta capital. Esse desenvolvimento do mercado de ações chegou a um final abrupto, com mercados de ações sofrendo grandes recessões durante os períodos de crises financeiras. Sendo que tanto em períodos de *boom* financeiro quanto de crises os mercados de ações, geralmente, têm se alinhado, proporcionando evidências de fortes co-movimentos e interdependência (Hemche, Jawadi, Maliki, & Cheffou, 2016).

Os vínculos entre os mercados e as consequências destas relações são retratados a partir de diferentes abordagens. Estudos (e.g., Lyócsa et al., 2017; Mobarek et al., 2016; Mokni & Mansouri, 2017) abordam estes movimentos como um transbordamento da volatilidade entre os mercados, que vão além dos fundamentos macroeconômicos, a partir de choques (crises) que desencadeiam em aumento dos co-movimentos entre os mercados, o efeito contágio. Forges e Rigobon (2002) evidenciaram que estes movimentos não correspondem a contágio e que na verdade representam características preexistentes nos mercados que faz com que as economias se movam conjuntamente em períodos de crises, a interdependência dos mercados.

Corsetti, Pericoli e Sbracia (2005) argumentam que a literatura que aborda o viés de não contágio se baseia em conclusões que decorrem de pressupostos arbitrários e excessivamente restritivos, descartando o impacto específico do país durante a crise. Estes autores demonstram que a magnitude do impacto ocasionado após o choque é muito grande para se sustentar somente por fatores relacionados a interdependência. Ahnert e Bertsch (2015) reforçam a ideia de contágio com a teoria de alerta (*wake-up call hypothesis*) em que se baseia na escolha da

informação dos investidores depois de uma crise financeira em outra região. Tal informação (alerta) induz os investidores a reavaliarem suas posições com base no choque em outra economia e isto pode levar a uma crise financeira local em economias com fraca fundamentação por causa da propagação dos choques, mesmo que as regiões não estejam relacionadas.

Mobarek et al. (2016) ao avaliar a validade da hipótese de alerta para mercados desenvolvidos e emergentes durante a crise financeira global demonstraram que os fatores específicos do país são mecanismos de transmissão de crise para os países emergentes e pares mistos de países desenvolvidos e emergentes. No entanto, não foram evidenciadas chamadas de alerta na transmissão da crise entre pares de países desenvolvidos. Assim, entender a classificação dos mecanismos de transmissão para períodos de crise e não crise com os diferentes países tem importantes implicações para a gestão de risco, bem como para estratégias de investimento de portfólio.

As relações de dependência e como estas se estruturam tem sido investigada tanto no comportamento entre mercados quanto como estes propagam à volatilidade em diversos momentos. Conforme Broto et al. (2011) os fatores específicos de cada país foram reduzidos devido às forças da globalização, em que a volatilidade dos mercados é impulsionada por fatores globais e esses se encontram, em certas situações, fora do controle dos países emergentes. Corroborando, Baumöhl e Lyócsa (2014) identificaram que a assimetria na volatilidade não é um fenômeno comum nos mercados emergentes e demonstraram que os benefícios de diversificação diminuem em períodos de maior volatilidade. Assim, se os mercados de ações estão altamente integrados, as oportunidades se tornam limitadas em relação a efetividade da diversificação do risco.

A abordagem das estruturas de dependência e co-movimentos retrata que os mercados apresentam comportamentos distintos nos mercados de alta e baixa volatilidade sendo que nos mercados de baixa a correlação condicional aumenta fortemente, e que nos mercados de alta a correlação é afetada pela tendência do mercado, e não pela volatilidade (Longin & Solnik, 2001). Os meios de propagação do transbordamento de retorno ocorrem via canais de liquidez e *premium* de risco, ao invés de um canal de informação correlacionada durante a crise financeira global (Longstaff, 2010), com a volatilidade e o tamanho do mercado, e diminui com a maior volatilidade cambial e o fuso-horário (Lyócsa et al., 2017), durante a crise financeira global e pela longa memória na volatilidade (Mokni & Mansouri, 2017).

No final da década de 1980, várias economias em desenvolvimento abriram suas economias para a integração no mercado de capitais mundial, tal processo tinha objetivo a promessa de benefícios a partir da integração dos mercados. No entanto, ainda existem dúvidas

de que a liberalização levou à integração (Hunter, 2006). Estudos sobre os vínculos entre os mercados e como estes se propagavam se intensificaram a partir das crises da Tequila de 1994-95, a gripe asiática de 1997 e o vírus russo de 1998 (Kaminsky & Reinhart, 2000). Arouri, Bellalah e Nguyen (2010) abordam que nos mercados latino americanos houve aumento significativo dos co-movimentos a partir de 1994 e demonstram que os mercados tendem a se mover mais conjuntamente em períodos de crise, e quando houve as liberalizações de capital e a introdução das ADR's (*American Depository Receipts*).

Trancoso (2014) ao avaliar a dissociação das economias emergentes das economias desenvolvidas identificou que ainda existe alta conectividade e por causa disso a crise financeira global se propagou rapidamente. Apesar desta maior integração as economias de mercado emergentes ainda não se encontram em total coesão com a economia global e que para estas economias a proximidade geográfica parece ter mais importância que a similaridade econômica. Assim, os mercados emergentes apresentaram características distintas das economias desenvolvidas em que foi identificado a presença de dependência variável do tempo entre as economias, sendo que esta dependência é maior em países que as economias são orientadas para as commodities, e os vínculos entre os mercados foram observados tanto em períodos de alta quanto de baixa (Aloui et al., 2011).

Na América Latina o comportamento das economias da Argentina, Chile e México evidenciou que os mercados na verdade estavam divergindo devido as barreiras impostas, fazendo com que os mercados se tornassem menos integrados, e este efeito se mostrou mais persistente no México (Hunter, 2006). Contudo, Verma e Soydemir (2006) ao investigar os fatores locais e globais que impactam o risco dos países da América Latina identificaram que estes estão se integrando, mas a diferentes velocidades com os mercados desenvolvidos. Além disso, evidenciaram que os fatores globais que afetam o risco são a taxa de juros e a inflação das maiores economias mundiais, e sobre os fatores locais estão a oferta monetária e as taxas de câmbio.

Cabrera, Coronado, Rojas e Venegas-Martínez (2017) ratificam a existência da sincronização entre os mercados latino americanos com os mercados globais, especialmente com a bolsa americana, e que este é mais forte durante períodos de média e alta volatilidade. Panda e Nanda (2018) abordam que houve aumento da conectividade entre os mercados, principalmente, no período pós crise do *subprime*. Gamba-Santamaria, Gomez-Gonzalez, Hurtado-Guarin e Melo-Velandia (2017) demonstram que os movimentos dos retornos financeiros em termos de transbordamento da volatilidade em países latino-americanos e os Estados Unidos Latina aumentou substancialmente em torno da crise financeira global. Apesar

da maior integração os efeitos do contágio da crise do *Subprime* foram maior na União Europeia do que nos mercados do BRIC, ou seja, um provável portfólio composto por empresas dos países do BRIC poderia oferecer maior proteção para os investidores durante a crise do *Subprime* (Bergmann et al., 2015).

A correlação internacional apresenta características que se não forem retratadas da forma adequada podem levar a resultados enganosos devido a existência de uma relação espúria entre correlação e volatilidade (Longin & Solnik, 2001). Assim, modelar a estrutura de dependência entre ativos financeiros e entender a real dependência dos componentes de uma carteira tem sido fator crucial no gerenciamento de riscos, precificação e alocação de ativos (Mokni & Mansouri, 2017).

Aloui et al. (2011) argumentam que os modelos multivariados Generalizados Autorregressivos com Heteroscedasticidade Condicional (GARCH) com distribuições leptocúrticas, a Teoria dos Valores Extremos Multivariados e as funções de cópula conseguem capturar a real estrutura de dependência dos mercados. Os autores evidenciaram que os modelos de cópula apresentaram o melhor ajuste durante períodos de crises e que a extrema dependência entre pares de mercados emergentes é geralmente menor em mercados de baixa do que em mercados de alta, o que pode indicar uma baixa probabilidade de choques simultâneos. Corroborando, Bergmann et al. (2015) retratam que o uso da teoria de cópula permite captar os vínculos entre os ativos financeiros durante períodos de maior volatilidade ou crise, numa abordagem não paramétrica.

### 2.2.2 Dependência dos mercados e teoria de cópula

Segundo Cherubini, Luciano e Vecchiato (2012), as funções de cópula são construídas com o objetivo de fixar uma estrutura multivariada às distribuições marginais. Esta abordagem foi demonstrada pela primeira vez no estudo de Abe Sklar em 1959 sobre funções de distribuição em margens dadas. Seu teorema mostrou que qualquer distribuição conjunta pode ser escrita como uma função das distribuições marginais:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n)) \quad (1)$$

e que a classe de funções  $C(\cdot)$ , funções de cópula, pode ser usada para estender a classe de distribuições multivariadas e que corresponde a uma distribuição multivariada com margens uniformes padronizadas.

Patton (2012) aborda que a utilidade do teorema de Sklar nas cópulas se deve a aplicação da sua inversa, em que se pode combinar uma variável normalmente distribuída com uma

variável distribuída exponencialmente através de uma cópula Clayton e obter uma distribuição bivariada incomum, mas válida. A capacidade de combinar distribuições marginais com um modelo de cópula permite ao pesquisador se basear diretamente no grande conjunto de pesquisas sobre modelagem de distribuições, e deixando apenas a tarefa de modelar a estrutura de dependência. A função inversa desta distribuição conjunta pode ser escrita como:

$$F(x, y) = F(F_X^{-1}(u), F_Y^{-1}(v)) \equiv C(u, v) \quad (2)$$

em que  $u = F_X(x)$  e  $v = F_Y(y)$ . A função que liga as variáveis uniformes à distribuição conjunta é chamada de função de dependência ou de cópula.

As funções de cópulas são utilizadas na combinação de distribuições marginais com distribuições multivariadas, sendo que elas são únicas para uma dada distribuição multivariada com distribuições marginais contínuas. Além disso, elas são invariantes em transformações estritamente crescentes de distribuições marginais e têm sido reconhecidas como um instrumento poderoso na modelagem da dependência entre duas variáveis aleatórias (Alexander, 2001). Assim, a modelagem multivariada através de cópulas nos permite calibrar a distribuição conjunta em suas distribuições univariadas marginais e uma estrutura de dependência (Bergmann et al., 2015).

Conforme Cherubini et al. (2012), as funções de cópulas devem atender aos seguintes requerimentos:

1.  $C(0, v) = C(u, 0) = 0$ ;
2.  $C(u, 1) = u, C(1, v) = v$ ;
3.  $C(u_1, v_1) - C(u_1, v_2) - C(u_2, v_1) + C(u_2, v_2) \geq 0$  para  $u_1 > u_2$  e  $v_1 > v_2$ .

(3)

Segundo Mokni e Mansouri (2017) a abordagem de cópulas permite separar a distribuição conjunta de suas margens e capturar a não linearidade na dependência entre ativos financeiros. Além disso, os exemplos de funções de cópula são múltiplos e permitem modelagem de dependência assimétrica condicional no tempo. A caracterização da dependência entre variáveis aleatórias é crucial na econometria financeira, onde as distribuições logarítmicas dos retornos possuem *fat tails* e são não-elípticas, e onde a dependência da cauda deve ser considerada (Cherubini et al., 2012).

A dependência apresenta conceitos de associação entre as variáveis aleatórias que demonstram as características destas associações, como características associativas incluem o  $\tau$  de Kendall,  $\rho$  de Spearman, o coeficiente de correlação linear e os índices de dependência da

cauda (Bergmann et al., 2015). As famílias de funções de cópulas podem ser abordadas, principalmente, a partir de cópulas elípticas e arquimedianas. Sendo que as elípticas englobam as cópulas triviais, gaussiana e a *t-student*, e as arquimedianas correspondem as cópulas de Clayton, Frank, Gumbel (Cherubini et al., 2012).

### 2.3 Metodologia

Nesta seção serão abordados a amostra, a forma de coleta e tratamento dos dados, a definição dos mercados analisados e, por fim, as funções de cópulas, os procedimentos de estimativa, as medidas de dependência e os testes de qualidade de ajuste dos modelos.

#### 2.3.1 Dados e amostra

A amostragem deste estudo está baseada nos retornos diários dos maiores mercados da América Latina em termos de volume de negociação e valor de mercado, que são os índices dos países: Brasil (IBOV), México (IPYC), Chile (IPSA), Argentina (MERVAL) e Peru (SPBLPGPT). A escolha destes índices como *proxy* dos ativos financeiros dos mercados aconteceu devido estes serem os índices oficiais das bolsas de ações dos mercados e pela representatividade em termos de volume negociado dos ativos que as compõem nas respectivas economias. O conjunto de dados abrange o período de 03 de janeiro de 2000 a 29 de dezembro de 2017, o período foi selecionado devido a incluir momentos de estável, baixa e alta volatilidade que podem afetar a estrutura de dependência entre os mercados de ações considerados. Para eliminar a correlação espúria gerada pelos feriados, foram considerados os dados que apresentaram negociação nos mesmos períodos. Assim, obteve-se a quantidade de 4017 observações para cada índice.

#### 2.3.2 Método

Este estudo segue os procedimentos utilizados por Mokni e Mansouri (2017) e Bergmann et al. (2015) para as funções de cópulas. Foram usadas as funções de cópulas com o intuito de identificar qual destas apresenta o melhor ajuste aos dados em relação aos aspectos das medidas de dependência, sendo estas a Gaussiana, *t student*, Gumbel, *Rotated Gumbel Clayton*, *Rotated Clayton*, Plackett, Frank, *Simetrized Joe-Clayton*, e as cópulas variantes no tempo Gaussiana, *Rotated Gumbel* e *Simetrized Joe-Clayton*.

As cópulas utilizadas neste estudo e suas respectivas fundamentações estão sintetizadas na Tabela 1:

**Tabela 1**  
Resumo das cópulas do estudo

Cópulas	Definição	Estudos Base <sup>a</sup>
<b><u>Elípticas</u></b>		
Gaussianas	Representa estruturas simétricas de probabilidade e não possui dependência de cauda. Tem uma estrutura de dependência que não muda com as oscilações do mercado.	(2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)
t-student	Representa estruturas simétricas de probabilidade e possui dependência de cauda. Assim, pode-se vincular ativos que são distribuídos normalmente, mas que provavelmente tem movimentos extremos para cima ou para baixo ao mesmo tempo.	(2) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
<b><u>Arquimediana</u></b>		
Gumbel	Nos casos de independência, dependência positiva e negativa perfeita, a cópula de Gumbel é limitada apenas à dependência positiva. Possui dependência na cauda superior.	(1) (2) (5) (6) (8) (10)
Rotated Gumbel	A cópula de Rotated Gumbel não tem dependência da cauda superior, somente de cauda inferior.	(2) (7) (8)
Clayton	A cópula de Clayton é assimétrica, e tem dependência na cauda inferior.	(1) (4) (5) (6) (7) (8) (10)
Rotated Clayton	A cópula Rotated Clayton tem zero dependência de cauda inferior, e possui dependência na cauda superior.	(2) (8)
Plackett	A cópula de Plackett não tem dependência de cauda.	(2) (8)
Frank	A cópula de Frank tem as mesmas propriedades que a gaussiana, necessita de suposições de normalidade da distribuição.	(2) (5) (8)
Simetrizada de Joe-Clayton	Os parâmetros da cópula SJC são os coeficientes de dependência da cauda, mas com dependência assimétrica.	(2) (8)
<b><u>Variantes no Tempo</u></b>		
Gaussianas	Apresenta as características da copula gaussiana, de normalidade, mas possui variação da estimação ao longo do tempo	(2) (8)
Rotated Gumbel	Apresenta não dependência na cauda superior e possui variação da estimação ao longo do tempo.	(2) (8)
Simetrizada Joe-Clayton	Apresenta dependência de cauda e distinção nos parâmetros da cauda superior e inferior, e possui variação da estimação ao longo do tempo	(2) (8)

Nota: (a) Estudos Bases: (1) Aloui et al. (2011); (2) Bergmann et al. (2015); (3) Fermanian e Wegkamp (2012); (4) Hobæk Haff (2012); (5) Lee e Long (2009); (6) Mokni e Mansouri (2017); (7) Patton (2012); (8) Patton Andrew (2006); (9) Rivieccio e De Luca (2016); (10) Smith (2015).

Para capturar as mudanças na estrutura de dependência ao longo do período de análise, a cópula que a descreve deve ser variável no tempo. Patton Andrew (2006) foi pioneiro no estudo de cópulas variantes no tempo, e introduziu o conceito de cópula condicional e aplicou-

o ao estudo das assimetrias na estrutura de dependência de um conjunto de taxas de câmbio. Nesta situação, se encontram as cópulas Gaussianas, *Rotated Gumbel* e *Simetrized Joe-Clayton* variantes no tempo.

Para verificar os diferentes tipos de associações entre as variáveis iremos verificar as seguintes medidas de associação: Tau de Kendall; Spearman Rho; e dependência da cauda.

O tau de Kendall entre duas variáveis aleatórias  $X_1$  e  $X_2$  pode ser obtido a partir da seguinte função de cópula:

$$\tau = \tau(X_1, X_2) = 4 \int_0^1 \int_0^1 C(u_1, u_2) dC(u_1, u_2) - 1 \quad (4)$$

Spearman Rho é obtido da cópula pela equação:

$$\rho = \rho(X_1, X_2) = 12 \int_0^1 \int_0^1 u_1 u_2 dC(u_1, u_2) - 3 \quad (5)$$

Outra abordagem de dependência utilizada em estudos empíricos é o de dependência da cauda em que demonstra a estrutura de dependência de forma simétrica ou assimétrica nas caudas. Esta abordagem é estruturada por dependência da cauda superior,  $\lambda^U$  e dependência da cauda inferior,  $\lambda^L$ . A dependência da cauda pode ser expressada em termos de funções de cópulas como:

$$\lambda^U = \lim_{u \rightarrow 1} \frac{[1 - 2u + C(u, u)]}{1 - u} \quad (6)$$

$$\lambda^L = \lim_{u \rightarrow 0} \frac{C(u, u)}{u} \quad (7)$$

Para verificar a qualidade do ajustamento das funções de cópula sobre qual família de cópula melhor representa as relações de dependência entre as variáveis foram utilizados os procedimentos do estudo de Bergmann et al. (2015), o qual se baseia na ideia que o melhor ajustamento se deve aos conceitos econômétricos de verossimilhança logarítmica, o critério de informação de Akaike e Bayesiano, sendo que a família que apresentar os menores valores nestes índices é considerada a cópula com melhor ajustamento.

Para a mensuração das variações relativas dos preços dos ativos ao longo da série de tempos foi utilizado o logarítmico dos retornos diários, expressada por  $r_t = \ln(p_t/p_{t-1})$ , em

que  $p_t$  representa o preço de fechamento da ação no tempo  $t$ . Todos os índices foram considerados em dólar para comparabilidade e mitigar o efeito inflação.

## 2.4 Resultados

Esta seção aborda os resultados deste estudo demonstrando as características dos mercados latino americanos em relação a volatilidade e a estrutura de dependência a partir de cópulas. Foram realizados procedimentos quantitativos sobre as séries de retorno para verificar como se comportam os dados ao longo do período, qual cópula apresenta o melhor ajuste aos dados, como estes se comportam na estrutura de dependência e a estimativa dos parâmetros das cópulas.

### 2.4.1 Análise descritiva

Para analisar a estrutura da volatilidade dos mercados latino americanos a Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas e testes preliminares do log-retornos diários durante o período analisado neste estudo. Ao se verificar a média verifica-se que ao longo do período todos os mercados apresentaram retornos positivos. Os testes Dickey-Fuller e KPSS rejeitam a hipótese da presença de raízes unitárias para todas as séries de retornos durante o período analisado. Ao verificar a normalidade, a assimetria e a curtose indicam que as séries são assimétricas com caudas pesadas e a estatística de Jarque-Bera demonstra a rejeição da hipótese nula de normalidade ao nível de significância de 1%, para todas as séries de retorno.

**Tabela 2**  
Estatística descritiva

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	JB Teste	ADF	KPSS
IBOV	0,00022	0,02477	-0,08536	10,0914	8421,759***	-59,2910***	0,1332*
IPYC	0,00036	0,01300	-0,32746	11,6117	12484,57***	-56,9206***	0,0771*
IPSA	0,00030	0,01718	-0,04853	9,27730	6596,909***	-49,8941***	0,1621**
MERVAL	0,00026	0,02533	-3,10727	56,7579	490163,3***	-61,5097***	0,0700*
SPBLPGPT	0,00061	0,01586	-0,06778	19,6591	46453,64***	-55,5462***	0,3099*

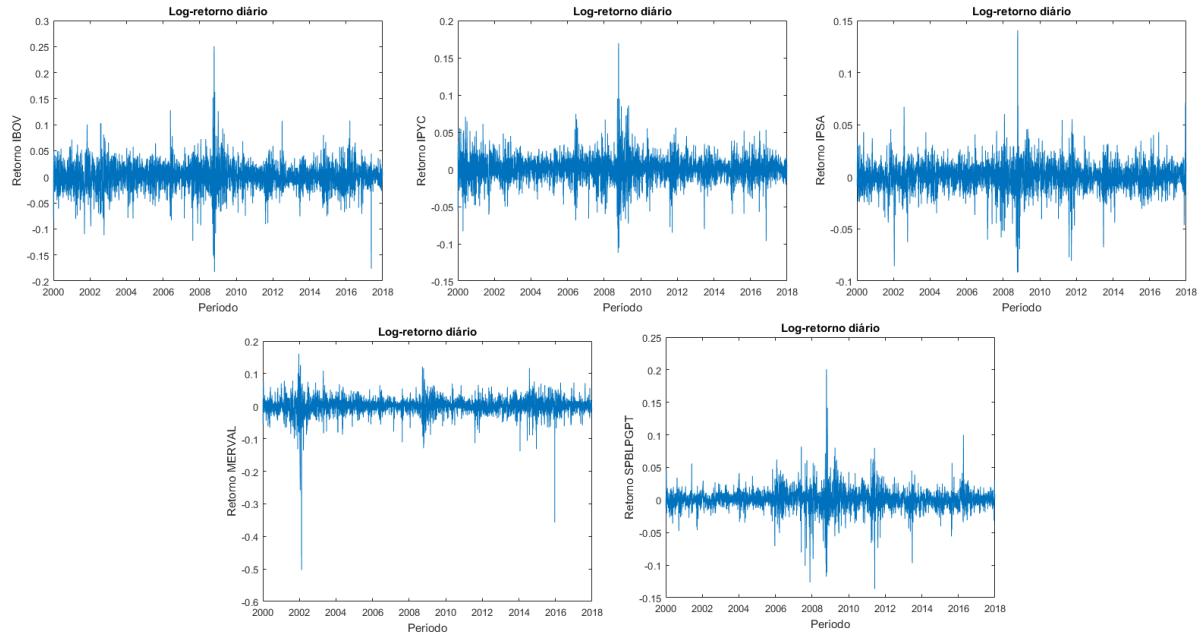
Nota. O p-valor do JB Teste é a probabilidade relativa ao teste de normalidade de Jarque-Bera (segundo este valor  $p$ , a hipótese de normalidade é rejeitada para um valor menor que 5%), O teste ADF e KPSS são, respectivamente, o teste aumentado de Dickey e Fuller (1981) e Kwiatkowski et al, (1992).

\*\*\*, \*\*, \* nível de significância de 1, 5 e 10%.

A figura 3 apresenta o comportamento gráfico dos log-retornos dos índices latino americanos. Todos os índices apresentam picos de volatilidade ao longo do período, tendo como

destaque ao período da crise do *Subprime* que apresentou uma mudança mais acintosa em todos os índices devido à forte propagação desta crise aos demais países, conforme abordado por Hemche et al. (2016).

**Figura 3**  
Retorno dos índices latino americanos



A volatilidade dos retornos apresentou também características de crises internas que não demonstraram efeito de transbordamento para os mercados analisados, sendo estas as crises do Brasil e da Argentina no início dos anos 2000 e o efeito persistente da crise do *subprime* nestas economias após o fim da crise no mercado americano (Perobelli et al., 2013).

#### 2.4.2 Análise dos resultados estimados por cópulas

Conforme abordado nos procedimentos metodológicos foram estimados os parâmetros para as funções de cópulas, seguindo os procedimentos de Bergmann et al. (2015) e Mokni e Mansouri (2017). Este estudo utilizou uma hierarquia de mensuração da qualidade do ajustamento das cópulas através dos conceitos econometríticos de *log-likelihood* (LL), critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação bayesiana (BIC).

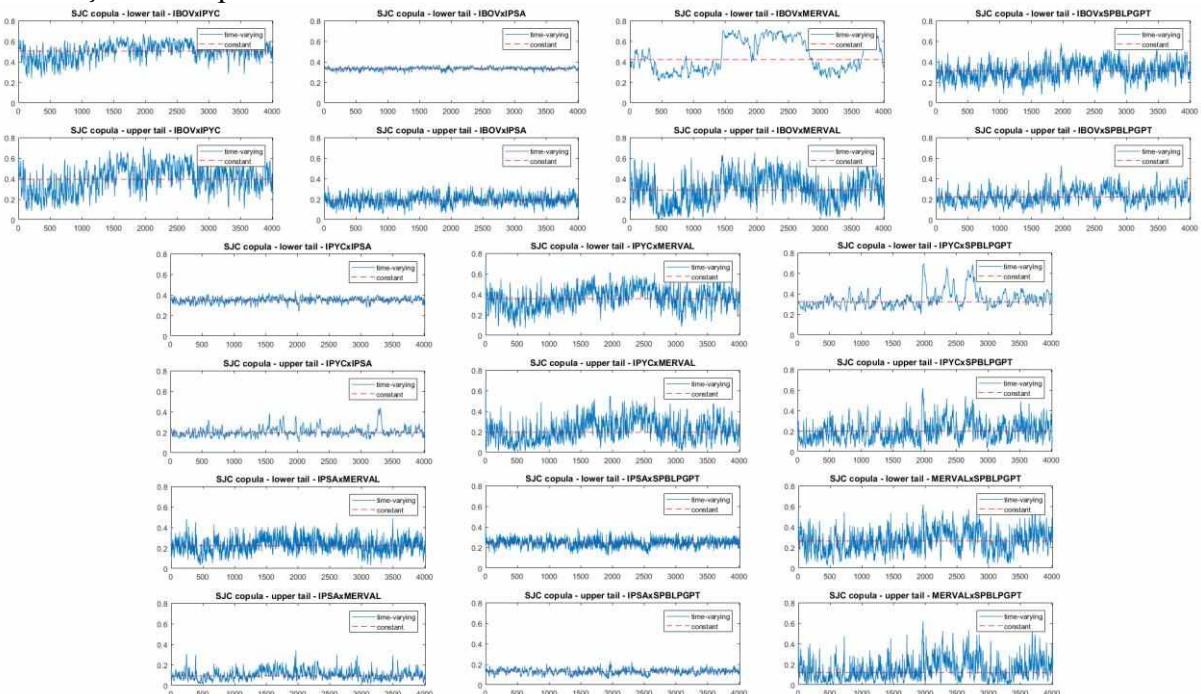
Após a estimação da hierarquia de ajuste de qualidade do ajustamento das cópulas através dos conceitos econometríticos foi demonstrado que para todas as series de retornos dos índices da América Latina a cópula de Simetrizada Joe-Clayton variante no tempo apresentou o melhor ajuste aos dados, seguindo os estudos de Patton Andrew (2006) e Bergmann et al. (2015). Conforme Patton Andrew (2006), essa cópula apresenta dependência assimétrica nas

caudas, o que demonstra que a estrutura de dependência entre os índices varia para os períodos de retornos positivos (cauda superior) e negativos (cauda inferior) e existe também comportamento distinto nas caudas da volatilidade dos retornos.

Para ajustar as funções de cópulas aos dados da amostra foi utilizado o método de funções de inferência para margens (IFM). Este método primeiro determina a estimativa dos parâmetros da margem, fazendo uma estimativa das distribuições marginais univariadas e, em seguida, os parâmetros da cópula. O método IFM tem a vantagem de resolver o problema de maximização para casos de alta distribuição dimensional (Mokni & Mansouri, 2017).

Os resultados da estimação das cópulas Simetrizadas Joe-Clayton variantes no tempo estão apresentados na Figura 4. Os resultados demonstram que a estrutura de dependência do índice brasileiro com os mercados do México, Chile e Argentina se apresenta mais reativa sobre os retornos positivos (cauda superior), sendo que no caso da Argentina na cauda inferior a dependência se apresentou mais persistente durante o período do *subprime* e ao final do período de estudo. O comportamento da estrutura de dependência do Peru com o Brasil apresentou maior volatilidade em relação aos retornos negativos (cauda inferior). E o Brasil apresenta uma relação de dependência mais forte com o mercado mexicano e argentino.

**Figura 4**  
Estimação das cópulas



O índice mexicano apresentou as mesmas características do índice brasileiro em relação ao mercado argentino durante o período da crise do *subprime* com a característica de

persistência da volatilidade da estrutura de dependência, mas esta caracterização não reflete nos períodos recentes como no caso do Brasil. Para os demais a dependência se identificou mais forte na cauda inferior. O mercado chileno também apresentou uma estrutura de dependência maior nos retornos negativos com os demais mercados, sendo que com o mercado argentino esta diferença foi menos significativa. Os mercados chileno e peruano demonstram uma estrutura de dependência maior na cauda inferior, indicando que os retornos negativos fizeram com que aumentasse as relações de dependência entre os mercados.

As cópulas variantes no tempo apresentam uma estrutura de dependência entre os retornos em que os valores são condicionais ao longo do tempo sendo que para cada observação a estimativa dos parâmetros da dependência apresenta um valor único. Para estimar os parâmetros da volatilidade dos índices da América Latina e os respectivos intervalos de confiança foi utilizada a técnica de *bootstrap*. Tal procedimento permite estimar os intervalos de confiança e os p-valores dos parâmetros das cópulas para identificar o comportamento das estruturas de dependência dos retornos dos mercados (Endo, Watanabe, & Yamamoto, 2015).

As estimativas dos parâmetros e dos intervalos de confiança são apresentadas na Tabela 3. Os resultados demonstram que os parâmetros das cópulas apresentam relação significativa, ao nível de 1%, nos coeficientes estimados indicando que todos os parâmetros da estrutura de dependência se encontram dentro dos intervalos de confiança e são coeficientes consistentes a partir da técnica de *bootstrap*, com a aplicação de dez mil simulações.

Foi demonstrado que para todos os mercados os resultados indicam uma maior estrutura de dependência nos retornos negativos ao estimar os parâmetros via *bootstrap* e conforme apresentado anteriormente por meio das cópulas simetrizadas de Joe Clayton estes mesmos retornos negativos apresentam menor volatilidade da sua estrutura de dependência ao longo do período. Esta presença de aparente menor volatilidade da estrutura de dependência indica que as relações durante estes períodos se apresentam como mais estáveis o que podem indicar que os mercados da América Latina podem apresentar como um mercado com oportunidade de diversificação durante períodos de retornos negativos.

Os coeficientes estimados mostram que os índices do Brasil e do México apresentam uma maior estrutura de dependência nos demais mercados da América Latina, indicando que estes mercados possuem maior influência na estrutura da volatilidade dos retornos na América Latina. Além disso, uma forte dependência positiva é observada para os pares IBOV e IPYC e IBOV e Merval, em ambas as caudas. Esse achado é consistente com resultados previamente encontrados por Gamba-Santamaria et al. (2017) e Cabrera et al. (2017) demonstrando que o Brasil é o país com maior influência na estrutura da volatilidade dos países da América Latina,

sendo considerado um país transmissor na região. Além disso, o México apresenta também características de transmissor de volatilidade, e os demais se caracterizam por ser receptores de volatilidade.

**Tabela 3**

Parâmetros e intervalos de confiança das cópulas pela técnica de *bootstrap*

Índices	Cauda Inferior		Cauda Superior	
	Coeficientes	Intervalo de Confiança	Coeficientes	Intervalo de Confiança
IBOV_IPYC	0,5028*	[0,5004; 0,5052]	0,3966*	[0,3928; 0,4004]
IBOV_IPSA	0,3330*	[0,3326; 0,3335]	0,1915*	[0,1901; 0,1929]
IBOV_MERVAL	0,4596*	[0,4549; 0,4644]	0,2865*	[0,2823; 0,2907]
IBOV_SPBLPGPT	0,3053*	[0,3028; 0,3079]	0,2258*	[0,1620; 0,2281]
IPYC_IPSA	0,3502*	[0,3494; 0,3509]	0,2040*	[0,2026; 0,2053]
IPYC_MERVAL	0,3621*	[0,3591; 0,3651]	0,2135*	[0,2103; 0,2168]
IPYC_SPBLPGPT	0,3478*	[0,3452; 0,3504]	0,1975*	[0,1945; 0,2005]
IPSA_MERVAL	0,2272*	[0,2249; 0,2295]	0,1024*	[0,1009; 0,1038]
IPSA_SPBLPGPT	0,2440*	[0,2428; 0,2452]	0,1290*	[0,1282; 0,1298]
MERVAL_SPBLPGPT	0,2630*	[0,2597; 0,2662]	0,1465*	[0,1433; 0,1498]

Nota. A técnica de *bootstrapping* foi utilizada para identificar os parâmetros e os intervalos de confiança das estruturas de dependência da cópula Simetrizada de Joe-Clayton variante no tempo.

\* nível de significância de 1%.

Os resultados da estimação das cópulas indicam que os mercados apresentam uma maior relação da estrutura de dependência negativa demonstrando que os índices têm forte relação entre si em momentos de retornos negativos, com isto os mercados se aproximam mais em períodos de retornos negativos. Esta constatação pode estar relacionada à forte relação econômico-financeira entre os países (Arouri et al., 2010; Gamba-Santamaria et al., 2017), aumento da conectividade destes mercados (Panda & Nanda, 2018) e a proximidade geográfica e cultural (Trancoso, 2014). Outra explicação para a dependência entre os mercados acionários é que esses mercados podem ser afetados por possíveis efeitos contágio, conforme retratado por Corsetti et al. (2005), Lyócsa et al. (2017), Mobarek et al. (2016) e Mokni e Mansouri (2017).

A dependência da estrutura da volatilidade apresentou ser maior nos retornos positivos (cauda superior) do que nos negativos (cauda inferior), indicando que nestes períodos as

dependências variam mais, apesar da menor relação. Baumöhl e Lyócsa (2014), Hwang, 2014, Mobarek et al. (2016) e Perobelli et al. (2013) demonstraram que os benefícios de diversificação diminuem em períodos de maior volatilidade, o que pode indicar que os mercados latino americanos no período analisado apresentavam vantagens de diversificação durante períodos de baixa (crise) devido a menor volatilidade da dependência entre os mercados latino americanos.

#### 2.4.3 Checagem de robustez

Para verificar a robustez empírica e teórica dos resultados encontrados, as mesmas análises foram realizadas utilizando diferentes períodos amostrais para verificar se existe mudança no comportamento da estrutura de dependência nestes mercados nos distintos períodos, tendo como base os estudos de Dufrénot, Mignon e Péguin-Feissolle (2011) e Mokni e Mansouri (2017). Assim, definiu-se um período de crise que se caracterizou com o impacto para os mercados, a crise do *subprime* americana, sendo que o período de crise ficou definido de agosto de 2007 a julho de 2009, e os períodos anteriores e posteriores, respectivamente, como períodos de pré e pós crise.

Para estimar os parâmetros das cópulas para as sub-amostras foram utilizados os mesmos métodos e critérios apresentados na metodologia. Corroborando, com os resultados anteriores a cópula que melhor se ajustou aos dados em todas as combinações bivariadas e diferentes períodos foi a cópula simetrizada de Joe-Clayton. Os resultados demonstram que os parâmetros das cópulas apresentam relação significativa, ao nível de 1%, nos coeficientes estimados indicando que todos os parâmetros da estrutura de dependência se encontram dentro dos intervalos de confiança e são coeficientes consistentes a partir da técnica de *bootstrap*.

Os resultados da estimação dos parâmetros das cópulas para os diferentes períodos corroboraram, de forma geral, os resultados anteriores sobre a maior dependência dos mercados na cauda inferior, ou seja, nos retornos negativos. Além disso, os resultados evidenciam que existe uma maior aproximação de forma generalizada, para os mercados em períodos de crises globais, no caso a crise do *subprime*, o que vai ao encontro dos estudos de Baumöhl e Lyócsa (2014), Hwang, 2014, Mobarek et al. (2016) e Perobelli et al. (2013).

Ao verificar os resultados em relação aos períodos anterior e posterior à crise verifica-se que para ambas as amostras persiste a constatação de maior dependência entre os mercados na cauda inferior. Contudo, fica representado que para o período pré-crise a dependência entre os mercados era menor, o que pode evidenciar a ideia que outros mercados exerciam maior influência sobre estes mercados em período de maior estabilidade econômica global. E, assim,

durante e a após a crise do *subprime* esses mercados diminuíram a influência na América Latina fazendo com que as relações entre os mesmos se intensificassem e estes se aproximassem devido ou a menor influência de outras economias e/ou consequentemente aumento da relação nos mercados latino americanos.

**Tabela 4**

Parâmetros das cópulas pela técnica de *bootstrap* para os subperíodos

Índices	Amostra Total		Pré-Crise		Crise		Pós-Crise	
	Cauda Inferior	Cauda Superior						
IBOV_IPYC	0,5028*	0,3966*	0,3786*	0,2868*	0,6998*	0,6162*	0,5114*	0,4659*
IBOV_IPSA	0,3330*	0,1915*	0,3014*	0,1177*	0,5005*	0,5845*	0,3050*	0,1934*
IBOV_MER	0,4596*	0,2865*	0,3758*	0,2053*	0,6856*	0,3782*	0,4820*	0,2913*
IBOV_SPBL	0,3053*	0,2258*	0,1902*	0,0390*	0,5422*	0,4145*	0,3392*	0,2970*
IPYC_IPSA	0,3502*	0,2040*	0,3027*	0,0905*	0,5236*	0,2372*	0,3159*	0,2248*
IPYC_MER	0,3621*	0,2135*	0,2595*	0,0981*	0,5887*	0,3169*	0,3885*	0,2237*
IPYC_SPBL	0,3478*	0,1975*	0,1954*	0,0435*	0,5090*	0,4722*	0,3377*	0,2939*
IPSA_MER	0,2272*	0,1024*	0,1767*	0,0756*	0,4622*	0,4899*	0,2110*	0,0796*
IPSA_SPBL	0,2440*	0,1290*	0,1493*	0,0709*	0,4455*	0,3431*	0,2260*	0,1676*
MER_SPBL	0,2630*	0,1465*	0,1125*	0,0331*	0,5559*	0,4155*	0,3188*	0,1950*
Observações	4017		1701		442		1874	

Nota. A técnica de *bootstrapping* foi utilizada para identificar os parâmetros e os intervalos de confiança das estruturas de dependência da cópula Simetrizada de Joe-Clayton variante no tempo.

\* nível de significância de 1%.

Além disso, verificamos o efeito cambial e do tempo nos resultados para identificar se existe o efeito monetário (dólar americano) nestes mercados e se a forma temporal da coleta de dados (diário, semanal, mensal e trimestral) afeta as estruturas de dependência dos mercados. Na figura 5 (Apêndice) identificamos que ao se analisar os dados em moeda corrente verifica-se que o índice Argentino apresenta uma forte desassociação dos demais índices sobre a evolução dos preços relativos com os demais índices muito maior e mais acentuado, principalmente, após o período o ano de 2014 em que houve forte queda do peso argentino frente ao dólar, conforme (Hsing & Alford, 2016). Ao se verificar os resultados das cópulas entre os pares de mercados em valores diários, apresentado na Tabela 5 (Apêndice), não se

verificou relevante mudança entre os parâmetros, mesmo com a quebra em subperíodos (pré-crise, crise e pós-crise).

Para verificar as estruturas de dependência em diferentes períodos (semanal, mensal e trimestral) de coleta de dados para contrastar com os dados diários e analisar se existe diferença entre os mercados entre os mercados em termos de sazonalidade. A tabela 6 (Apêndice) evidência que na cauda inferior existe um aumento da estrutura de dependência entre praticamente todos os pares de mercados para todas as formas coletas, sendo que este efeito aumenta com o maior espaçamento da coleta. Subsequentemente, na Tabela 7 (Apêndice) combinamos os aspectos cambiais com os temporais e corroborou-se que os fatores temporais afetam a estrutura de dependência, independentemente, do fator cambial, e para o câmbio houveram mudanças, mas verifica-se que o comportamento na cauda superior foi de quase não dependência do mercado Argentino com os índices do Brasil e Peru quando analisamos os mercados em moedas correntes, não considerando o efeito dólar nestes mercados, corroborando com os achados de Lyócsa et al. (2017) e Verma e Soydemir (2006).

Portanto, fatores macroeconômicos e aspectos temporais podem afetar as relações de dependência nos mercados latino americanos em distintos momentos econômicos e, consequentemente, as relações em termos de dependência de cauda, corroborando com a aplicação de métodos que considerem a teoria do valor extremo. Assim, favorecendo a utilização de abordagens não paramétricas, como cópulas, devido as características não-normais dos mercados e as assimetrias nos retornos e entre os momentos das economias.

## 2.5 Considerações Finais

Este estudo teve como objetivo avaliar a volatilidade e a estrutura de dependência entre os mercados latino americanos a partir de cópulas durante o período de 03 de janeiro 2000 a 28 de dezembro de 2017. Para verificar a estrutura de dependência foram estimadas as cópulas elípticas e arquimedianas e estas com os parâmetros variantes no tempo. Os resultados identificaram que a cópula mais apropriada para modelar a estrutura de dependência dos mercados latino americanos foi a simetrizada Joe Clayton com parâmetros variáveis no tempo. A cópula de Joe-Clayton simetrizada assume uma dependência de cauda assimétrica, implicando que a dependência da cauda superior e inferior não é igual.

Os resultados da estimação das cópulas indicam que os mercados apresentam uma maior relação da estrutura de dependência negativa demonstrando que os índices têm forte relação entre si em momentos de retornos negativos. Esta constatação pode estar relacionada à forte

relação econômico-financeira entre os países, aumento da conectividade e a proximidade geográfica destes mercados.

A estrutura da volatilidade da dependência apresentou ser maior nos retornos positivos (cauda superior) do que nos negativos (cauda inferior), o que pode indicar que os mercados latino americanos no período analisado apresentavam vantagens de diversificação durante períodos de baixa (crise) devido a menor volatilidade da dependência entre os mercados latino americanos. Assim, os resultados são potencialmente de interesse de pesquisadores, reguladores e investidores com o objetivo de buscar a diversificação internacional em momentos de crise.

Na análise de robustez dos resultados dividiu-se a amostra em diferentes períodos para evidenciar se a relação apresentava consistência ao se considerar períodos de maior volatilidade (crise) e menor volatilidade (não crise) no cenário internacional. Os resultados da estimação dos parâmetros das cônjuges para os diferentes períodos corroboraram, de forma geral, os resultados anteriores sobre a maior dependência dos mercados na cauda inferior, ou seja, nos retornos negativos. Além disso, os resultados evidenciam que existe uma maior aproximação de forma generalizada, para os mercados da América Latina em períodos de crises globais, no caso a crise do *subprime* do que em outros momentos.

Além disso, analisamos o efeito cambial e temporal nas estruturas de dependência e verificamos que estes fatores podem afetar os vínculos entre os mercados latino americanos em distintos momentos econômicos e, consequentemente, as relações em termos de dependência de cauda, corroborando com a aplicação de métodos que considerem a teoria do valor extremo. Assim, favorecendo a utilização de abordagens não paramétricas, como cônjuges, devido as características não-normais dos mercados e as assimetrias nos retornos e entre os momentos das economias. O que pode evidenciar que estes mercados são afetados por estes movimentos macroeconômicos fazendo que as relações entre os mesmos se intensificassem e estes se aproximassem devido ou a menor influência de outras economias e/ou consequentemente aumento da relação nos mercados latino americanos.

No sentido desses resultados cabe a sugestão para trabalhos futuros de verificar os possíveis benefícios na modelagem de estratégias de otimização de portfólio e verificar a possibilidade de se investir no mercado da América Latina usando retornos variáveis no tempo e previsões de volatilidade a partir de um modelo que considere as presentes características destes mercados.

## CÁPITULO 3: MODELAGENS E OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRAS NA AMÉRICA LATINA

### 3.1 Introdução

Os vínculos entre os mercados aumentaram ao longo do tempo, o que implica que as oportunidades de diversificação nos mercados internacionais estão diminuindo e estes benefícios diminuem ainda mais em períodos de maior volatilidade. Com isto, existe a necessidade do desenvolvimento de diferentes abordagens para captar os movimentos dos mercados, ou a utilização de diferentes classes de ativos para proteger os portfólios (Baumöhl & Lyócsa, 2014). Assim, pesquisadores e investidores tem desenvolvido abordagens que vão além da análise desses vínculos e que buscam oferecer melhores resultados em termos de previsibilidade de risco e retornos com o intuito de identificar prováveis benefícios da diversificação internacional (ver e.g., Guidi & Ugur, 2014; Jacobs & Karagozoglu, 2014; Miralles-Marcelo, Miralles-Quirós, & Miralles-Quirós, 2015; Miralles-Quirós & Miralles-Quirós, 2017).

A otimização de carteiras através de diferentes estratégias para diminuir o risco tem como fundamental abordagem a Teoria Moderna do Portfólio de Markowitz (1952), que demonstrou que a dependência dos componentes de portfólios poderia ser medida a partir da correlação linear baseada na relação de risco-retorno. Contudo, os preços dos ativos financeiros apresentam características estocásticas e não lineares que não podem ser descritas pelo coeficiente de correlação. Para mensurar estas características modelos dinâmicos de volatilidade foram desenvolvidos e estes melhoraram a precisão para descrever a dinâmica da volatilidade variável no tempo, como os modelos de heterocedasticidade condicional auto regressiva generalizada (GARCH) e os de volatilidade estocástica (Jacobs & Karagozoglu, 2014).

Várias especificações GARCH multivariadas para modelar a estrutura de dependência dinâmica de séries temporais e parametrizar a dinamização da covariância condicional foram desenvolvidas que evidenciam sobre os ganhos econômicos que um investidor poderia obter com uma estratégia dinâmica baseada no uso de retornos variáveis no tempo e em previsões de volatilidade (Miralles-Marcelo et al., 2015). Estes autores utilizando previsões de volatilidade de uma abordagem VAR-DCC multivariada para o câmbio comercial dos fundos mais negociados na Bolsa de Valores de Nova York identificaram oportunidade de investimentos quando se constrói carteiras que incluem uma previsão precisa de retornos esperados e de variância.

A antecipação dos impactos financeiros a partir da avaliação dos vínculos entre as economias é uma forma de considerar a possibilidade de investimento entre os países devido se beneficiar da redução do risco próprio e, com isto, restando apenas a resposta de cada país aos movimentos globais. Contudo, conforme os autores abordam que a mitigação do risco próprio em momentos de crises financeiras pode não ser tão significante devido ao transbordamento dos retornos para outros países e, portanto, deve-se buscar abordagens que consigam captar estas relações (Perobelli et al., 2013).

A utilização de estratégias para otimização de carteiras tem demonstrado que as carteiras diversificadas superam as carteiras não diversificadas (Guidi & Ugur, 2014) e que a melhor estratégia de carteira depende da conjuntura econômica vigente, devido que certas estratégias e abordagens apresentam resultados específicos de acordo com os períodos analisados. No entanto, na maioria dos casos, carteiras que dão mais peso para os ativos menos voláteis podem resultar em melhor desempenho sem que ocorra aumento significativo dos custos de transação (Iquiapaza, Vaz, & Borges, 2016).

A correlação dos mercados latino-americanos com os mercados de ações latino-americanos com outros mercados do mundo aumentou consideravelmente devido aos fatores globais e locais que permitiram maior integração entre as economias (Meric, Taga, Kim, & Meric, 2016). Esta maior integração fez com que os mercados latino-americanos apresentassem características de efeito contágio durante a crise financeira global de 2008, como correlações condicionais persistentemente mais altas e mais voláteis e mudanças estruturais na volatilidade. Contudo, ainda existem excelentes oportunidades globais de diversificação de portfólio com mercados de ações latino-americanos (Hwang, 2014).

Neste contexto, tendo como base o estudo de Miralles-Quirós e Miralles-Quirós (2017), o objetivo deste estudo é verificar a existência de benefícios na relação risco-retorno no mercado da América Latina usando retornos variáveis no tempo e previsões de volatilidade a partir de um modelo de Cúpula-ADCC-GARCH. Essa abordagem fornece o desempenho de um portfólio ideal construído com base em previsões de retorno e volatilidade variáveis no tempo. Os resultados obtidos serão comparados com aqueles obtidos de um portfólio igualmente ponderado, também conhecido como portfólio ingênuo.

A partir destes pressupostos e com o intuito de contribuir com estudos sobre as abordagens das relações de risco-retorno em mercados emergentes e, assim identificar possíveis benefícios ao se investir no mercado da América Latina usando retornos variáveis no tempo e previsões de volatilidade a partir de um modelo de Cúpula-ADCC-GARCH, que permita captar

uma melhor entendimento da volatilidade e da relação risco-retorno para investidores e reguladores.

### 3.2 Referencial Teórico

Na busca de otimizar a relação risco-retorno vários modelos foram desenvolvidos para captar a volatilidade e a correlação dos ativos. Markowitz (1952) relacionou retornos esperados com a variância (risco) a partir do coeficiente de correlação dos ativos. Sharpe (1964) expandiu este conceito ao abordar a teoria de precificação dos ativos (CAPM) e acrescentou duas premissas a de plena concordância entre os mercados e o estabelecimento de um valor fixo para a taxa de livre de risco. Black and Scholes (1973) desenvolveram um modelo baseado na precificação das opções em estratégias de negociação estocásticas consistente com o CAPM.

Essas abordagens retratavam as estimativas de volatilidade a partir de um processo determinístico em que não considerava a mudança da volatilidade ao longo do tempo, sendo que diferentes resultados eram estimados ao longo dos períodos e, assim, era mensurada a volatilidade histórica do período analisado. Sendo que estas abordagens não permitem a estimativa de volatilidade dinâmicas, e essas estimativas tem se mostrado inconsistentes com a suposição de volatilidade constante, os modelos de Heterocedasticidade Condicional Auto-Regressiva (ARCH) e suas extensões buscaram preencher essas lacunas (Engle, 2004).

Bollerslev (1986) propôs os modelos ARCH generalizados com o intuito de observar as variâncias condicionais passadas na equação de variância condicional corrente. Segundo Alexander (2001) estes modelos assumem a premissa que os retornos sejam gerados a partir de um processo estocástico com volatilidade variável no tempo e as suas distribuições condicionais mudam ao longo do tempo de um modo autocorrelacionado, a variância condicional é um processo auto-regressivo.

Miralles-Marcelo et al. (2015) abordam que estes modelos se desmembraram em várias especificações GARCH multivariadas para modelar a estrutura de dependência dinâmica de séries temporais e parametrizar a dinamização da covariância condicional que evidenciam prováveis ganhos econômicos que um investidor poderia obter com uma estratégia dinâmica baseada no uso de retornos variáveis no tempo e em previsões de volatilidade. Estudos (Gulay & Emec, 2017; Meric et al., 2016; Miralles-Marcelo et al., 2015; Miralles-Quirós & Miralles-Quirós, 2017) demonstram que a utilização de abordagens que permitem observar as relações não normais e as assimetrias presentes nos dados financeiros tem evidenciado vantagens na previsão da volatilidade e dos retornos e, assim, a identificação de oportunidades de investimento em mercados internacionais.

As modelagens utilizadas para captar o comportamento da volatilidade e dos retornos tem sido retratada através de diferentes abordagens que visam apresentar modelos que sejam aderentes aos dados e os representem, e além disso consigam demonstrar otimizações de portfólios que apresentem ganhos na relação risco-retorno. Assim, uma crescente literatura de modelagem tem sido construída a partir do desenvolvimento que busquem captar melhor estas relações (Miralles-Marcelo et al., 2015).

As características dos dados financeiros não atendem adequadamente as premissas das modelagens previamente propostas devido que estes dados apresentam assimetria, não-normalidade, caudas pesadas, mudanças de comportamento ao longo do tempo, entre outros (Miralles-Quirós & Miralles-Quirós, 2017). Assim, modelagens tem sido desenvolvidas para captar e otimizar os portfólios a partir dessas suposições e estudos (Guidi & Ugur, 2014; Gulay & Emec, 2017; Iquiapaza et al., 2016; Jacobs & Karagozoglu, 2014; Meric et al., 2016; Miralles-Quirós & Miralles-Quirós, 2017) tem demonstrado que modelagens que considerem tais características tem apresentado ganhos em termos de aderência e na relação risco-retorno.

Além disso, as abordagens têm que analisar os mercados em uma estrutura multivariada que permita captar os co-movimentos e as correlações condicionais dinâmicas assimétricas entre os mercados (Kenourgios, Samitas, & Paltalidis, 2011; Samitas & Tsakalos, 2013), e verificar a existência de contágio ou interdependência entre os mercados e em relação a outras fatores, como crise, câmbio, que afetam o comportamento dos mercados (Dimitriou & Kenourgios, 2013; Dimitriou, Kenourgios, & Simos, 2013)

Miralles-Marcelo et al. (2015) utilizando previsões de volatilidade de uma abordagem VAR-DCC multivariada para o câmbio comercial dos fundos mais negociados na Bolsa de Valores de Nova York identificaram oportunidade de investimentos quando se constrói carteiras que incluem uma previsão precisa de retornos esperados e de variância. Miralles-Quirós e Miralles-Quirós (2017) abordam que devido as características não normais, a assimetria dos dados, os co-movimentos, a dependência dos mercados, os efeitos da reação e a persistência da volatilidade ao longo do tempo, a utilização de abordagens que consigam captar estas características pode trazer uma melhora significativa do índice de Sharpe quando comparado às outras abordagens. Assim, a utilização de retornos variáveis no tempo e previsões de volatilidade pode permitir captar um melhor entendimento da volatilidade e da relação risco-retorno para investidores e reguladores.

### 3.3 Metodologia

Nesta seção serão apresentados os modelos GARCH multivariados e a abordagem utilizada. Posteriormente, a metodologia para a construção do portfólio de diversificação será descrita, bem como também o critério empregado para avaliar o desempenho deste portfólio frente às abordagens convencionais. Na última seção se apresenta os dados e o período amostral do estudo.

#### 3.3.1 Método

Este estudo segue os procedimentos utilizados por Miralles-Quirós e Miralles-Quirós (2017) com o intuito de verificar a existência de benéficos na relação risco-retorno no mercado da América Latina usando retornos variáveis no tempo e previsões de volatilidade. Para isso foi estimado uma modelagem multivariada de correlação condicional dinâmica assimétrica com cópulas dos índices da América Latina que considera as características não normais, as estruturas de dependência e a assimetria da volatilidade presente nos dados das séries temporais.

Para estimar este modelo, inicialmente se baseia a abordagem a partir da estimação do modelo GARCH-aDCC em que é realizado em duas etapas. Primeiramente, foi estimado um modelo GARCH para cada série temporal, onde o processo de geração de retorno é abordado como:

$$r_{i,t} = c_i + \sum_{j=1}^5 \alpha_{ij} r_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{i,t} | \Omega_{t-1} \approx N(0, H_t)$$

onde  $r_{i,t}$  são os retornos diários dos índices dos mercados da América Latina,  $c_i$  e  $\alpha_{ij}$  para  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  são os parâmetros a serem estimados,  $H_t$  é uma matriz  $5 \times 5$  de covariâncias variantes no tempo e  $\varepsilon_{i,t}$  é um vetor de termos de erro que é considerado condicionalmente normal com média zero e matriz de variância condicional  $H_t$ . Para cada modelo a variância condicional e os resíduos padronizados devem ser gerados separadamente.

Posteriormente, a matriz de covariância condicional é especificada como:

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (2)$$

onde  $D_t = \text{diag}(\sqrt{h_{i,t}})$  é uma matriz diagonal que contém as volatilidades condicionais variáveis no tempo dos modelos GARCH anteriores e  $R_t$  é uma matriz de correlação  $5 \times 5$  variantes no tempo com elementos diagonais igual a 1, que é especificado como:

$$R_t = (Q_t^*)^{-1} Q_t (Q_t^*)^{-1} \quad (3)$$

onde  $Q_t = \{q_{ijt}\}$  é uma matriz de covariância dos resíduos padronizados denotada como:

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta)\bar{Q} + \alpha(\delta_{t-1}\delta'_{t-1}) + \beta Q_{t-1} \quad (4)$$

onde  $\bar{Q} = E[\delta_t\delta'_t]$  é a matriz de correlação não condicional dos resíduos padronizados e  $Q_t^* = \text{diag}(\sqrt{q_{ijt}})$  é uma matriz diagonal contendo a raiz quadrada da diagonal dos elementos da matriz positiva  $n \times n$  de  $Q_t$ . Finalmente, os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  são escalares não negativos em que  $\alpha + \beta < 1$ .

Portanto, a correlação condicional para um par de mercados  $i$  e  $j$  no tempo  $t$  pode ser definida como:

$$\rho_{ijt} = \frac{q_{ijt}}{\sqrt{q_{ijt}q_{ijt}}} \quad i, j = 1, 2, \dots, 5, \text{ e } i \neq j \quad (5)$$

Sob a hipótese gaussiana, a log-verossimilhança dos estimadores é:

$$L = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (nl \log(2\pi) + 2l \log|D_t| + l \log|R_t| + \delta'_t R_t^{-1} \delta_t) \quad (6)$$

Para incorporar o efeito de alavancagem nas correlações condicionais e, assim, considerar as características das assimetrias em variâncias, covariâncias e correlações condicionais que não levando estas considerações poderia levar a uma especificação incorreta da matriz de variância-covariância condicional, estas características foram acrescentadas da seguinte forma:

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta)\bar{Q} - \gamma\bar{N} + \alpha(\delta_{t-1}\delta'_{t-1}) + \gamma\eta_{t-1}\eta'_{t-1} + \beta Q_{t-1} \quad (7)$$

onde  $\eta_t = I[\delta_t < 0] \odot \delta_t (I[\cdot])$  é uma  $5 \times 1$  função que assume valor 1 se o argumento for verdadeiro e 0 caso contrário enquanto  $\odot$  é o produto de Hadamard e  $\bar{N} = [\eta_t \eta'_t]$ . A definitividade positiva  $Q_t$  é assegurado pela imposição de que  $\alpha + \beta + \lambda\gamma < 1$ , onde  $\gamma$  = valor próprio máximo  $[\bar{Q}^{-1/2} \bar{N} \bar{Q}^{-1/2}]$ .

Assim, o objetivo de implementar as características de assimetria e uma distribuição de cópulas numa estrutura DCC-GARCH tem o intuito de mitigar os problemas decorrentes da especificação do modelo convencional DCC que seriam que os dados financeiros apresentam assimetrias nas variâncias, covariâncias e correlações condicionais que ocasionam má especificação da matriz de variância-covariância e que as distribuições dos resíduos padronizados não seguem uma distribuição normalizada.

### 3.3.2 Portfólio ideal

O objetivo principal deste artigo foi utilizar os retornos e volatilidades previstos da abordagem de Cúpula-ADCC-GARCH para otimizar as carteiras. Assim, propõe-se analisar uma abordagem de otimização que minimiza as variações de portfólio sujeitas a restrições.

A abordagem utilizada corresponde ao procedimento proposto por Markowitz (1952) da estratégia de média-variância que retrata o problema da otimização também sobre a minimização do risco do portfólio e, além disso, acrescenta a restrição de retorno alvo do portfólio, a fórmula para otimizar esta estratégia é a seguinte:

$$\begin{aligned}
 & \text{min } \eta_{w_t} w_t' H_{t+1/t} w_t \\
 & \text{subject to } w_t' E\{R_{t+1}\} \geq R^* \\
 \end{aligned} \tag{8}$$

onde  $R^*$  é o desempenho desejado em relação ao retorno alvo. Como *benchmarking* foi utilizado o portfólio igualmente ponderado, também conhecido como portfólio ingênuo (*naive*), como a estratégia de referência. A utilização deste *benchmarking*, onde todos os ativos da carteira têm o mesmo peso, é justificada de três formas. Em primeiro lugar, este *benchmarking* é fácil de implementar; em segundo lugar, é amplamente utilizado por investidores internacionais; e, finalmente, já ficou provado que supera outras estratégias, conforme retratado por Miralles-Quirós e Miralles-Quirós (2017).

Foi utilizada uma janela móvel de um passo a frente contínua de  $\tau = 1339$  para estimar os parâmetros dos modelos que são usados para gerar os retornos esperados e a matriz de variância condicional, a partir das seguintes restrições na otimização do portfólio:

$$\sum_{i=1}^n w_{i,t} = 1 \tag{10}$$

$w_{i,t}$ , é o peso do ativo  $i$  na composição da carteira no instante  $t$ ;  $n$  é o número de ativos.

### 3.3.3 Avaliação do desempenho

Avaliamos o desempenho da estrutura de otimização baseadas nas abordagens ingênuas e cúpula-ADCC-GARCH ao longo do período de, em termos da relação ao Índice de Sharpe, ISp, conforme Miralles-Quirós e Miralles-Quirós (2017) e Righi e Ceretta (2013). O Índice de Sharpe é definido como o retorno médio dividido pelo desvio padrão da amostra, a utilização da otimização por mínima variância e de um *benchmarking* (dolarização dos índices) permite admitir que todos os ativos já estão ponderados pelo ativo livre de risco:

$$IS_p = \frac{\bar{\mu}_p}{\sigma_p} \quad (10)$$

Portanto verificar na relação risco-retorno com carteira otimizada baseada em cada especificação apresenta o melhor resultado em termos de desempenho.

### 3.3.2 Dados e amostra

A amostragem desde estudo está baseada nos retornos diários dos maiores mercados da América Latina em termos de volume de negociação e valor de mercado, que são os índices dos países: Brasil (IBOV), México (IPYC), Chile (IPSA), Argentina (MERVAL) e Peru (SPBLPGPT). O conjunto de dados abrange o período de 03 de janeiro de 2000 a 29 de dezembro de 2017, o período foi selecionado devido a incluir momentos de estável, baixa e alta volatilidade que podem afetar a estrutura de dependência entre os mercados. Para eliminar a correlação espúria gerada pelos feriados, foram considerados os dados que apresentaram negociação nos mesmos períodos e desconsideradas as datas com feriado em algum dos mercados. Além disso, todos os índices foram considerados em dólar para comparabilidade e mitigar o efeito inflação. Assim, obteve-se a quantidade de 4017 observações para cada índice.

## 3.4 Resultados

Esta seção aborda os resultados deste estudo demonstrando as características dos mercados latino americanos em relação a volatilidade e a previsibilidade dos retornos em relação a otimização de carteiras a partir do método de cópula-ADCC-GARCH em relação a uma estratégia ingênua e de média-variância.

### 3.4.1 Análise descritiva

Para analisar o retorno dos índices dos mercados latino americanos a Tabela 8 apresenta as estatísticas descritivas e testes preliminares dos log-retornos diários no período analisado neste estudo. Ao se verificar a média verifica-se que ao longo do período todos os mercados apresentaram retornos positivos e os índices apresentam desvios da média mais discrepantes que os valores médios, o que indica que durante o período analisado a volatilidade apresentou picos ao longo devido os mercados passarem por distintos períodos em termos de volatilidade, tanto no cenário internacional quanto local, conforme retratado por Trancoso (2014).

Os testes Dickey-Fuller e KPSS rejeitam a hipótese da presença de raízes unitárias para todas as séries de retornos durante o período analisado. Ao verificar a normalidade das series de retornos a assimetria e curtose indicam que as séries são assimétricas e com caudas pesadas,

e a estatística de Jarque-Bera demonstra a rejeição da hipótese nula de normalidade ao nível de significância de 1%, para todas as séries de retorno.

**Tabela 8**  
Estatísticas descritivas

Índices	Média	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Jarque-Bera	ADF	KPSS
IBOV	0,00022	0,02477	-0,08536	10,0914	8421,759***	-59,2910***	0,1332*
IPYC	0,00036	0,01300	-0,32746	11,6117	12484,57***	-56,9206***	0,0771*
IPSA	0,00030	0,01718	-0,04853	9,27730	6596,909***	-49,8941***	0,1621**
MERVAL	0,00026	0,02533	-3,10727	56,7579	490163,3***	-61,5097***	0,0700*
SPBLPGPT	0,00061	0,01586	-0,06778	19,6591	46453,64***	-55,5462***	0,3099*

Nota. O valor p do Teste JB é a probabilidade relativa ao teste de normalidade de Jarque-Bera (segundo este valor p, a hipótese de normalidade é rejeitada para um valor menor que 5%). Os testes ADF e KPSS são, respectivamente, o teste de Augmented de Dickey e Fuller (1981) e Kwiatkowski et al. (1992).

\*\*\*, \*\*, \* nível de significância de 1, 5 e 10%, respectivamente.

Para identificar o comportamento dos retornos em modelagens prévias foi constatado a existência de características nos dados que corroboram com a utilização da metodologia proposta, no caso um modelo Cúpula-ADCC-GARCH. Os resultados da Tabela 9 demonstram a presença de autocorrelação nos retornos dos índices e ao se modelar os índices numa estrutura de autoregressiva de primeira ordem e verificou-se a existência de autocorrelação dos resíduos, e os mesmos foram estatisticamente significativos em todos os índices.

**Tabela 9**  
Diagnóstico dos dados

Índices	Autocorrelação	GARCH Autocorrelação	A-GARCH Autocorrelação	ARCH test
IBOV	0,068***	0,236***	0,234***	237,7884***
IPYC	0,108***	0,289***	0,089***	367,9633***
IPSA	0,234***	0,215***	0,214***	195,2069***
MERVAL	0,030*	0,031*	-0,001	3,753094*
SPBLPGPT	0,130***	0,367***	0,366***	626,6501***

Nota. Os valores da autocorrelação, Autocorrelação GARCH, Autocorrelação A-GARCH retornam respectivamente: 1) correlação de primeira ordem dos retornos; 2) correlação de primeira ordem dos retornos ao quadrado; 3) coeficiente de autocorrelação de primeira ordem entre os retornos negativos e os retornos ao quadrado. O teste dessas medidas é dado pelas estatísticas Q de Ljung e Box. O teste ARCH é um teste do multiplicador de Lagrange (LM) para a heterocedasticidade condicional autorregressiva (ARCH) nos resíduos.

\*\*\*, \*\*, \* nível de significância de 1, 5 e 10%, respectivamente.

Ao se verificar a presença de assimetria em relação aos retornos negativos identificou-se que a mesma foi significativa para todos os índices, exceto para o índice Argentino, demonstrando a existência do efeito alavancagem para os respectivos índices. Além disso, verifica-se a presença do efeito ARCH nos dados, indicando a presença de variância variável ao longo do tempo nos resíduos, a presença de heterocedasticidade. Os resultados demonstram que os dados apresentam um processo estocástico com volatilidade variável no tempo e as suas distribuições condicionais mudam ao longo do tempo de um modo autocorrelacionado e apresentam assimetria.

### 3.4.2 Análise dos resultados

Conforme retratado na metodologia foram estimados os parâmetros para as modelagens de estimação DCC-GARCH e Cópula-DCC-GARCH, a partir dos critérios de informação de Akaike (AIC) e bayesiano (BIC). A Tabela 10 apresenta a estimação de diversos modelos multivariados contendo distintas especificações na modelagem, como os modelos DCC e ADCC seguindo as distribuições normal e *t-student* e, consequentemente, os modelos com distribuição de cópulas e com estrutura vetorial na modelagem univariada. Os resultados demonstram que em relação aos critérios de informação AIC e BIC e a significância dos parâmetros o modelo proposto por este estudo apresenta o melhor ajuste.

**Tabela 10**

Parâmetros e critérios de informação dos modelos DCC-GARCH e Cópula-ADCC-GARCH

	DCC_N	ADCC_N	DCC_T	ADCC_T	DCC_COP	ADCC_COP
$\alpha$	0,013573***	0,012761***	0,012512***	0,012207***	0,012156***	0,010868***
$\beta$	0,981190***	0,980444***	0,982081***	0,981639	0,983917***	0,982527***
$\gamma$		0,002753*		0,001306		0,005602***
AIC	-30,505	-30,506	-30,813	-30,812	-30,852	-30,856
BIC	-30,439	-30,438	-30,745	-30,744	-30,815	-30,818

Nota. Esta tabela reporta as estimativas dos modelos multivariados. DCC\_N: Correlação Condicional Dinâmica com distribuição Normal; ADCC\_N: Assimétrica Correlação Condicional Dinâmica com distribuição Normal; DCC\_T: Correlação Condicional Dinâmica com distribuição *t-student*; ADCC\_T: Assimétrica Correlação Condicional Dinâmica com distribuição *t-student*; DCC\_COP: Correlação Condicional Dinâmica com distribuição de cópulas; ADCC\_COP: Correlação Condicional Dinâmica com distribuição de cópulas.  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são os parâmetros dos modelos multivariados. AIC e BIC correspondem, respectivamente, aos critérios de informação de Akaike e Bayesiano.

\*\*\*, \*\*, \* nível de significância de 1, 5 e 10%, respectivamente.

Ao se analisar pelos critérios de informação verifica-se que o modelo Cópula-ADCC-GARCH demonstra a menor perda de informação ao longo da estimação dos modelos devido

apresentar os menores valores em termos de AIC e BIC. Em relação a significância dos parâmetros identificou-se que a modelagem proposta é que melhor consegue captar o efeito assimetria, sendo que nos parâmetros, reação e persistência, os resultados foram significantes em todos os modelos.

**Tabela 11**  
Estimativas dos parâmetros do modelo de Cúpula-ADCC-GARCH

	IBOV	IPYC	IPSA	MERVAL	SPBLPGPT
Painel A: Parâmetros equação da média					
$\mu$	0,000423 (0,000297)	0,000481** (0,000216)	0,000346 (0,000166)	0,000977*** (0,000356)	0,000508** (0,000231)
$R_{ibov,t-1}$	0,00742 (0,022543)	0,007881 (0,016423)	0,018920 (0,012598)	0,007326 (0,027047)	0,068868*** (0,017552)
$R_{ipyc,t-1}$	0,083257*** (0,029588)	0,101857*** (0,021555)	0,050833*** (0,016537)	0,125420*** (0,035499)	0,050505** (0,023038)
$R_{ipsat,t-1}$	-0,060765* (0,035389)	-0,027851 (0,025781)	0,115602*** (0,019779)	-0,086864** (0,042459)	-0,048778* (0,027554)
$R_{merval,t-1}$	-0,026132* (0,015822)	0,004921 (0,011526)	-0,001019 (0,008843)	0,018928 (0,018983)	0,005885 (0,012319)
$R_{spblpgpt,t-1}$	-0,041414* (0,023452)	-0,052064*** (0,017085)	-0,039608*** (0,013107)	-0,030412 (0,028137)	0,086720*** (0,018260)
Painel B: Parâmetros GARCH					
$\Omega$	0,000005 (0,000003)	0,000002 (0,000003)	0,000004*** (0,000002)	0,000013* (0,000006)	0,000005 (0,000003)
$\varepsilon_{i,t-1}^2$	0,059873*** (0,007951)	0,082361*** (0,029523)	0,118495*** (0,010626)	0,097903*** (0,023846)	0,152173*** (0,037356)
$h_{i,t-1}^2$	0,924518*** (0,011385)	0,911096*** (0,029899)	0,845387*** (0,015535)	0,881225*** (0,010125)	0,826029*** (0,026521)
Painel C: Parâmetros Cúpula-ADCC					
$\alpha$	0,010868*** (0,001366)				
$\beta$		0,982527*** (0,002792)			
$\gamma$			0,005602*** (0,001804)		

Nota. Esta tabela reporta as estimativas dos modelos DCC-GARCH e Cúpula-ADCC-GARCH. Painel A mostra as equações da média. O painel B mostra as equações da variância. O painel C relata os parâmetros do modelo multivariado. AIC e BIC correspondem, respectivamente, aos critérios de informação de Akaike e Bayesiano. Entre parênteses erro padrão.

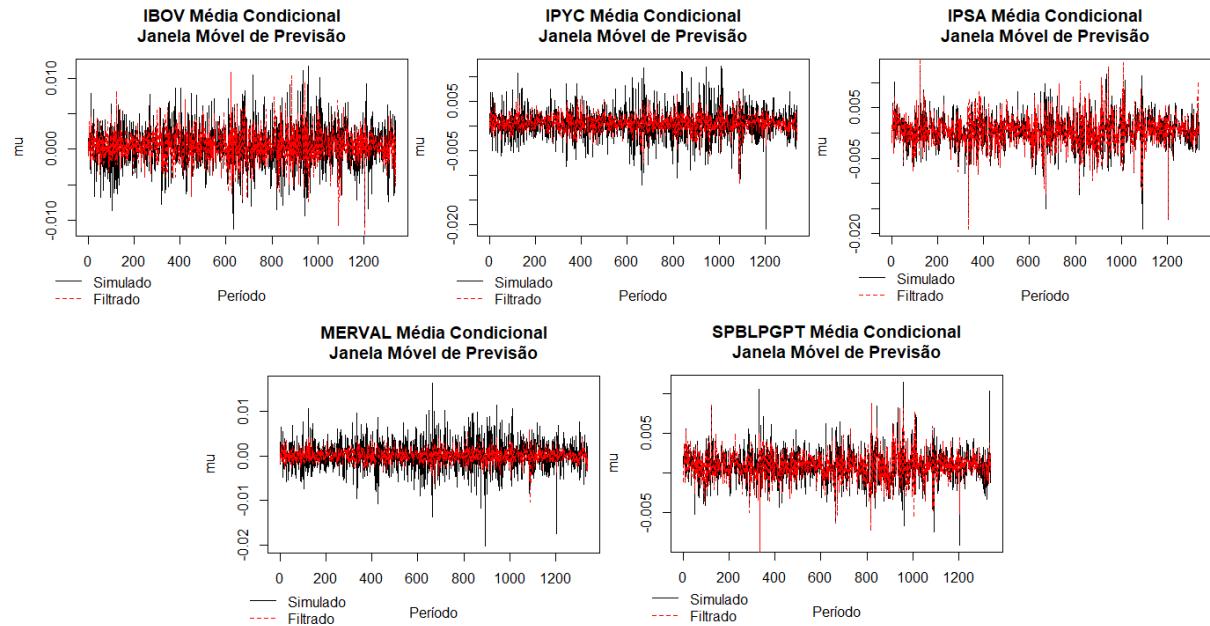
\*\*\*, \*\*, \* nível de significância de 1, 5 e 10%, respectivamente.

A Tabela 11 demonstra os parâmetros da modelagem de cópula-ADCC-GARCH, que seguiu os procedimentos de Miralles-Quirós e Miralles-Quirós (2017), e os resultados indicaram que uma estrutura parcimoniosa de um modelo autoregressivo vetorial (VAR) de primeira ordem teve o melhor ajustamento na estimação do modelo univariado de cada índice na equação da média, em que o mesmo capta os efeitos defasados sobre cada índice. Consequentemente, na equação da variância também foi identificado o melhor ajuste de estrutura parcimoniosa de primeira ordem para ambos os parâmetros. Além disso, a distribuição das modelagens univariadas seguiram uma distribuição *t-student* devido as características de caudas pesadas demonstradas na análise descritiva.

Estimamos os dados com uma janela móvel de 1339 observações, correspondente a um terço da amostra total, a partir da modelagem de cópula-ADCC-GARCH para verificar o comportamento dos retornos e da volatilidade em relação aos valores realizados no mesmo período. As figuras 6 e 7 apresentam os resultados destas análises e verifica-se de forma geral que os resultados simulados a partir da modelagem proposta apresentam boa aderência em relação aos valores realizados.

**Figura 6**

Gráfico comparativo dos retornos realizados com os simulados

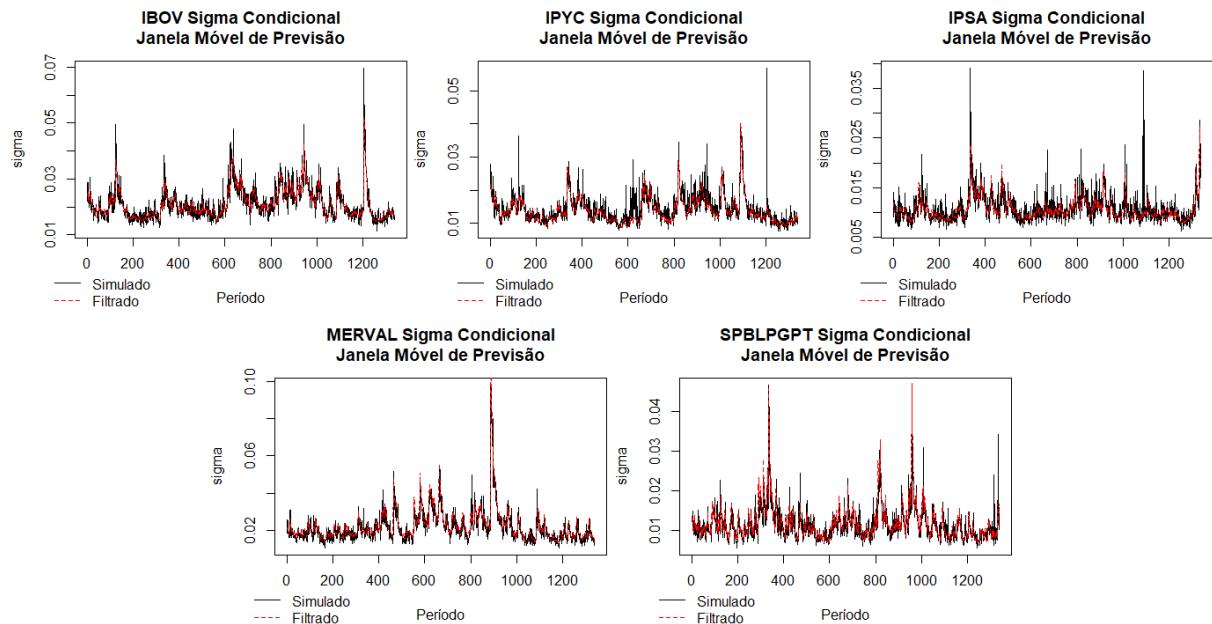


Ao se analisar os retornos, na Figura 6, verificamos que o comportamento do mercado Argentino demonstrou maiores ruídos que os valores realizados, indicando que o período anterior a simulação os dados devem ter apresentado maior volatilidade e isto ter influenciado

e superestimado os desvios dos valores previstos. Os demais mercados apresentaram desvios mais pontuais indicando que aparentemente mudanças súbitas nestes mercados não foram bem captadas pelo modelo proposto.

**Figura 7**

Gráfico comparativo da volatilidade realizada com a simulada



A análise da volatilidade referente a Figura 7, corrobora os achados, anteriormente, demonstrados em relação aos retornos, indicando que certos picos de volatilidade foram em certos mercados e momentos superestimados e/ou subestimados, mas apresentam de forma geral uma boa aderência nas previsões. Estes resultados demonstram que o modelo proposto apresenta uma boa previsão dos mercados em termos de risco e retorno em uma análise fora da amostra.

Na Tabela 12 apresentamos os pesos das estratégias utilizadas para verificar o desempenho da modelagem proposta em relação a estratégia ingênua e a de média-variância. Ao se analisar os pesos da estratégia verifica-se um agrupamento da otimização em dois índices, o chileno (IPSA) e o peruano (SPBLPGPT), demonstrando que estes índices ao se construir um portfólio baseado na relação risco-retorno da estimação proposta sobre o período histórico, apresentaram serem os índices que otimizam melhor esta relação em detrimento aos demais índices no período analisado e, consequentemente, simulado.

**Tabela 12**  
Pesos dos portfólios

Índices	IBOV	IPYC	IPSA	MERVAL	SPBLPGPT
Ingênuo	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%
Média-Variância	0,00%	0,00%	72,14%	0,00%	27,86%

Nota: Esta tabela reporta os pesos das carteiras para a estratégia ingênua (igualmente ponderada) e os obtidos da solução dos problemas de otimização, nos quais as previsões de volatilidade e retornos variáveis no tempo da modelagem de cópula ADCC-GARCH.

Analisamos as abordagens em termos de otimização de portfólios a partir de uma análise fora da amostra para verificar o desempenho da abordagem de cópula-ADCC-GARCH na otimização de portfólios pelas estratégias de Média-Variância e ingênua. A tabela 13 apresenta a análise dos resultados da otimização do portfólio proveniente do modelo proposto e demonstra uma melhor relação risco-retorno ao se seguir a abordagem de média de variância, devido a um maior de Índice de Sharpe em relação aos demais portfólios.

**Tabela 13**  
Análise de desempenho dos portfólios otimizados fora da amostra

Portfólios	Retorno	Desvio-Padrão	Índice de Sharpe
Ingênuo	0,0004	0,0030	0,1438
Cópula-ADCC-GARCH	0,0009	0,0020	0,4210

Nota: Esta tabela reporta a avaliação de desempenho fora da amostra das carteiras propostas com base na média, o desvio padrão e o índice de Sharpe.

Os resultados demonstram que ao se buscar uma estratégia que busque otimizar a relação de menor variância (risco) e atrelar ganho em termos de retorno sobre um *benchmarking*, no caso superar a estratégia ingênua, o investidor pode obter ganhos em uma estimativa multivariada com distribuições em cópulas, corroborando com estudos que identificam prováveis benefícios ao se utilizar de modelos que captam características não consideradas por outros modelos e por estratégias ingênuas (e.g., Iquiapaza et al., 2016; Miralles-Marcelo et al., 2015; Miralles-Quirós & Miralles-Quirós, 2017; Panda & Nanda, 2018).

### 3.5 Considerações Finais

Este estudo teve como objetivo verificar a existência de benefícios na relação risco-retorno no mercado da América Latina usando retornos variáveis no tempo e previsões de volatilidade, a partir de um modelo de Cúpula-ADCC-GARCH, considerando o período amostral de 03 de janeiro 2000 a 28 de dezembro de 2017. Para verificar o comportamento dos mercados em uma estrutura multivariada utilizou-se de uma modelagem de correlação condicional dinâmica variante no tempo, assimétrica e com distribuição em cópulas para construir um portfólio otimizado, com o propósito de se comparar seu desempenho a uma estratégia ingênua de portfólio.

Ao se analisar pelos critérios de informação verifica-se que o modelo Cúpula-ADCC-GARCH demonstra a menor perda de informação ao longo da estimação do modelo devido apresentar os menores valores em termos de AIC e BIC. Em relação a significância dos parâmetros identificou-se que a modelagem proposta é que melhor consegue captar o efeito assimetria, sendo que os parâmetros, reação e persistência, os resultados foram significantes em todos os modelos. Ao se verificar o comportamento previsto dos retornos e da volatilidade a partir da modelagem proposta em termos de aderência aos valores realizados, os resultados demonstram que o modelo proposto apresenta uma boa previsão dos mercados em termos de risco e retorno em uma análise fora da amostra.

Os resultados demonstram que ao se buscar uma estratégia fora da amostra que busque otimizar a relação de menor variância (risco) e atrelar ganho em termos de retorno sobre um *benchmarking*, no caso superar a estratégia ingênua, o investidor pode obter ganhos em uma estimação multivariada com distribuições em cópulas, corroborando com estudos que identificam prováveis benefícios ao se utilizar de modelos que captam características não consideradas por outros modelos e por outras estratégias, como ingênuas.

Este estudo demonstrou que ao se considerar aspectos do mercado financeiro que estavam sendo negligenciados para a construção de portfólios pode-se obter ganhos na relação risco-retorno e se consegue verificar padrões existentes nos mercados, o que traz benefícios para investidores e reguladores. As limitações deste estudo se encontram na não utilização de uma estratégia de escolha de índices baseada em procedimentos metodológicos e sobre o período amostral que não comprehende todas as singularidades dos mercados.

## CÁPITULO 4: CONCLUSÕES

A relação entre risco e retorno tem sido o cerne das pesquisas em gerenciamento de riscos desde a Teoria Moderna do Portfólio de Markowitz (1952). E ao longo do tempo uma literatura tem se desenvolvido para entender o comportamento do mercado sobre a transmissão dos retornos, verificar os seus movimentos e o que os influencia e, além disso, quantificar estas relações de forma sistemática para que tanto investidores e reguladores possam usufruir destas informações para o desenvolvimento do mercado de capitais (ver e.g., Baumöhl & Lyócsa, 2014; Miralles-Quirós & Miralles-Quirós, 2017; Mokni & Mansouri, 2017). Assim, investidores e pesquisadores estão interessados em quantificar a extensão destes movimentos no mercado de ações para compreender a estrutura de dependência dos mercados e verificar a existência de oportunidades de diversificação a partir de modelos de volatilidade.

Portanto, o comportamento da volatilidade é um fator fundamental para o gerenciamento de riscos para muitos assuntos econômicos no mundo devido desempenhar um papel relevante no processo de tomada de decisão de um investidor. A volatilidade não é apenas uma grande preocupação para os investidores, mas também para os decisores políticos e os reguladores que estão interessados no efeito da volatilidade na estabilidade dos mercados financeiros em particular e em toda a economia em geral (Falat et al., 2015).

No capítulo 2 foi analisado a estrutura de dependência entre os mercados latino americanos a partir de cópulas com o intuito de identificar o comportamento da estrutura da volatilidade dos mercados em termos de caudas, a partir da teoria do valor extremo com o uso de cópulas. Para tanto, foi analisado os índices oficiais de cinco mercados da América Latina, no caso Brasil, México, Chile, Argentina e Peru, medidos em dólar para mitigar o efeito inflação e para efeito de comparabilidade durante o período de 03 de janeiro 2000 a 28 de dezembro de 2017.

Nossos resultados identificaram que a cópula mais apropriada para modelar a estrutura de dependência dos mercados foi a simetrizada Joe Clayton com parâmetros variáveis no tempo ao se analisar os conceitos econometríticos de *log-likelihood* (LL), critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação bayesiana (BIC). Conforme Patton Andrew (2006), essa cópula apresenta dependência assimétrica nas caudas, o que demonstra que a estrutura de dependência entre os índices varia para os períodos de retornos positivos (cauda superior) e negativos (cauda inferior) e existe também comportamento distinto nas caudas da volatilidade dos retornos.

Os resultados sustentam a evidência de relação econômico-financeira entre os países que evidenciou a existência de maior estrutura da dependência dos índices do Brasil e México em relação aos demais, indicando que estes países têm influência nos mercados da América Latina e as mudanças das suas estruturas de volatilidade tanto em períodos de alta e baixa que afeta a estrutura da dependência dos demais mercados. A estrutura da volatilidade da dependência apresentou ser maior nos retornos positivos (cauda superior) do que nos negativos (cauda inferior), o que pode indicar que os mercados latino americanos no período analisado apresentavam vantagens de diversificação durante períodos de baixa (crise) devido a menor volatilidade da dependência entre os mercados latino americanos. Assim, os resultados são potencialmente de interesse de pesquisadores, reguladores e investidores com o objetivo de buscar a diversificação internacional em momentos de crise.

Na análise de robustez dos resultados dividiu-se a amostra em diferentes períodos para evidenciar se a relação apresentava consistência ao se considerar períodos de maior volatilidade (crise) e menor volatilidade (não crise) no cenário internacional. Os resultados da estimação dos parâmetros das cópulas para os diferentes períodos corroboraram, de forma geral, os resultados anteriores sobre a maior dependência dos mercados na cauda inferior, ou seja, nos retornos negativos. Além disso, os resultados evidenciam que existe uma maior aproximação de forma generalizada, para os mercados da América Latina em períodos de crises globais, no caso a crise do *subprime* do que em outros momentos. O que pode evidenciar que estes mercados são afetados por estes movimentos macroeconômicos fazendo que as relações entre os mesmos se intensificassem e estes se aproximassem devido ou a menor influência de outras economias e/ou consequentemente aumento da relação nos mercados latino americanos.

O capítulo 3 teve como objetivo verificar a existência de benefícios na relação risco-retorno no mercado da América Latina usando retornos variáveis no tempo e previsões de volatilidade a partir de um modelo de Cúpula-ADCC-GARCH e considerou o período amostral de 03 de janeiro 2000 a 28 de dezembro de 2017. Para verificar o comportamento dos mercados em estrutura multivariada utilizamos de uma modelagem de correlação condicional dinâmica variante no tempo, assimétrica e com distribuição em cópulas para construir um portfólio otimizado e comparar seu desempenho a uma estratégia ingênua de portfólio.

Ao se analisar pelos critérios de informação verifica-se que o modelo Cúpula-ADCC-GARCH demonstra a menor perda de informação ao longo da estimação do modelo devido apresentar os menores valores em termos de AIC e BIC. Em relação a significância dos parâmetros identificamos que a modelagem proposta é que melhor consegue captar o efeito assimetria, sendo que os parâmetros, reação e persistência, os resultados foram significantes em

todos os modelos. Ao se verificar o comportamento previsto dos retornos e da volatilidade a partir da modelagem proposta em termos de aderência aos valores realizados, os resultados demonstram que o modelo proposto apresenta uma boa previsão dos mercados em termos de risco e retorno em uma análise fora da amostra

Os resultados demonstram que ao se utilizar uma estratégia que busque otimizar fora da amostra a relação de menor variância (risco) e atrelar ganho em termos de retorno sobre um *benchmarking*, no caso superar a estratégia ingênua, verificou-se que o investidor pode obter ganhos em uma estimativa multivariada assimétrica com distribuições em cópulas. Este estudo demonstrou que ao se considerar aspectos do mercado financeiro que estavam sendo negligenciados para a construção de portfólios podemos obter ganhos na relação risco-retorno e verificar padrões existentes nos mercados, o que poderia trazer benefícios para investidores e reguladores.

A relevância deste estudo se encontra devido a integração das economias as oportunidades de investimento em mercados internacionais têm se tornado limitadas sobre a diversificação do risco devido a existência de vínculos entre as economias. Assim, verificar a estrutura de dependência destes movimentos e o desenvolvimento de abordagens que consigam captar as características não-normais dos mercados internacionais têm sido algo de crucial atenção dos pesquisadores e, principalmente, de reguladores e investidores; para estes é crucial para o gerenciamento de riscos e alocação de ativos; e para os reguladores é importante devido a implementação de políticas macroeconômicas, de práticas de governança, entre outras para mitigar o impacto dos riscos nos mercados. Portanto, entender estas características pode permitir a identificação prováveis benefícios da diversificação internacional e de melhor regulação dos mercados.

Como contribuições desta dissertação, em relação a análise da volatilidade na América Latina sobre a perspectiva sobre as estruturas de dependências e otimização de carteiras, destacam-se: (a) entender o comportamento dos mercados Latino Americanos em diversos momentos e como estes se influenciam em termos de transbordamento da volatilidade; (b) a constatação de maior proximidade dos mercados em períodos de crise e comportamento distinto nas caudas inferiores e superiores, e sobre os fatores cambiais e temporais; (c) modelagens que consideram as características não-normais e assimétricas do mercado financeiro apresentam melhores resultados em termos de menor perda de informação e na identificação de assimetrias, no ajustamento e aderência em relação aos valores realizados e na relação risco-retorno; (d) investidores e reguladores podem utilizar tais informações presentes nestes modelos para a construção de carteiras e melhor entendimento dos mercados.

## REFERÊNCIAS

- Ahnert, T., & Bertsch, C. (2015). *A Wake-up Call Theory Of Contagion*. *Sveriges Riksbank Working Paper Series No. 294*.
- Alexander, C. (2001). *Market Models: A Guide to Financial Data Analysis*. John Wiley & Sons.
- Aloui, R., Aïssa, M. S. Ben, & Nguyen, D. K. (2011). Global financial crisis, extreme interdependences, and contagion effects: The role of economic structure? *Journal of Banking & Finance*, 35(1), 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2010.07.021>
- Arouri, M. E. H., Bellalah, M., & Nguyen, D. K. (2010). The comovements in international stock markets: New evidence from latin american emerging countries. *Applied Economics Letters*, 17(13), 1323–1328. <https://doi.org/10.1080/13504850902967449>
- Baumöhl, E., & Lyócsa, Š. (2014). Volatility and dynamic conditional correlations of worldwide emerging and frontier markets. *Economic Modelling*, 38, 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.12.022>
- Bergmann, D. R., Securato, J. R., Savoia, J. R. F., & Contani, E. A. do R. (2015). U.S. subprime financial crisis contagion on BRIC and European Union stock markets. *Revista de Administração*, 50(2), 229–240. <https://doi.org/10.5700/rausp1196>
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *The Journal of Political Economy*, 81(3), 637–654. <https://doi.org/10.1086/260062>
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, 307–327. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- Bouchet, M., Clark, E., & Groslambert, B. (2003). *Country Risk Assessment: A guide to global investment strategy*. John Wiley & Sons.
- Broto, C., Díaz-Cassou, J., & Erce, A. (2011). Measuring and explaining the volatility of capital flows to emerging countries. *Journal of Banking & Finance*, 35(8), 1941–1953. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2011.01.004>
- Cabrera, G., Coronado, S., Rojas, O., & Venegas-Martínez, F. (2017). Synchronization and Changes in Volatilities in the Latin American'S Stock Exchange Markets. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 114(1), 113–132. <https://doi.org/10.12732/ijpam.v114i1.10>
- Cherubini, U., Luciano, E., & Vecchiato, W. (2012). *Copula Methods in Finance*. John Wiley & Sons.
- Corsetti, G., Pericoli, M., & Sbracia, M. (2005). ‘Some contagion, some interdependence’: More pitfalls in tests of financial contagion. *Journal of International Money and Finance*, 24(8), 1177–1199. <https://doi.org/10.1016/j.jimfin.2005.08.012>
- Dimitriou, D., & Kenourgios, D. (2013). Financial crises and dynamic linkages among international currencies. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 26(1), 319–332. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2013.07.008>
- Dimitriou, D., Kenourgios, D., & Simos, T. (2013). Global financial crisis and emerging stock market contagion: A multivariate FIAPARCH-DCC approach. *International Review of*

*Financial Analysis*, 30, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2013.05.008>

Dufrénot, G., Mignon, V., & Péguin-Feissolle, A. (2011). The effects of the subprime crisis on the Latin American financial markets: An empirical assessment. *Economic Modelling*, 28(5), 2342–2357. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2011.04.012>

Endo, T., Watanabe, T., & Yamamoto, A. (2015). Confidence interval estimation by bootstrap method for uncertainty quantification using random sampling method. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 52(7–8), 993–999. <https://doi.org/10.1080/00223131.2015.1034216>

Engle, R. (2004). Risk and Volatility: Econometric Models and Financial Practice. *The American Economic Review*, 94(3), 405–420. <https://doi.org/10.1257/0002828041464597>

Falat, L., Stanikova, Z., Durisova, M., Holkova, B., & Potkanova, T. (2015). Application of Neural Network Models in Modelling Economic Time Series with Non-constant Volatility. *Procedia Economics and Finance*, 34, 600–607. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01674-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01674-3)

Fermanian, J. D., & Wegkamp, M. H. (2012). Time-dependent copulas. *Journal of Multivariate Analysis*, 110, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2012.02.018>

Forbes, K. J., & Rigobon, R. (2002). No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Market Comovements. *The Journal of Finance*, 57(5), 2223–2261. <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00494>

Gamba-Santamaria, S., Gomez-Gonzalez, J. E., Hurtado-Guarin, J. L., & Melo-Velandia, L. F. (2017). Stock market volatility spillovers: Evidence for Latin America. *Finance Research Letters*, 20, 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.10.001>

Guidi, F., & Ugur, M. (2014). An analysis of South-Eastern European stock markets: Evidence on cointegration and portfolio diversification benefits. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 30(1), 119–136. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2014.01.007>

Gulay, E., & Emec, H. (2017). Comparison of forecasting performances: Does normalization and variance stabilization method beat GARCH(1,1)-type models? Empirical evidence from the stock markets. *Journal of Forecasting*, 1–18.

Hemche, O., Jawadi, F., Maliki, S. B., & Cheffou, A. I. (2016). On the study of contagion in the context of the subprime crisis: A dynamic conditional correlation-multivariate GARCH approach. *Economic Modelling*, 52, 292–299. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.09.004>

Hobæk Haff, I. (2012). Comparison of estimators for pair-copula constructions. *Journal of Multivariate Analysis*, 110, 91–105. <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2011.08.013>

Hsing, B. Y., & Alford, M. (2016). Impacts of Peso Depreciation and Changes in Other Business and Economic Variables on Aggregate Output in Argentina. *Global Journal of Management and Business Research*, 16(7).

Hunter, D. M. (2006). The evolution of stock market integration in the post-liberalization period - A look at Latin America. *Journal of International Money and Finance*, 25(5), 795–826. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2006.06.001>

- Hwang, J.-K. (2014). Spillover Effects of the 2008 Financial Crisis in Latin America Stock Markets. *International Advances in Economic Research*, 20(3), 311–324. <https://doi.org/10.1007/s11294-014-9472-1>
- Iquiapaza, R. A., Vaz, G. F. C., & Borges, S. L. (2016). PORTFOLIO EVALUATION OF VOLATILITY TIMING AND REWARD TO RISK TIMING INVESTMENT STRATEGIES: THE BRAZILIAN CASE. *Revista de Finanças Aplicadas*, 7(2), 1–19.
- Jacobs, M., & Karagozoglu, A. K. (2014). On the characteristics of dynamic correlations between asset pairs. *Research in International Business and Finance*, 32, 60–82. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2014.03.004>
- Kaminsky, G. L., & Reinhart, C. M. (2000). On crises, contagion, and confusion. *Journal of International Economics*, 51(1), 145–168. [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(99\)00040-9](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(99)00040-9)
- Kenourgios, D., Samitas, A., & Paltalidis, N. (2011). Financial crises and stock market contagion in a multivariate time-varying asymmetric framework. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 21(1), 92–106. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2010.08.005>
- Lee, T. H., & Long, X. (2009). Copula-based multivariate GARCH model with uncorrelated dependent errors. *Journal of Econometrics*, 150(2), 207–218. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2008.12.008>
- Longin, F., & Solnik, B. (2001). Extreme Correlation of International Equity Markets. *The Journal of Finance*, 56(2), 649–676. <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00340>
- Longstaff, F. A. (2010). The subprime credit crisis and contagion in financial markets. *Journal of Financial Economics*, 97(3), 436–450. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2010.01.002>
- Lyócsa, Š., Výrost, T., & Baumöhl, E. (2017). Return spillovers around the globe: A network approach. *Economic Modelling*, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.11.003>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91.
- Meric, G., Taga, L., Kim, J., & Meric, I. (2016). Co-Movements of Latin American Equity Markets with the World's Other Equity Markets: Global Portfolio Diversification Implications. *Journal of Accounting and Finance*, 16(4), 126–135.
- Miralles-Marcelo, J. L., Miralles-Quirós, M. del M., & Miralles-Quirós, J. L. (2015). Improving international diversification benefits for US investors. *North American Journal of Economics and Finance*, 32, 64–76. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2015.01.005>
- Miralles-Quirós, J. L., & Miralles-Quirós, M. del M. (2017). The Copula ADCC-GARCH model can help PIIGS to fly. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 50, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2017.08.013>
- Mobarek, A., Muradoglu, G., Mollah, S., & Hou, A. J. (2016). Determinants of time varying co-movements among international stock markets during crisis and non-crisis periods. *Journal of Financial Stability*, 24, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2016.03.003>
- Mokni, K., & Mansouri, F. (2017). Conditional dependence between international stock markets: A long memory GARCH-copula model approach. *Journal of Multinational Financial Management*, 42, 116–131. <https://doi.org/10.1016/j.mulfin.2017.10.006>

- Panda, A. K., & Nanda, S. (2018). Time-varying synchronization and dynamic conditional correlation among the stock market returns of leading South American economies. *International Journal of Managerial Finance*, 14(2), 245–262. <https://doi.org/10.1108/IJMF-11-2016-0206>
- Patton, A. J. (2012). A review of copula models for economic time series. *Journal of Multivariate Analysis*, 110, 4–18. <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2012.02.021>
- Patton Andrew, J. (2006). Modeling asymmetric exchange rate dependence. *International Economic Review*, 47(2), 527–556. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2006.00387.x>
- Perobelli, F. F. C., Vidal, T. L., & Securato, J. R. (2013). Avaliando o efeito contágio entre economias durante crises financeiras. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 43(3), 557–594. <https://doi.org/10.1590/S0101-41612013000300005>
- Righi, M. B.; Ceretta, P. S. (2013). Global Risk Evolution and Diversification : A Copula-DCC-GARCH Model Approach. *Rev. Bras. Finanças, Rio De Janeiro*, 10(4), 529–550.
- Rivieccio, G., & De Luca, G. (2016). Copula function approaches for the analysis of serial and cross dependence in stock returns. *Finance Research Letters*, 17, 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.01.006>
- Samitas, A., & Tsakalos, I. (2013). How can a small country affect the European economy? The Greek contagion phenomenon. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 25(1), 18–32. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2013.01.005>
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theroy of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425–442.
- Silva, W., Kimura, H., & Sobreiro, V. A. (2017). An analysis of the literature on systemic financial risk: A survey. *Journal of Financial Stability*, 28, 91–114. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2016.12.004>
- Smith, M. S. (2015). Copula modelling of dependence in multivariate time series. *International Journal of Forecasting*, 31(3), 815–833. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2014.04.003>
- Trancoso, T. (2014). Emerging markets in the global economic network: Real(ly) decoupling? *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 395, 499–510. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2013.10.031>
- Verma, R., & Soydemir, G. (2006). Modeling country risk in Latin America: A country beta approach. *Global Finance Journal*, 17(2), 192–213. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2006.05.003>
- World Bank. (2018). Economic outlook for the Latin America and Caribbean region. *Global Economic Prospects January 2018*, 105–156. Retrieved from <http://pubdocs.worldbank.org/en/125721512062602134/Global-Economic-Prospects-Jan-2018-Latin-America-and-Caribbean-analysis.pdf>

## APÊNDICE

**Figura 5**

Preço relativo dos índices (Moeda corrente)



**Tabela 5**Parâmetros das cópulas por *bootstrap* para os subperíodos (Moeda corrente)

Índices	Amostra Total		Pré-Crise		Crise		Pós-Crise	
	Cauda Inferior	Cauda Superior						
IBOV_IPYC	0,4698*	0,3768*	0,3975*	0,3138*	0,6815*	0,6048*	0,4229*	0,3260*
IBOV_IPSA	0,3568*	0,2676*	0,3044*	0,1802*	0,5134*	0,4953*	0,3409*	0,2430*
IBOV_MER	0,4396*	0,3052*	0,3417*	0,2165*	0,6657*	0,5789*	0,4291*	0,3463*
IBOV_SPBL	0,2756*	0,1638*	0,1530*	0,0354*	0,5213*	0,3680*	0,3070*	0,1988*
IPYC_IPSA	0,3588*	0,2732*	0,3059*	0,1459*	0,5611*	0,4599*	0,3310*	0,3093*
IPYC_MER	0,3746*	0,1921*	0,2784*	0,1196*	0,5419*	0,4936*	0,3342*	0,2271*
IPYC_SPBL	0,2733*	0,1617*	0,1811*	0,0566*	0,4757*	0,3715*	0,2908*	0,1801*
IPSA_MER	0,2593*	0,1761*	0,1996*	0,1076*	0,4822*	0,4600*	0,2404*	0,1680*
IPSA_SPBL	0,2432*	0,1459*	0,1156*	0,0723*	0,4940*	0,3014*	0,2499*	0,1643*
MER_SPBL	0,2638*	0,1451*	0,1244*	0,0318*	0,5398*	0,4180*	0,3180*	0,1820*
Observações	4017		1701		442		1874	

Nota. A técnica de *bootstrapping* foi utilizada para identificar os parâmetros e os intervalos de confiança das estruturas de dependência da cópula Simetrizada de Joe-Clayton variante no tempo.

\* nível de significância de 1%.

**Tabela 6**Parâmetros das cópulas por *bootstrap* para diferentes períodos amostrais (EUA dólar)

Índices	Diário		Semanal		Mensal		Trimestral	
	Cauda Inferior	Cauda Superior						
IBOV_IPYC	0,5028*	0,3966*	0,5030*	0,3941*	0,6142*	0,2745*	0,6125*	0,3999*
IBOV_IPSA	0,3330*	0,1915*	0,4503*	0,2987*	0,5449*	0,3507*	0,6960*	0,5666*
IBOV_MER	0,4596*	0,2865*	0,5001*	0,2519*	0,4801*	0,3510*	0,6035*	0,3591*
IBOV_SPBL	0,3053*	0,2258*	0,3437*	0,2349*	0,4277*	0,2664*	0,5790*	0,2672*
IPYC_IPSA	0,3502*	0,2040*	0,4308*	0,3297*	0,5225*	0,2329*	0,6089*	0,4092*
IPYC_MER	0,3621*	0,2135*	0,4030*	0,1864*	0,4237*	0,2695*	0,5952*	0,1404*
IPYC_SPBL	0,3478*	0,1975*	0,3328*	0,2028*	0,3849*	0,2836*	0,4942*	0,2978*
IPSA_MER	0,2272*	0,1024*	0,3197*	0,1382*	0,2676*	0,2550*	0,5696*	0,1179*
IPSA_SPBL	0,2440*	0,1290*	0,3736*	0,2051*	0,4347*	0,1267*	0,4262*	0,4946*
MER_SPBL	0,2630*	0,1465*	0,2892*	0,1520*	0,3112*	0,2209*	0,4183*	0,2100*
Observações	4017		937		216		72	

Nota. A técnica de *bootstrapping* foi utilizada para identificar os parâmetros e os intervalos de confiança das estruturas de dependência da cópula Simetrizada de Joe-Clayton variante no tempo.

\* nível de significância de 1%.

**Tabela 7**Parâmetros das cópulas por *bootstrap* para diferentes períodos amostrais (Moeda corrente)

Índices	Diário		Semanal		Mensal		Trimestral	
	Cauda Inferior	Cauda Superior						
IBOV_IPYC	0,4698*	0,3768*	0,4781*	0,3495*	0,5908*	0,2454*	0,6643*	0,3335*
IBOV_IPSA	0,3568*	0,2676*	0,3773*	0,3015*	0,4062*	0,1659*	0,6146*	0,4238*
IBOV_MER	0,4396*	0,3052*	0,4832*	0,2381*	0,4568*	0,1783*	0,6656*	0,0288*
IBOV_SPBL	0,2756*	0,1638*	0,3047*	0,2106*	0,4181*	0,1135*	0,5783*	0,2717*
IPYC_IPSA	0,3588*	0,2732*	0,3636*	0,3291*	0,3406*	0,2381*	0,4822*	0,4216*
IPYC_MER	0,3746*	0,1921*	0,4016*	0,1891*	0,3544*	0,2282*	0,5330*	0,3945*
IPYC_SPBL	0,2733*	0,1617*	0,2839*	0,1554*	0,3280*	0,2271*	0,5085*	0,3570*
IPSA_MER	0,2593*	0,1761*	0,2839*	0,1554*	0,2822*	0,0533*	0,4880*	0,1369*
IPSA_SPBL	0,2432*	0,1459*	0,3074*	0,1356*	0,2797*	0,1682*	0,4587*	0,4162*
MER_SPBL	0,2638*	0,1451*	0,3069*	0,1277*	0,2851*	0,1997*	0,5851*	0,0010*
Observações	4017		937		216		72	

Nota. A técnica de *bootstrapping* foi utilizada para identificar os parâmetros e os intervalos de confiança das estruturas de dependência da cópula Simetrizada de Joe-Clayton variante no tempo.

\* nível de significância de 1%.