



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Ciências Sociais

Faculdade de Ciências Econômicas

Guilherme Henrique Pontes da Camara

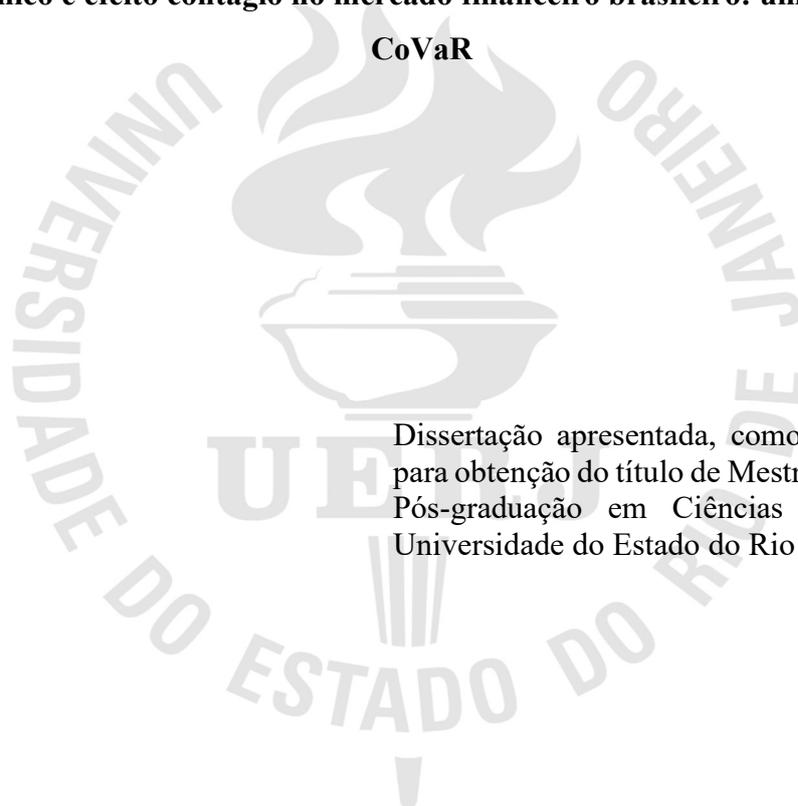
**Risco sistêmico e efeito contágio no mercado financeiro brasileiro: uma
aplicação do CoVaR**

Rio de Janeiro

2017

Guilherme Henrique Pontes da Camara

**Risco sistêmico e efeito contágio no mercado financeiro brasileiro: uma aplicação do
CoVaR**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Econômicas, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Gonçalves da Silva

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CCS/B

C172 Camara, Guilherme Henrique Pontes da.
Risco sistêmico e efeito contágio no mercado financeiro brasileiro: uma aplicação do CoVaR / Guilherme Henrique Pontes da Camara.– 2017.
77 f.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Gonçalves da Silva.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Econômicas.
Bibliografia: f. 61-65.

1. Mercado financeiro – Brasil – Teses. 2. Investimentos – Avaliação de riscos – Teses. 3. Ações (Finanças) – Teses. 4. Economia – Teses. I. Silva, Carlos Alberto Gonçalves da. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Ciências Econômicas. III. Título.

CDU 336.76(81)

Bibliotecária: Luciana Zöhrer CRB7/5643

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Guilherme Henrique Pontes da Camara

**Risco Sistêmico e efeito contágio no mercado financeiro brasileiro: uma abordagem
CoVaR**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Econômicas, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 18 de Agosto de 2017.

Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Gonçalves da Silva
Faculdade de Ciências Econômicas - UERJ

Prof. Dr. Fernando Antônio Lucena Aiube
Faculdade de Ciências Econômicas - UERJ

Prof. Dr. Antonio Marcos Duarte Júnior
IBMEC – Rio

Rio de Janeiro

2017

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Marta e Antônio, pela criação que me deram, e pelo suporte das escolhas que eu fiz na minha vida.

Ao meu orientador, Dr. Carlos Alberto Gonçalves da Silva, pelo esforço, dedicação e empenho em sua disseminação do saber.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas da UERJ pela excelente formação acadêmica que me propuseram.

Aos funcionários da secretaria do Departamento pela aplicação, mesmo em momentos difíceis, em manter as atividades do programa com extrema dedicação.

Agradeço aos amigos de turma, aos quais compartilhei momentos de duras exigências das atividades acadêmicas, e a todos que participaram direta e indiretamente dessa conquista.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“A vida nunca é completa sem seus desafios”.

Stan Lee

RESUMO

CAMARA, G. H. P. *Risco sistêmico e efeito contágio no mercado financeiro brasileiro: Uma aplicação do CoVaR*. 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

O objetivo principal é averiguar a contribuição de empresas de capital aberto do mercado brasileiro ao risco sistêmico por efeito da abordagem CoVaR. A partir disso, é possível, por meio de regressões quantílicas, obter o *value at risk* do sistema condicional pertencente a cada instituição em um momento de *distress* financeiro. Para tal, contudo, realiza-se não apenas uma análise estatística descritiva acerca das séries de retorno correspondentes aos ativos analisados, mas também os testes de presença de raiz unitária e normalidade. Nesse sentido, estende-se o cálculo sistêmico para um exame restrito através a elaboração de uma matriz de efeito contágio, identificando, assim, as empresas que mais contagiam e as que mais são contagiadas diante de um estresse financeiro. Por fim, analisa-se a exposição das empresas a uma grande perda no sistema financeiro. Os resultados obtidos demonstram uma importância sistêmica da estatal Petrobrás e do banco Itaú-Unibanco, bem como a falta de correlação entre o CoVaR e o VaR.

Palavras-chave: Risco Sistêmicos. CoVaR. Efeito Contágio. Sistema Financeiro Brasileiro.

ABSTRACT

CAMARA, G. H. P. *Systemic risk and contagion effect in the Brazilian financial market: An application of CoVaR*. 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

The main objective is to investigate the contribution of publicly traded companies in the Brazilian financial market to the systemic risk with a CoVaR approach. From this, it is possible, through quantile regressions, to obtain the value at risk of the conditional system belonging to each institution at a time of financial distress. For this, however, not only a statistical descriptive analysis is performed on the return series corresponding to the assets analyzed, but also the unit root and normality tests. In this sense, the systemic calculation is extended to a restricted examination through the elaboration of a matrix of contagious effect, identifying, therefore, the companies that most spread and those that are most affected by, in the face of financial stress. Finally, we analyze the exposure of companies to a great loss of the financial system. The results obtained show a systemic importance of state-owned Petrobrás and Itaú-Unibanco, as well as the lack of correlation between CoVaR and VaR.

Keywords: Systemic Risk. CoVaR. Contagion Effect. Brazilian Financial Market.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Financiamento Direto.....	20
Figura 2-	Mediação Financeira.....	21
Figura 3-	Conexão de contágio de PETR4.....	55
Figura 4-	Conexão de contágio de ITUB4.....	56
Figura 5-	ABEV3 (Preços e Retornos)	64
Figura 6-	BBAS3 (Preços e Retornos)	64
Figura 7-	BBDC4 (Preços e Retornos)	65
Figura 8-	CMIG4 (Preços e Retornos)	65
Figura 9-	CSNA3 (Preços e Retornos)	66
Figura 10-	GGBR4 (Preços e Retornos)	66
Figura 11-	GOAU4 (Preços e Retornos)	67
Figura 12-	IBOV (Pontos e Retornos)	67
Figura 13-	ITSA4 (Pontos e Retornos)	68
Figura 14-	ITUB4 (Preços e Retornos)	68
Figura 15-	LAME4 (Preços e Retornos)	69
Figura 16-	PCAR4 (Preços e Retornos)	69
Figura 17-	PETR3 (Preços e Retornos)	70
Figura 18-	PETR4 (Preços e Retornos)	70
Figura 19-	USIM5 (Preços e Retornos)	71
Figura 20-	VALE3 (Preços e Retornos)	71
Figura 21-	VALE5 (Preços e Retornos)	72

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1-	Varição real do PIB contra igual trimestre do ano anterior.....	15
Gráfico 2-	Função de Distribuição Acumulada (FDA).....	38
Gráfico 3-	Função Densidade Probabilidade (FDP).....	38
Quadro 1-	Empresas Seleccionadas.....	44
Gráfico 4-	Relação entre $\Delta CoVaR_{1\%}^{sistema i}$ e $VaR_{1\%}^i$	52
Gráfico 5-	Relação entre $\Delta CoVaR_{5\%}^{sistema i}$ e $VaR_{5\%}^i$	52
Gráfico 6-	Número de Vezes que essas Ações foram negociadas na Bovespa.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Matriz de Efeito Contágio.....	41
Tabela 2-	Varição acumulada dos preços dos ativos.....	46
Tabela 3-	Estatísticas Descritivas	47
Tabela 4-	Testes de Raiz Unitária	49
Tabela 5-	Resultados do Risco individual (VaR) e sistêmico para o mercado financeiro nacional (CoVaR).....	50
Tabela 6-	Exposição ao Contágio.....	57
Tabela 7-	Estimativas dos parâmetros do $CoVaR_{1\%}^{sistemai}$	70
Tabela 8-	Estimativas dos parâmetros do $CoVaR_{5\%}^{sistemai}$	71
Tabela 9-	Matriz de Efeito Contágio (1%).....	79
Tabela 10-	Matriz de Efeito Contágio (5%).....	80

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADF	Dickey Fuller Aumentado
AR	Modelo Autorregressivos
ARM	<i>Adjustable Rate Mortgages</i>
CAViaR	<i>Conditional Autoregressive Value at Risk</i>
CBOE	<i>Chicago Board Options Exchange</i>
CDO	Obrigações de Dívida Colateralizada
CDS	<i>Credit Default Swap</i>
CoVaR	<i>Conditional Value at Risk</i>
FAVARs	Vetores Autorregressivos Aumentados de Fatores
FHLM	<i>Federal Home Loan Mortgage Corporation (Freddie Mac)</i>
FNMA	<i>Federal National Mortgage Association (Fannie Mae)</i>
GARCH	<i>Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity</i>
DCC	<i>Dynamic Conditional Correlation</i>
IFISs	Instituições Financeiras de Importância Sistêmica
JB	Jarque-Bera
KPSS	Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin
LRMES	<i>Long-Run Marginal Expected Shortfall</i>
MES	<i>Expected Shortfall</i>
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
PQs	Projeções Quantílicas Aumentadas de Fatores
RQCP	Regressão Quantílica de Componentes Principais
RQP	Regressão Quantílica Parcial
SCAP	Programa de Avaliação de Capital de Supervisão dos EUA
SDSVaR	<i>State-Dependent Sensitivity Value at Risk</i>
SES	<i>Systemic Expected Shortfall</i>
SRISK	<i>Structural Risk</i>
TARP	<i>Troubled Asset Relief Program</i>
VaR	<i>Value at Risk</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1. Ambiente Financeiro	19
2.2. Crise e Risco	22
2.3. Revisão Empírica	26
3. METODOLOGIA	35
3.1. Testes de Dickey-Fuller Aumentado e Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin	35
3.2. Testes de Normalidade da Série: Jarque-Bera	36
3.3. Value At Risk	37
3.4. Conditional Value at Risk	39
3.4.1. <u>Matriz de Efeito Contágio</u>	40
3.4.2 <u>Exposição ao Contágio</u>	41
3.5. Regressão Quantílica	42
3.6. Dados	43
4. ANALISE DE RESULTADOS	45
4.1. Análises Gráficas e Estatísticas Descritiva	45
4.2. Testes de Raiz Unitária	48
4.3. Risco Individual (VaR)	48
4.4. Risco Sistêmico (CoVaR)	50
4.4.1 <u>Análise Comparativa</u>	51
4.5. Matriz de Efeito Contágio	53
4.6. Exposição ao Contágio	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	60

APÊNDICE A – Preços e Retornos dos Ativos.....	65
APÊNDICE B – Estimativas dos Parâmetros.....	74
APÊNDICE C – Matriz de Efeito Contágio.....	75

INTRODUÇÃO

Considerações Gerais

A incerteza de uma crise resultante das múltiplas razões e de suas consequências, geram questionamentos sobre causas e interações acerca de mecanismos de propagação no tempo e espaço. Esta situação, agravada pela discrepância entre países, decorre não apenas do grau de desenvolvimento institucional, econômico, político, mas também da ausência de mecanismos de coordenação econômica internacional.

As crises financeiras ocorreram com bastante regularidade, sendo registradas não somente durante todos os períodos de tempo para os quais se dispõem de informações, mas em diversas economias – sejam estas desenvolvidas ou emergentes (KINDLEBERGER; ALIBER, 2013). Dessa forma, face as desigualdades pertinentes de cada país e seus mercados financeiros, Dungey, González e Martin (2011) apontam semelhanças entre as crises, como: o padrão de inadimplência da dívida soberana¹; as estratégias de mal sucedidas de gerenciamento de risco²; as interrupções repentinas nos fluxos de capital³; o estouro de bolhas especulativas⁴; inconsistências entre os fundamentos e as configurações de políticas⁵; e uma falta de liquidez⁶.

Crise do *Subprime*

Pondo em perspectiva o colapso financeiro de 2008, é notório sua eclosão após um período global de prosperidade compreendido entre os anos de 2003 a 2007 – situado posteriormente a crises vivenciadas a partir dos anos 80, com as moratórias ocorridas nos países como Brasil, México e Argentina; e dos anos 90, com nos países nórdicos e asiático. Diante da expansão econômica pós-segunda guerra mundial e da pré-crise do *subprime* pelo qual os

¹ Crise russa em agosto de 1998

² Colapso do fundo de *hedge Long Term Term Management* em setembro de 1998

³ Tal qual no Brasil no início de 1999

⁴ Bolha das novas empresas americanas de tecnologia da informação em março de 2000

⁵ Tal como na Argentina em 2001

⁶ Como associado à pressão no mercado de hipotecas *subprime* dos EUA a partir de meados de 2007

Estados Unidos da América vivenciaram, Bernanke (2004), considerando que a estabilidade macroeconômica das últimas duas décadas foi o resultado não apenas do acaso, apesar de estar certo que este foi um dos seus componentes, lembra de que as melhorias na política monetária, apesar de não serem os únicos fatores, foram uma fonte muito importante para o período conhecido como “Grande Moderação”. O período em questão é qualificado por elevadas taxas de crescimento combinadas com baixas taxas de inflação, abundante disponibilidade de crédito e expansão dos fluxos comerciais. Roubini e Mihm (2010) alertam para um outro conjunto de possíveis fatores que forçaram a flexibilidade e adaptaram o sistema econômico: o clima otimista sobre os negócios; desregulamentação financeira; as inovações tecnológicas; e o controle mundial da inflação pela China, além de outras economias emergentes.

A partir de 2006, quando o valor de mercado dos imóveis norte-americanos atinge o extremo positivo, as inadimplências hipotecárias e os pedidos legais de recuperação de empréstimo aumentam consideravelmente – impulsionados por hipotecas de taxas ajustáveis (*Adjustable Rate Mortgages*, ARM), cujo percentual de juros aplicado no saldo pendente varia ao longo da vida do empréstimo –, não surpreendendo o concomitante aumento do custo do seguro de hipoteca em 2007. Em consonância aos movimentos do mercado imobiliário, a contração no volume de novas construções de propriedades levou a uma recessão que se iniciou em janeiro de 2008. Sayad (2015) atenta-nos a singularidade do mercado dos ativos não reproduzíveis, que diferente de outros mercados, estão sujeitos a ataques especulativos de forma distinta, uma vez que os produtos novos são considerados iguais aos usados.

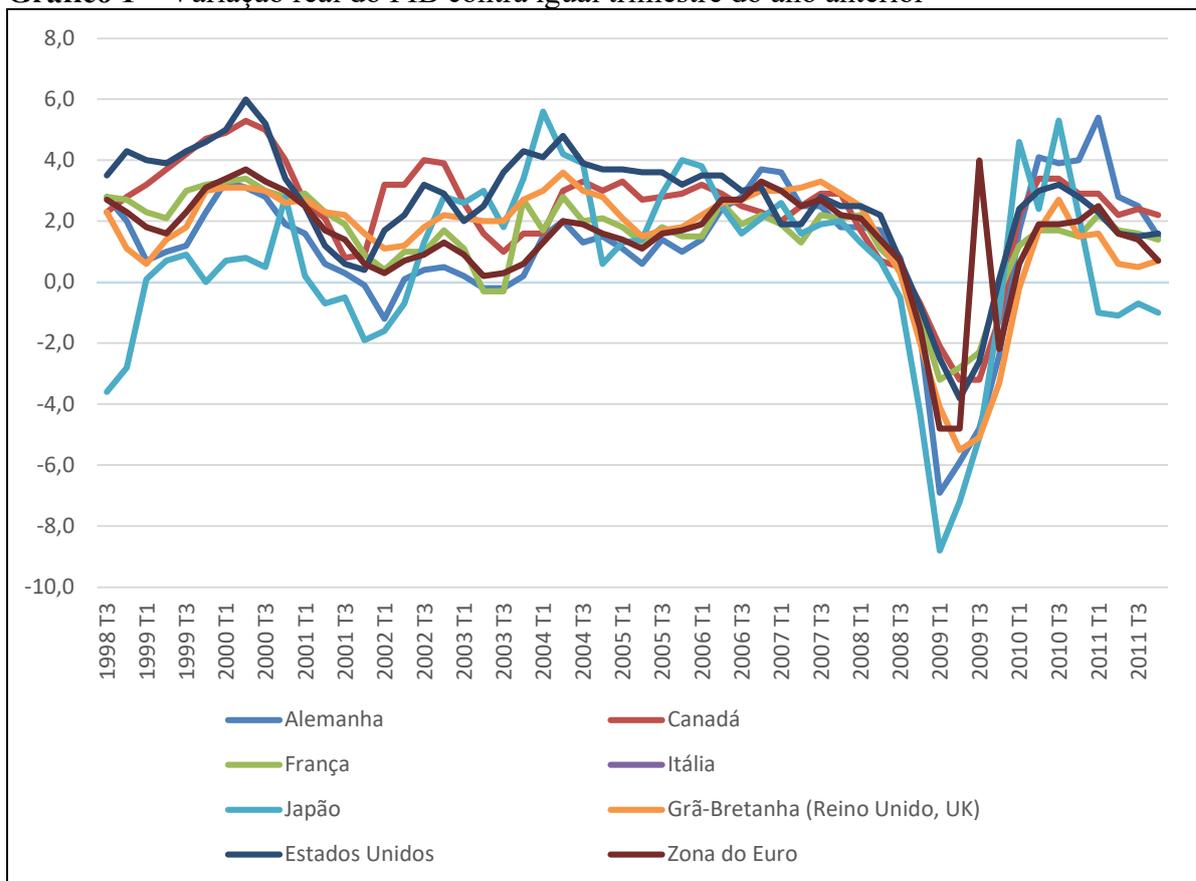
Tendo isso em mente, em março de 2008, o governo estadunidense impediu a falência do maior banco de investimentos do país, o *Bear Stearns*, alvo, e em fevereiro do mesmo ano, de uma corrida bancária que negociava sua venda para o *JPMorgan Chase*. Em 6 de setembro, o governo estatizou as principais empresas de crédito imobiliário, *Federal National Mortgage Association* (*Fannie Mae*) e *Federal Home Loan Mortgage Corporation* (*Freddie Mac*). A falência do quarto maior banco de investimentos dos EUA, o *Lehman Brothers*, em 15 de setembro, culminou em paralizações de linhas de empréstimos e o colapso do mercado interbancário. No Brasil, as pressões externas e a incerteza do cenário financeiro fomentaram a fusão dos bancos Unibanco e Itaú, em 3 de novembro de 2008. O período mais sensível da crise na bolsa brasileira foi em 27 de outubro de 2008, quando o Ibovespa marcou 29.435 pontos. Tendo em vista que em 20 de maio do mesmo ano, o Ibovespa registrara 73.517 pontos, podemos observar uma queda de 149,8% em quase 5 meses.

Para não implodir os sistemas de pagamentos interno e externos, o governo americano disponibilizou crédito público para o suporte a empresas e bancos, protegendo imediatamente

os detentores de títulos e outros credores não segurados pelos bancos. A criação do departamento do tesouro norte americano, *Troubled Asset Relief Program* (TARP), injetou, em outubro de 2008, US\$ 700 bilhões no sistema financeiro como instrumento imediato de combate a crise (BASTOS; TEIXERA, 2015). O maléfico resultado sobre a economia real americana, com as perdas em relação a crise, foi estimado em 14 trilhões de dólares (MELLO; SPOLADOR, 2012).

É notório, assim, que a crise financeira do mercado *subprime* iniciada em 2006, se espalhou para o resto do mundo em 2008, conforme observa-se no Gráfico 1. Essa difusão eleva tal evento ao patamar de uma crise sistêmica de proporções mundiais. Dado o impacto global gerado, ressurgiu o interesse no estudo de crises e na necessidade de se obter medidas capazes de mensurar o risco de ruína do sistema. A crise financeira de 2008, considerada a maior crise desde o *crash* de 1929, expôs não somente como a saúde das empresas dentro de um país estava interligada nesse episódio, mas também a saúde do setor financeiro em outros países.

Gráfico 1 – Variação real do PIB contra igual trimestre do ano anterior



Fonte: O autor, 2017 a partir dos dados do IPEADATA (www.ipeadata.gov.br)

O Rescaldo da Crise

Devido a angustiante situação atribuída ao colapso financeiro de 2008, na qual o fator preponderante foi a precificação incorreta dos fatores de risco, sucederam inúmeras tentativas de avaliação sobre os motivos que levaram os países contagiados a ruína e possíveis soluções, como o estabelecimento de grandes reformas de regulação financeira, para evitar uma crise similar no futuro. Embora tenham havido numerosos estudos sobre as causas e consequências da crise, muitos deles foram realizados antes que os efeitos financeiros e econômicos das respostas governamentais fossem plenamente realizados.

Em decorrência disso, diversas propostas sugeriram reformas no sistema financeiro. Dentre estas: limitar os valores e tipos de ativos que as empresas beneficiárias do seguro de depósito governamental pudessem adquirir; limitar as transações dos bancos em suas próprias contas; realizar mudanças nas transações de derivativos pelos bancos; aumentar os requerimentos de capital dos bancos (“Basileia III”) indexado a composição dos ativos bancários⁷; e, por fim, separar as atividades dos bancos comerciais e de investimentos. Nos EUA, a “Lei de Reforma de *Wall Street*”, conhecida como *Dodd-Frank*⁸, exige que os bancos mantenham mais capital e que o mesmo requerimento se aplique as companhias controladoras dos bancos. A Conferência Internacional da Associação *Western Economic* em Denver, Colorado, em 28 de junho de 2014, lançou-se também como mediadora desse debate, servindo de palco para a exposição de princípios relacionados à crise global que ocorreram em vários países entre 2007 e 2010; incluindo, dentre esses, as causas, os custos e as respostas regulatórias à crise. É possível observar, contudo, que estas propostas não foram suficientes, de forma que ainda é necessária uma avaliação mais completa a respeito do contágio da crise em vários países e se as reformas implementadas alcançarão seus objetivos.

Neste sentido, um estudo em relação a crise e suas externalidades negativas deve começar concentrando-se em uma crise específica, independentemente de sua motivação que pode ser de diversas ordens e consequências. Assim, é imprescindível o desenvolvimento de maneiras capazes de mensurar o risco sistêmico, capturar os canais de transmissão, e observar as vulnerabilidades do sistema financeiro. Isso não implica, entretanto, na impossibilidade da criação de uma teoria sobre crises e contágios, tanto como a existência de uma multiplicidade de modelos para explicar, monitorar e regular o nível geral de risco para o sistema financeiro e

⁷ Ver BIS (2011)

⁸ Ver Mota e Sevillano (2010)

suas conexões com o lado real da economia. Convergindo ambos possíveis estudos, uma abordagem pertinente sobre crises deve desenvolver a capacidade de identificação de choques que desencadeiam uma crise e, sem dúvida alguma, ser capaz de identificar os mecanismos de transmissão que propagam choques do país de origem nas fronteiras nacionais e nos mercados financeiros.

Perspectivas Sistêmicas da Crise

Em aplicações financeiras, a tentativa de subscrição do risco baseia-se, antes de tudo, em: setores “individuais” do sistema financeiro, compreendendo, assim, o sistema bancário, bolsas de valores, seguros, fundos *hedge*; ou o sistema financeiro como um todo. A quantificação do colapso pode ser descrita tanto por distribuições decorrentes do risco, resumindo as propriedades de seus comportamentos; quanto pela possibilidade de quebras decorrente da não realização dos pagamentos necessários para repor os valores dos ativos a um nível aceitável para os sistemas financeiros. O risco sistêmico pode ser modelado por fatores de risco correlacionáveis, geralmente na forma de um desencadeamento por motivo de dívida mútua entre as entidades, além da alavancagem relacionada, influenciando todos os ganhos e perdas.

Dada as múltiplas visões acerca do significado preciso de risco sistêmico, que serão expostas na seção 2.1, pesquisadores propuseram metodologias com diversos tipos de abordagens, objetivando quantificar e analisar o tema. São necessárias, porém, duas ponderações iniciais. A primeira atém-se fundamentalmente na distinção entre riscos sistêmicos e sistemáticos. Os riscos sistemáticos estão relacionados com a flutuação dos agregados macroeconômicos, que não podem ser reduzidos por *hedge* e diversificação; já o risco sistêmico refere-se ao risco de ruína do sistema, ou ao risco que cause um grande *distress* dos mercados financeiros. Na segunda ponderação, contudo, sob a perspectiva da teoria de portfólio, o risco pode ser analisado através do risco individual – inerente a perda de cada instituição pertencente ao sistema financeiro; já o risco sistêmico, entretanto, condiz ao risco do sistema financeiro implodir como um todo.

Mesmo depois de crises mundiais recorrentes, ainda não é possível medir e proteger o nosso sistema financeiro de perigos iminentes. Bachelier (1900) *apud* Scandizzo (2016) ressalta que é impossível esperar que uma previsão, no sentido da prudência de interpretações e do uso

de tais previsões, seja exata. O autor alega que são inúmeras as ingerências que designam os movimentos das Bolsas de Valores, tanto por interferências efetuadas em eventos passados, presentes ou antecipados, quanto por flutuações motivadas por causas naturais ou artificiais e as posições de diferentes mercados.

Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo examinar a contribuição de empresas de capital aberto no mercado financeiro brasileiro ao risco sistêmico, bem como suas relações individuais quando expostas a efeitos contágios.

Objetivo Especifico

- Realizar uma análise estatística-descritiva acerca das séries de retorno correspondentes aos ativos analisados, bem como a presença de raiz unitária e normalidade.
- Estimar o risco sistêmico sob a abordagem CoVaR, obtendo assim o *Value at Risk* do sistema condicional a cada instituição em um momento de *distress* financeiro, i.e. qual a parcela de contribuição de cada instituição no VaR do sistema financeiro como um todo.
- Estender o cálculo sistêmico para uma análise restrita através a elaboração de uma matriz de efeito contágio, observando as correlações de caudas das perdas financeiras sob uma esfera específica, seja setorial ou intrasetorial.
- Examinar como reage cada empresa analisada a uma grande perda do sistema financeiro, de maneira a aplicar a metodologia CoVaR para identificar a exposição ao risco sistêmico relacionado a uma queda do Ibovespa.

Estrutura do Trabalho

Esta dissertação foi elaborada em 5 capítulos. Neste primeiro capítulo foram apresentados os aspectos introdutórios fundamentais de uma pesquisa acadêmica, bem como a retratação da pior crise financeira após o *crash* de 1929 e seus aspectos relativos ao risco sistêmico. O capítulo 2 abordará a revisão de literatura que pretende associar diversas visões sobre o tema apurado. Na seção 2.1 busca-se encontrar nos mecanismos do ambiente financeiro os motivos pelos quais os agentes compram e vendem ativos financeiros e como eles são influenciados por suas expectativas. A seção 2.2 dispõe de uma revisão sobre crises e riscos, buscando como objetivo informar as diversas definições encontradas na literatura econômica. Na sequência, a seção 2.3 tem a pretensão revisar diversos trabalhos empíricos sobre risco sistêmico. No terceiro capítulo, por sua vez, são apresentados os métodos a serem utilizados para a obtenção para o exame do risco sistêmico, assim como uma exposição da abordagem CoVaR. No quarto capítulo, serão apresentados os resultados encontrados a partir da metodologia proposta e as análises sobre os mesmos. Por fim, o quinto capítulo ocupa-se das considerações desta dissertação.

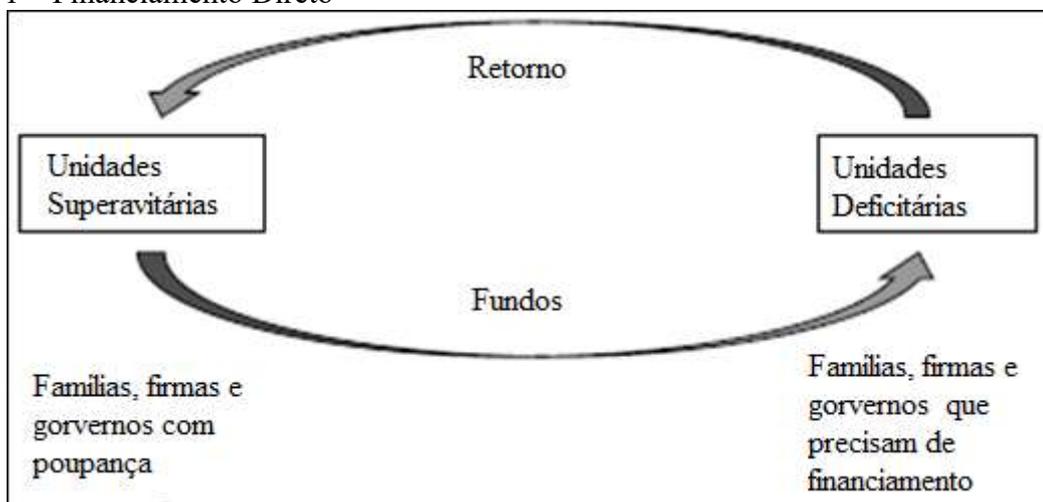
1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Ambiente Financeiro

O ambiente financeiro brasileiro, assim como no resto do mundo, cumpre a missão de financiar os investimentos de maneira que este capital exerça o seu papel na economia, produzindo riquezas e distribuindo-as. Se de um lado da equação temos famílias, empresas e governos que, de alguma forma, não possuem recursos suficientes para seus projetos; do outro, lado temos famílias, empresas e governos que dispõem recursos em excessos, mas que desejam aumentar ainda mais sua renda ao investir suas poupanças (definida como a parcela da renda que não foi consumida). Nessa perspectiva, Pinheiro (2009) define o sistema financeiro de um país como conjunto de instituições, instrumentos e mercados agrupados de forma harmônica,

com a finalidade de canalizar a poupança das unidades superavitárias até o investimento demandado pelas deficitárias.

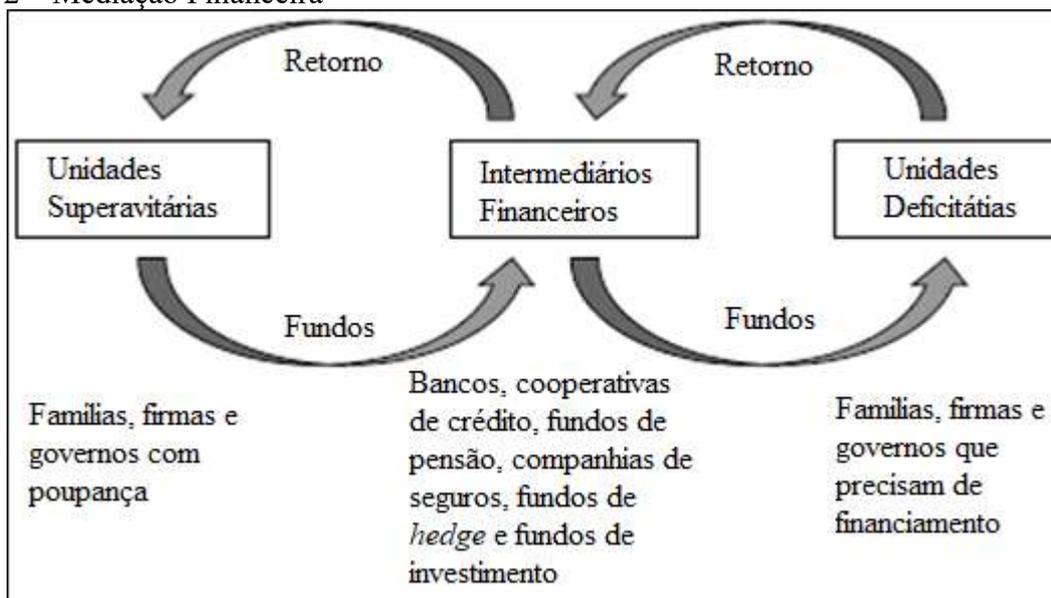
Figura 1 – Financiamento Direto



Fonte: CIHAN, 2015.

A responsabilidade de conduzir a reversão de poupança em investimentos, facilitando as transações entre unidades deficitárias e excedentes, é um papel intrínseco do sistema financeiro. Cihan (2015) ilustra este mecanismo no momento em que as unidades deficitárias compram, de forma direta, o excesso de fundos das unidades excedentes, vendendo instrumentos de dívida (papel comercial de curto prazo, promissórias, títulos) ou propriedade (ações) para arrecadar fundos para realização de despesas planejadas (Figura 1). Esses instrumentos, porém, garantem direito ao emprestador sobre a riqueza futura do tomador, isto é, o direito a unidades excedentes em retornos ou fluxos de renda sob a forma de pagamentos de juros ou dividendos a serem recebidos em datas futuras. O autor destaca que essa comutação entre poupança e investimento pode ocorrer de maneira indireta por intermediários financeiros, quando estabelecimentos que acumulam poupanças das unidades excedentes as comercializam (mediante o desconto de taxas por seus serviços) para as unidades deficitárias, como: bancos, cooperativas de crédito, fundos de pensão, companhias de seguros, fundos de *hedge* e fundos de investimento (figura 2).

Figura 2 – Mediação Financeira



Fonte: CIHAN, 2015.

Assaf Neto (2014) destaca, em razão da globalização e do alto crescimento dos negócios no mundo, a importância dos mercados financeiros nos últimos tempos, de forma a salientar que nestes ambientes as operações tornaram-se ainda mais complexas. Observa-se, desta forma, a acentuação da questão do volume de recursos demandados, acompanhada da criação de uma imensa variedade de instrumentos financeiros. O autor apresenta ainda quatro subdivisões do mercado financeiro: o mercado monetário, que envolve operações de curto prazo; o mercado de crédito, que engloba operações de financiamento de curto e médio prazo; o mercado cambial, que abrange operações de conversão de moeda de um país pela de outro; e o mercado de capitais, que envolve as operações de financiamento de médio e longo prazo e de prazos indeterminados, como operações com ações.

Sobre o conceito de expectativas, Brunnermeier (2001) ressalta que os mercados financeiros são conduzidos por notícias e informações, paradoxalmente ao pressuposto da teoria clássica, na qual pressupõe que todos os participantes do mercado possuem a mesma informação para precificarem os ativos. Nessa perspectiva, o autor observa que cada um dos agentes detém diferentes informações; isto é, mesmo que todos ouçam as mesmas notícias na forma de um anúncio público, existe a possibilidade de que ainda o interpretem de forma diferente, sendo preciso fazer uso de outras informações para descobrir o impacto dessas notícias sobre o valor do bem. Os mercados financeiros não podem ser bem abordados a menos que se considere as assimetrias no processo de dispersão e assimilação da informação

(Brunnermeier, 2001). Nesse sentido, em economias onde a informação é dispersa entre muitos participantes do mercado, o autor delega ao preço duas funções para a tomada de decisão:

- 1) Índice de escassez ou poder de barganha; e
- 2) Repassar informações.

Um dos primeiros a olhar para o sistema de preços como mecanismo de comunicação de informações, Hayek (1945) destaca a natureza dinâmica e orgânica das flutuações dos preços e os benefícios desse fenômeno para a sociedade. Contrário à centralização da economia, o autor reafirma, por fim, o poder das informações para afetar as expectativas dos agentes sobre o valor incerto de um ativo.

1.2. Crise e Risco

Tendo em mente toda a discussão a ser elaborada ao longo desta dissertação, torna-se imprescindível a conceituação do termo “crise”. Bauman e Bordoni (2016) já de antemão nos apresentam possíveis definições: da palavra grega κρίσις, “juízo”; “o resultado de um juízo”; “ponto crítico”; “seleção”; “decisão” (segundo Tucídides); mas também “contenda” ou “disputa” (segundo Platão); um padrão, do qual derivam critérios, “base para julgar”, como também “habilidade de discernir”; e crítico, “próprio para julgar”; “crucial”; “decisivo”; bem como pertinente à arte de julgar. Para os autores, porém, o sentido positivo de um “renascimento após a ruptura” foi substituído nas últimas décadas por um significado essencialmente econômico e político, na qual uma série de causas se combinam em uma mixórdia de questões conflitantes.

A definição de risco na qual o *World Development Report* (WORLD BANK, 2013) introduz, contudo, está relacionada a muitos termos, como: chance (o aspecto positivo do risco); risco sistêmico (comum para um determinado grupo); risco único (específico); choque (mudança positiva ou negativa que pode ser evolutiva ou imprevisível); exposição ao risco (choques e vulnerabilidade ao risco); susceptibilidade (perdas geradas por choques negativos); resistência a choques; crise (emergente sob o impacto dos efeitos negativos do risco); e incerteza quanto ao futuro.

Lucatelli (1997), entretanto, estabelece que as crises sistêmicas financeiras são distúrbios que se espalham entre os mercados financeiros para outros mercados da economia, de forma a provocar consequências macroeconômicas; já o risco sistêmico, por outro lado,

mede apenas a probabilidade de ocorrência dessas crises. Diante da distinção entre crise sistêmica e risco sistêmico, o autor evidencia como a manifestação de crises sistêmicas é debatida na macroeconomia, a partir de uma abordagem de fragilização financeira e a monetarista.

- 1) A abordagem de fragilização financeira⁹ compreende essencialmente uma série de razões para riscos sistêmicos, como: o aumento da carga de dívidas durante o crescimento econômico; a diminuição da liquidez dos intermediários financeiros; e um ambiente institucional e regulatório mutável. Dessa forma, as mudanças políticas e macroeconômicas melhoram o ambiente em que a economia toma decisões de investimento em momentos de expansão econômica, causando otimismo aos agentes – tal que se traduz em custos mais elevados para o investimentos e diminuição dos estoques de produtos. A elevação da inflação gerada por um aumento dos preços reduz o valor real das obrigações financeiras, aumentando a complacência por mais empréstimos. Os devedores, porventura, dão início a pedidos de refinanciamento dos seus créditos a curto prazo devido ao aumento das taxas de juros nominais. Assim, a intensificação da concorrência entre intermediários financeiros leva a mais créditos com margens mais baixas. Como resultado, certas indústrias terminam endividadas por um problema de liquidez. Essa espiral é suportada apenas pela alta liquidez gerada na acelerada circulação de dinheiro, mas quando todos os participantes do mercado começam a perceber o perigo em que o sistema financeiro se encontra, a liquidação em massa dos ativos provavelmente ocorrerá, ainda mais se estiver alimentada por racionamentos de crédito; o que poderia, dessa forma, causar uma crise sistêmica.
- 2) Para a abordagem monetarista, por outro lado, as crises financeiras são criadas por pânico nas redes de bancos que resultam de uma crescente preocupação com a solvência dos grupos bancários e a redenção dos depósitos de suas carteiras¹⁰. Diante de uma "corrida" de retirada de depósito, os bancos seriam obrigados a suspender a conversibilidade da sua dívida em dinheiro. O aperto monetário imediato causaria distúrbios econômicos e, dependendo da representatividade do banco, uma elevada contração no setor produtivo que causaria uma crise sistêmica. A existência de um sistema de câmbio fixo poderia transbordar facilmente a crise nacional para outros países, fator que evidencia a posição contrária dos monetaristas por tais sistemas.

⁹ Ver Fisher (1932), Minsky (1972) e Kindleberger e Aliber (2013).

¹⁰ Ver Friedman e Schwartz (1963) e Schwartz (1986)

Lucatelli (1997) destaca que outras abordagens não procuram substituir a visão monetarista e a de fragilização financeira, mas sim complementar as duas macro-abordagens, na tentativa de explicar como a instabilidade financeira se desencadeia. Dungey, González e Martin (2011) relatam alguns pontos de outras abordagens para os modelos teóricos de turbulência financeira como: desequilíbrios institucionais; assimetrias de informação; custo da agência; e a abordagem do racionamento de crédito¹¹.

Duffie e Singleton (2003) denotam que o gerenciamento de riscos para as empresas financeiras está longe de ser uma ciência exata, visto que os benefícios e custos de suportar riscos são difíceis de quantificar, embora haja modelos empíricos robustos que possam ser levados à tarefa de medir os riscos financeiros. Os autores identificam cinco categorias de riscos enfrentadas por instituições financeiras e os classificam como:

- 1) Risco de mercado: risco de mudanças inesperadas nos preços de mercado. Dada a volatilidade dos mercados, os preços relativos se moldam de acordo com suas flutuações, como, por exemplo, as reações dos agentes econômicos à um conjunto de informações.
- 2) Risco de crédito: risco de mudanças de valor devido a alterações inesperadas na qualidade do crédito, em particular se uma contraparte não cumprir suas obrigações contratuais. O custo do crédito está atrelado diretamente com a comportamento dos agentes envolvidos nesse tipo de contrato, seja por inadimplência do contratante ou por precificação incoerente de quem oferece esse serviço.
- 3) Risco de liquidez: risco de que os custos de ajuste das posições financeiras possam aumentar substancialmente, reduzindo assim a capacidade de um portfólio ser reestruturado em um momento de *distress* financeiro. Esse risco provoca que, em tempos de busca por liquidez, os preços não correspondam a valores anteriormente dados pelos mesmos ativos, forçando o “preço de fogo” (quando vende-se algo a preço de compra e/ou compra-se a preço de venda).
- 4) Risco operacional: risco de fraude ou falhas operacionais; como, por exemplo, o risco regulatório, legal, de relações inapropriadas e erros de gerenciamento. De forma ampla, esta categoria incluiria qualquer risco que ainda não tenha sido capturado sob risco de mercado, crédito e de liquidez, incluindo as próprias más subscrições. Os autores relatam que as principais perdas em instituições financeiras que foram destaques nas últimas décadas são, em sua maioria, decorrência de problemas operacionais e não

¹¹ Ver Allen e Gale (2000), Kaminsky e Reinhart (2003), Kodres e Pritsker (2002), Pavlova e Rigobon (2007), Yuan (2005) e Davis (1995)

diretamente uma consequência da exposição dos riscos de mercado ou de crédito. Os exemplos incluem os *Barings* e *Allied Irish Bank*, cujas perdas por negociações fraudulentas e o colapso da *Enron*, depois de grandes discrepâncias contábeis, vieram a ser reveladas posteriormente.

- 5) Risco sistêmico: risco de inadimplência do mercado, provocando o colapso ou disfuncionalidade dos mercados financeiros através de múltiplos padrões. Esse contágio age de maneira progressiva entre instituições, levando a um desaparecimento generalizado da liquidez. Os tipos de risco atribuídos ao mercado, crédito, liquidez e operacional se concentram. No entanto, em instituições individuais, os quatro tem implicações aos mercados e ao sistema como um todo.

Sob a ótica sistêmica do risco, Kaufman e Scott (2003) ressaltam que o significado de risco sistêmico é ambíguo, isto é, que não existe uma definição que seja consensual, de modo a dificultar a implementação de políticas públicas que visem reduzir a exposição desse tipo de risco. Para os autores, o risco sistêmico refere-se à probabilidade de quebras em todo um sistema, evidenciando altos movimentos de correlação, agrupamento de falhas bancárias e queda simultânea dos preços de um grande número de títulos em um ou mais mercados de forma doméstica ou transnacional. De acordo com os autores, existe uma preocupação com o contágio rápido intrínseco à reação em cadeia, devido há interconectividades dos depósitos financeiros, empréstimos e compensações do sistema de pagamento dos bancos, podendo levá-los a insolvência generalizada e a transmissão ao setor financeiro.

O *Group of Ten* (2001) considera que os eventos de risco sistêmico podem ser inesperados ou não, de forma que sua probabilidade de ocorrência, na ausência de respostas políticas adequadas, pode se aumentar ao longo do tempo. A interrupções no sistema de pagamento, a escassez no fluxo de crédito, e destruição nos valores de ativos, segundo o grupo, podem desencadear quebra de confiança entre os agentes, a ponto de que a incerteza sobre uma parcela substancial do sistema financeiro seja suficientemente crítica para contagiar a economia real.

De forma semelhante, o *European Central Bank* (2004) define o risco sistêmico como a incapacidade de uma instituição para cumprir com suas obrigações, o que levará com que outras instituições não possam cumprir um conjunto de deveres e passivos financeiros quando vencidos. Tal falha pode causar problemas significativos de liquidez ou crédito e, como resultado, pode ameaçar a estabilidade ou confiabilidade nos mercados.

Ressaltando a correlação e as conexões diretas entre instituições e diferentes mercados, o *Bank for International Settlements* (BIS 1994) evidencia a necessidade de observância, no

contexto dos sistemas de pagamento e liquidação, dos fatores de risco além da instituição individual e, mais do que isso, atentar-se a relação de fracasso de um participante em cumprir suas obrigações contratuais com o incumprimento de outros participantes, podendo desencadear e espalhar um distúrbio financeiro. A mera expectativa de interrupções no sistema de pagamento, para o grupo, tem alto potencial de transbordamentos, uma vez que é extremamente difícil para os agentes formarem uma visão das exposições indiretas que os bancos enfrentam (assimetria de informação). O BIS ressalta, para uma cooperação internacional, os desafios em colocar em prática uma série de linhas de defesa capaz de conter risco sistêmico sem prejudicar e, se possível, melhorar a eficiência dos arranjos econômicos entre os países.

Schwarcz (2008) identificou um fator desencadeante comum nas várias definições de risco sistêmico: choque econômico e falha institucional. Os resultados desses eventos podem levar a perdas significativas para algumas instituições financeiras envolvidas, ou uma substancial volatilidade dos preços nos mercados financeiros, levando a um aumento no custo de capital ou diminuição de sua disponibilidade. O autor adverte, no entanto, a necessidade de discriminar o risco sistêmico das desacelerações que são causadas por mudanças sistemáticas normais no mercado, ainda que estas possam se transformar em crises de mercado em situações de "mania especulativa".

Bandt e Hartmann (2000) definem uma crise sistêmica como um evento comum ao sistema, afetando negativamente um número considerável de instituições financeiras ou mercados, de forma a prejudicar gravemente o bom funcionamento geral do sistema financeiro. Para os autores, a introdução do conceito de "contágio" se faz necessária, na medida que falhas individuais propaguem de uma instituição para o mercado, ou de um sistema para outro. Embasado em seus resultados empíricos sob a autocorrelação de inadimplências bancárias, retornos bancários, retiradas de fundos, e a exposição operacionais interbancária, os autores salientam que, embora os bancos desempenhem um papel importante, o risco sistêmico vai além da visão tradicional da vulnerabilidade dos bancos individuais às corridas dos depositantes.

1.3. Revisão Empírica

Vários trabalhos tentaram mostrar os canais propagação de perturbações (principalmente sobre o lado negativo) de um mercado para outro, ou de um país para outro.

Numa pesquisa realizada por Edwards (2000) no *EconLit*, observou-se que entre os anos 1969 e 2000, 147 estudos em que a palavra “contágio” se apresentava no *abstract* ou título, apenas 17 datavam de épocas anteriores à 1990 – o que pode sinalizar-nos numa maior atenção ao entendimento das crises financeiras a partir da década de 90. Em um dos primeiros trabalhos sobre o assunto do modelo de risco, Derman (1996) disserta os elementos que devem ser encontradas nesse tipo de modelagem:

- 1) Elemento fundamental: um sistema de postulados e dados, juntamente com um meio de extrair inferências dinâmicas deles;
- 2) Elemento fenomenológico: uma descrição ou analogia para ajudar a visualizar algo que não pode ser observado diretamente; e
- 3) Elemento estatístico: uma regressão ou a melhor relação entre diferentes conjuntos de dados.

Conforme destaca Bisias *et al.* (2012), nenhum esquema metodológico que tenha a presunção de classificar de forma unívoca o risco sistêmico é capaz de abranger todas as características relevantes. Entretanto, existe uma sobreposição inevitável, que sob ótica da investigação, se faz presente entre tais aspectos. Os autores observam que as origens dos eventos sistêmicos ao longo da história estão sobrepostas por 5 elementos de uma crise financeira que compõe a taxinomia da pesquisa, são eles: probabilidade de perda, possibilidade de *default*, falta de liquidez, efeitos em rede e condições macroeconômicas. Além disso, os autores fornecem um conjunto de medidas quantitativas de risco sistêmico que confrontam pontos de vistas de reguladores, pesquisadores e dos próprios dados.

Organizando o pensamento empírico até aqui exposto, encontraremos em Billio *et al.* (2010) uma forma na qual os autores evidenciam divisões de análise empírica sobre a mensuração do risco sistêmico em três grupos: o primeiro se concentra no contágio bancário; o segundo, envolve crises bancárias, flutuações agregadas e *booms* de empréstimos; e o terceiro centra-se no contágio, efeitos de *spillover*¹² e colapsos conjuntos nos mercados financeiros. Esta observação identificada nos grupos de estudos sobre crises financeiras é compatível com a própria abordagem de Lucatelli (1997).

Acharya *et al.* (2016) apresentam o *systemic expected shortfall* (SES) como forma de medir a contribuição de cada instituição financeira para com o risco sistêmico, estendendo a metodologia marginal *expected shortfall* (MES) através do aumento da alavancagem. O modelo baseia-se em que os principais motivos para a regulamentação das instituições financeiras são

¹² Efeito *spillover* pode ser entendido como uma externalidade negativa

das falhas dos bancos que impõem custos sociais excessivo, além da externalidade causada pela subcapitalização do mercado financeiro que se espalha para economia real. Os autores demonstram empiricamente três exemplos de risco sistêmico iminentes na crise financeira de 2008 e analisam como as medidas predizem o antes e depois da crise pelos déficits de capital nas grandes instituições financeiras, pela avaliação dos testes de estresse do regulador, pela queda real nos valores patrimoniais das grandes empresas financeiras, e pelo aumento do risco de crédito estimado a partir de *swaps* de inadimplência de crédito (CDS) de grandes empresas financeiras. As dívidas de curto prazo como forma de alavancagem apresentaram o efeito mais nocivo da crise. Em contraste com ideia de risco moral, os autores observaram que a presença de seguro de depósitos significou que os bancos comerciais com acesso a depósitos segurados foram mais estáveis durante a crise.

Brownlees e Engle (2015) aplicam uma medida capaz de dimensionar o *capital shortfall* de uma instituição condicionada ao declínio rigoroso do mercado, com o intuito de estimar um montante de capital que o governo teria para fornecer para resgatar o sistema financeiro em caso de crise. O SRISK é uma função de: tamanho da empresa, grau de alavancagem e do *Long Run Marginal Expected Shortfall* (LRMES) – modelado por um GARCH-DCC para estimar a perda média de capital condicionada ao declínio do mercado. Os autores se utilizaram do SRISK para analisar a contribuição do risco sistêmico das principais empresas financeiras dos EUA, entre janeiro de 2005 e dezembro de 2012, com especial foco na crise financeira de 2008. Com isto, expõem o *ranking* das instituições sistematicamente arriscadas, de forma que o somatório do SRISK de todas as empresas é utilizado como uma medida do risco sistêmico geral em todo o sistema financeiro. Os autores identificaram as empresas de hipoteca *Fannie Mae*, *Freddie Mac*, além dos bancos *Morgan Stanley*, *Bear Stearns* e *Lehman Brothers* como principais contribuintes sistêmicos já em 2005.

Nicolò e Lucchetta (2016) apresentam um sistema de alerta precoce, como um conjunto de previsões multidisciplinares de indicadores de riscos sistêmicos, com o intuito de propor políticas macroeconômicas e macroprudenciais. Com uma vasta base de dados, os autores obtiveram as previsões a partir de: (a) modelos autorregressivos (AR) e vetores autorregressivos aumentados de fatores (FAVARs), com a volatilidade de cada indicador seguindo um processo linear de GARCH; e (b) Projeções Quantílicas aumentadas de fatores (PQs). Os autores destacam a vantagem potencial dos modelos PQs a não exigência de suposições sobre a distribuição subjacente de uma variável a ser prevista, de maneira que, a princípio, podem capturar qualquer tipo de assimetria. No desempenho comparativo da previsão de riscos, ressaltou-se que as previsões obtidas com modelos autorregressivos e FAVAR subestimam

significativamente os riscos de cauda, enquanto que as previsões obtidas com PQs e vetores autorregressivos aumentados de fatores fornecem sinais de alerta bastante confiáveis para riscos reais e financeiros de até um ano.

Giglio, Kelly e Pruitt (2016) avaliam uma coleção de 19 medidas de risco sistêmico nos Estados Unidos e na Europa, abrangendo várias décadas, com o foco na análise das interações entre risco sistêmico e macroeconomia, destacando quais as medidas que são valiosas para escolhas regulatórias ou políticas. Os autores propõem dois estimadores de redução de dimensão estatística para a construção de índices de risco sistêmico a partir de uma seção transversal de medidas destes mesmos riscos, são eles: (a) regressão quantílica de componentes principais (RQCP); de maneira a extrair os componentes principais do painel de medidas de risco sistêmico e em seguida utilizar esses fatores em regressões quantílicas preditivas; e (b) Regressão quantílica parcial (RQP), que nada mais é do que uma adaptação de mínimos quadrados parciais para o ajuste quantílico. De um modo geral, os autores verificaram que as medidas de risco sistêmico são mais informativas sobre a cauda inferior dos choques macroeconômicos do que sobre a sua tendência central, destacando o poder de previsão univariável da volatilidade do patrimônio do setor financeiro, em contrapartida ao pouco ou nenhum poder de previsão da volatilidade do capital nos sectores não financeiros. Os mecanismos econômicos que conectam a volatilidade do mercado de ações à economia real sugerem a difícil distinção entre incerteza no setor financeiro e outros setores.

López-Espinosa *et al.* (2015) questionam medidas de risco sistêmico que ignoram as assimetrias que apresentam interdependências de cauda, alegando que o sistema financeiro pode ser muito mais sensível às perdas de queda do que aos ganhos de alta. Assim, propõe uma extensão da metodologia CoVaR para capturar a resposta assimétrica do sistema bancário aos choques positivos e negativos individualmente testados. Os autores utilizam uma amostra de dados trimestrais do balanço de bancos estadunidenses no período 1990-2010, caracterizando as interdependências sistêmicas tanto a nível individual como em uma estrutura de dados em painel para abordar formalmente a adequação empírica do CoVaR simétrico e assimétrico. Os resultados revelam a existência de fortes padrões assimétricos que caracterizam a contribuição marginal dos bancos individuais para o sistema total, em particular bancos de grande porte. As consequências, para os autores, revelam que a subestimação do risco sistêmico de grandes bancos, a priori, representa a maior ameaça para a economia, e sugerem que estes devem ser alvos de supervisão.

Outros autores também estenderam o método proposto por Adrian e Brunnermeier (2016) e aplicou-o em outros setores financeiros. Hautsch, Schaumburg e Schienle (2015)

aplicam CoVaR para medir o risco sistêmico de rede financeira, explicitando visualmente as interconectividades entre empresas em momentos de estresse e seus *spillovers* de risco no setor financeiro. Os autores observaram que os efeitos de rede são os principais impulsionadores do risco individual das instituições financeiras dos Estados Unidos da América.

Adams, Füss e Gropp (2014) aplicam uma abordagem estado-dependente sensível ao *value at risk* (SDSVaR), que permite quantificar a direção, o tamanho e a duração dos efeitos *spillovers* entre as instituições financeiras em função do estado dos mercados financeiros (tranquilo, normal e volátil). Os resultados mostram que os bancos comerciais, em especialmente os fundos *hedges*, desempenham um papel importante na transmissão de choques a outras instituições financeiras.

Gauthier, Lehar e Souissi (2012) estimam um modelo estrutural baseado em rede para medir o risco sistêmico com base em diversos indicadores do sistema bancário canadense. Os autores atribuem que de todos os mecanismos de alocação de risco, os requisitos de capital macroprudencial são os que mais reduzem o risco padrão de bancos individuais, bem como a probabilidade de uma crise sistêmica em cerca de 25%.

Huang, Zhou e Zhu (2012), entretanto, empregam um indicador de risco sistêmico baseado no mercado e medido pelo preço do seguro contra um cenário de estresse no sistema financeiro, avaliando as contribuições marginais dos bancos individuais para o risco sistêmico. Esse indicador mede o preço do seguro contra desastres financeiros sistêmicos para o preço do *swap* de inadimplência de crédito (CDS). A metodologia é aplicada utilizando dados de 19 *holdings* bancárias cobertas pelo Programa de Avaliação de Capital de Supervisão dos EUA (SCAP), construindo um portfólio bancário para avaliar a inadimplência individual da empresa e da construção um prêmio de seguro hipotético contra perdas catastróficas em um sistema bancário. Os dois principais fatores de risco padrão, a probabilidade de inadimplência dos bancos individuais e as correlações de retorno de ativos entre bancos, foram estimados a partir dos *spreads* dos CDS e co-movimentos de preços de ações, respectivamente. Os autores explicam que as diferenças para outros indicadores como o MES e CoVaR encontram-se nas distribuições de cauda pesada, uma vez que os percentis e as expectativas podem divergir significativamente. Contudo, os resultados apresentam um alto grau de semelhanças na imposição de sobretaxas de capital em instituições financeiras de importância sistêmica (IFISs).

Billio *et al.* (2010) propõem algumas medidas de risco sistêmico baseadas em relações estatísticas entre os retornos de mercado de quatro tipos de instituições financeiras: fundos *hedge*, *brokers*, bancos e seguradoras. Para capturar os eventos sistêmicos que criaram deslocamento do mercado em agosto de 1998, agosto de 2007 e a crise financeira de 2007-

2009, os autores aplicaram cinco medidas: correlação, falta de liquidez dos retornos, análise de componentes principais, modelos regime-*switching* e testes de causalidade de Granger. Os autores se deparam com falta de liquidez e conectividade dentro e entre os quatro setores, tornando-se não só altamente dinâmicos na última década, mas também variando de maneira quantificável ao longo do tempo e em função das condições do mercado. Os resultados sugerem que, embora os fundos de *hedge* possam fornecer indícios iniciais de deslocamento do mercado, suas contribuições para o risco sistêmico podem não ser tão significativas quanto as dos bancos, companhias de seguros e *brokers*. Ademais, as estimativas de regime-*switching* e os testes de causalidade de Granger apontam para uma alta significância da assimetria antes da crise financeira de 2007-2009 entre bancos e os outros setores, sugerindo que os bancos podem ser mais fundamentais para o risco sistêmico do que o sistema bancário paralelo.

Bhansali, Gingrich e Longstaff (2008) analisam, com o foco no colapso do mercado *subprime* durante 2008, os preços dos títulos mais sensíveis ao crédito no mercado. As precificações dos índices de derivativos de crédito captam as informações sobre como os participantes do mercado avaliam coletivamente os efeitos sistêmicos do risco crédito. Os autores desenvolveram uma versão linearizada e simples do modelo de apreçamento de obrigações de dívida colateralizada (CDO) de Longstaff e Rajan (2008). A análise implica na possibilidade de os *spreads* de crédito possam ser uma combinação de vários tipos de risco de crédito composto por: um componente de risco de inadimplência específica da empresa; um componente para o risco de padrões mais amplos; outro componente setorial; e um componente para o risco de um cenário de incumprimento maciço em toda a economia. Os resultados explicitam a preocupações do crédito do mercado, uma vez que, após examinar o componente "risco de crédito sistêmico" dos índices de derivativos de crédito, grande parte do aumento nos *spreads* de crédito durante 2007 foi motivada por preocupações com esse elemento. A expansão do *spread* em 2007 pode ser atribuída a angústia no setor financeiro e uma falta de liquidez, o que contagiou a economia real.

Jorion (2005) questiona os efeitos do uso generalizado de sistemas de gerenciamento de risco através do *value at risk*, argumentando que tal técnica pode causar maior volatilidade em tempos de estresse, uma vez que choques exógenos à volatilidade pode expandir o seu valor em risco acima do limite; forçando bancos a liquidar suas posições, deprimindo ainda mais a queda dos preços e tornando os mercados financeiros sistemicamente menos seguros. Para testar sua hipótese, o autor investiga o perfil de risco dos bancos comerciais dos EUA com base em relatórios trimestrais bancários durante o período de 1995 a 2003. Esses relatórios contêm informações sobre as receitas trimestrais de negociação discriminadas por categoria de fatores

de risco, como o custo de risco de mercado baseado no VaR. O uso de informações de segmentos, divididas em renda fixa, moedas, ações, categorias de *commodities*, devem ser úteis para detectar pontos comuns em posições de risco. Também foram examinados os padrões de correlação entre as categorias de risco para avaliar os efeitos da diversificação e a variância dos retornos de negociação agregadas dos bancos na amostra, dividindo em diferentes componentes para observar os efeitos de diversificação em toda a indústria. O autor, entretanto, não encontra evidência de que haja um aumento na volatilidade devido as negociações bancárias e os sistemas VaR por meio a posições semelhantes.

Engle e Manganelli (2004) propuseram uma nova abordagem para a estimativa do *value at risk* e desenvolveram o modelo de risco *conditional autoregressive value at risk* (CAViaR), que utiliza regressões quantílicas em combinado com um modelo GARCH para capturar o comportamento de cauda dos retornos dos ativos. Os autores apresentam um teste de quantil dinâmico, que pode ser interpretado como um teste geral de ajuste de qualidade para os processos CAViaR estimados. A metodologia foi aplicada em uma série histórica de retornos de portfólio para a *General Motors*, *IBM* e *S&P500*, entre abril de 1986 e de abril de 1999. Os resultados indicam a presença de fortes impactos assimétricos sobre VaR de retornos defasados, uma vez que, no modelo da inclinação assimétrica, os coeficientes da parte negativa dos retornos defasados são sempre fortemente significativos, enquanto os associados aos retornos positivos às vezes não são significativamente diferentes de zero. Desta forma, a reação do comportamento de cauda não segue o mesmo processo do resto do retorno, como exposto pelos resultados não significantes da aproximação do modelo GARCH, quando aplicado à estimativa de cauda.

Eisenberg e Noe (2001) observam o risco sistêmico considerando as propriedades dos fluxos de caixa intercorporativo dos sistemas financeiros, com interdependência cíclica e vetores de compensação determinados endogenamente. Os autores mostram que através de um argumento de ponto fixo, os vetores de compensação que eliminam as obrigações dos membros do sistema de compensação sempre existem. Esse vetor de compensação é calculado através de um algoritmo "padrão fictício sequencial", produzindo uma medida natural do risco sistêmico da exposição de um dado nó no sistema às inadimplências por outras empresas. Esta medida de risco sistêmico é baseada em quantas sequências de inadimplência são necessárias para induzir uma determinada empresa no sistema a falhar. Os resultados implicam que, assumindo a avaliação padrão neutra de risco, o aumento da volatilidade ao diminuir o valor dos pagamentos por intermédio da empresa reduzirá o valor total (dívida mais patrimônio) dos nós no sistema. No caso em que não haja custos para a insolvência no modelo, no sentido de que o valor

patrimonial total é conservado, os autores sugerem a utilização de alterações no valor total dos ativos para medir o efeito de um choque econômico em um grupo de empresas significativamente interligadas pode ser altamente enganosa.

Forbes e Rigobon (2002) fornecem uma medida para corrigir o viés de correlação resultante de mudanças na volatilidade na detecção de contágio. Os testes examinam se a correlação no retorno das ações entre os mercados aumenta durante um período de crise. Os resultados exibem que as altas co-movimentações dos mercados durante esses períodos foram a continuação de fortes vínculos entre eles, não havendo contágio, apenas interdependência. Kaminsky e Reinhart (1999) pretendem abordar os possíveis vínculos entre crises bancárias e balança de pagamentos no período da década de 1970 até a década de 1990, utilizando um modelo de vetores auto regressivos para executar testes de causalidade de Granger entre as taxas de juros e câmbio antes e depois. Os autores não detectaram nenhuma relação causal de Granger antes da crise, mas muitos foram detectados durante e após a crise.

Também foram analisados trabalhos que aplicaram a metodologia baseada no CoVaR para dados nacionais. Tristão (2013) estima dois tipos de CoVaR em relação a instituições financeiras do Brasil, um invariante e outra variante no tempo, bem como a inclusão de duas variáveis, *CBOE Volatility Index* e o retorno semanal do Ibovespa. Uma inovação que esta pesquisa traz é a utilização de *cubic splines* na derivação da *proxy* para a expectativa de mercado quanto as demonstrações financeiras dos bancos, o que se mostrou ser um bom instrumento para a estimação. Os resultados demonstram uma grande divergência nos patamares de risco entre os períodos de baixa e alta estabilidade monetária ao observar os períodos pré e pós Plano Real. Outro ponto de destaque é a não linearidade na relação tamanho da instituição, medido pelo tamanho total de ativos e o risco transmitido para o sistema financeiro.

Almeida, Frascaroli e Cunha (2012) aplicam a metodologia CoVaR para ações negociadas no mercado de capitais brasileiro, com objetivo de captar efeitos *spillover* entre empresas brasileiras e os principais indicadores do Ibovespa e *Dow Jones*. Os autores estimam o risco sistêmico, o *stress test*, e a matriz de efeito contágio de 16 empresas listadas na bolsa entre 06/01/1995 e 26/08/2011 com observações diárias. Os autores observam a falta de correlação entre as medidas de risco dadas pelo *Value at Risk* e pelo CoVaR, bem como a existência de interação entre os retornos dos papéis financeiros das empresas brasileiras e entre os índices Ibovespa e *Dow Jones* no que se refere a um *distress* financeiro. A empresa que mais se mostrou sistemicamente importante foi a Petrobrás (PETR4), enquanto que a Usiminas (USIM5) se apresentou como a mais vulnerável ao sistema em um momento de angústia.

2. METODOLOGIA

De todas as definições citadas, com a finalidade de esclarecer o potencial ponto de partida para uma avaliação empírica, o sentido de risco sistêmico mais adequado a este trabalho é feito por Adrian e Brunnermeier (2016). Por mais que as características atribuídas ao sentido sistêmico do risco sejam próximas e revelem pontos em comum; segundo os autores, o risco sistêmico é justamente o risco da capacidade de todo o sistema financeiro ser prejudicado. A definição baseia-se fundamentalmente nas perdas que se espalham pelas instituições financeiras potencialmente capazes de afetar a economia real, dando, assim, origem ao risco sistêmico. Essa difusão pode acontecer devido a vínculos diretos entre instituições ou de forma indireta, através de efeitos de preços e espirais de liquidez, causando desequilíbrios acima dos níveis puramente justificados pelos fundamentos em seus balanços.

2.1. Testes de Dickey-Fuller Aumentado e Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin

A análise empírica de séries temporais pressupõe que a série subjacente seja estacionária, i.e., desenvolvendo-se aleatoriamente no tempo de uma média e variância constante, refletindo em um equilíbrio estável. Para testar a estacionariedade das séries, serão utilizados neste trabalho os testes ADF (Dickey – Fuller Aumentado) (1979) e Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS), no sentido de verificar a existência ou não de raízes unitárias nas séries temporais. O teste de ADF consiste na estimação da seguinte equação por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO):

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Onde ΔY_t é o operador de diferenças ($Y_t - Y_{t-1}$), α é uma constante, β_t é a componente de tendência do modelo, γ é o coeficiente que permite testar a estacionariedade (se $\gamma = 0$, Y tem uma raiz unitária), p é o número de termos defasados a incluir no modelo e ε_t é o termo de erro aleatório ou perturbação estocástica. A principal vantagem do teste ADF é que, ao incluir um número suficiente de defasagens, identifica que os resíduos não apresentam autocorrelação.

O teste KPSS [Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (1992)] surgiu como uma forma de complementar a análise dos testes de raiz unitária tradicional, como o teste ADF. Ao contrário do teste ADF, o teste KPSS considera como hipótese nula que a série é estacionária, ou estacionária em torno de uma tendência determinística, contra a hipótese alternativa que um caminho aleatório está presente. O teste é definido como:

$$\sum_{t=1}^N \frac{s_t^2}{N^2 \sigma_\varepsilon^2} \quad (2)$$

Onde N é o número de observações, s_t é a soma parcial dos resíduos e σ_ε^2 é a variância dos erros da regressão.

2.2. Testes de Normalidade da Série: Jarque-Bera

Tratando-se de um exame no qual não se fazem hipóteses relativas a função de probabilidade dos retornos dos preços dos ativos, o teste de normalidade é aplicado para obtenção de informações sobre as perdas financeiras. O teste Jarque-Bera (1987) é baseado nas diferenças entre os coeficientes de assimetria e curtose da série e os coeficientes da lei normal, servindo para testar a hipótese nula de que a amostra foi extraída de uma distribuição normal. Para a realização desse teste, calcula-se, primeiramente, a assimetria e a curtose dos resíduos e utiliza-se a estatística de teste:

$$JB = n \left[\frac{S^2}{6} + \frac{(C-3)^2}{24} \right] \quad (3)$$

Onde JB é o teste Jarque-Bera, S é o coeficiente de assimetria das observações, C é o coeficiente de curtose das observações e n é o número de observações. Sob a hipótese nula de normalidade, a estatística JB segue a distribuição qui-quadrado com dois graus de liberdade. Se o valor de JB for muito baixo, a hipótese nula de normalidade da distribuição dos erros aleatórios não pode ser rejeitada. Se o valor de JB for muito alto, rejeita-se a hipótese de que os resíduos ou erros aleatórios se comportam como uma distribuição normal. Se o valor p da estatística qui-quadrado calculada for suficientemente baixo, pode-se rejeitar a hipótese de que os resíduos têm distribuição normal. Se o valor p for alto, se aceita a hipótese da normalidade.

2.3. Value At Risk

O trabalho de Adrian e Brunnermeier (2016) ganha relevância por desenvolver o *Conditional Value at Risk* (CoVaR) que, em essência, é uma medida que representa o *Value at Risk* (VaR) do sistema financeiro condicional ao estresse financeiro de uma dada empresa. Por esse motivo, é interessante reproduzir as bases do VaR e possíveis abordagens de cálculo.

O VaR, segundo Jorion (2011), é uma medida do risco *downside* em moeda corrente. É a perda máxima em um horizonte de tempo, de forma que existe uma baixa probabilidade pré-determinada de que a perda real seja maior, isto é, com um ponto de corte tal que seja improvável uma perda superior. Matematicamente o VaR pode ser interpretado como uma posição na função densidade acumulada, tal que uma perda elevada não ocorrerá com uma probabilidade superior a $p = 95\%$ ou 99% . Scandizzo (2016) estabelece o VaR como a inversa da função de densidade acumulada das mudanças dos retornos. Wong (2013) determina o VaR como uma medida estatística do risco com base em quantis de perda, de forma que o quantil¹³ seja apenas a inversa da função distribuição acumulada.

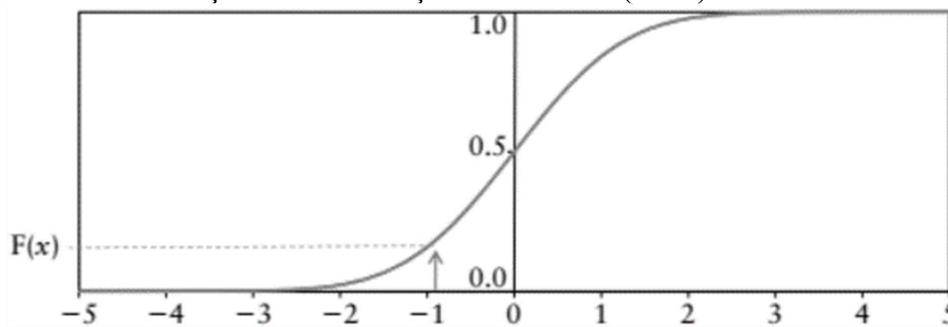
Como forma de esclarecer a técnica utilizada para estimar o VaR, ao qual não se elaborará hipóteses acerca da distribuição dos dados¹⁴, é necessário ilustrar que uma variável aleatória X , caracterizada por uma função de distribuição ou função de distribuição acumulada conforme ilustrado no Gráfico 2, reflete a probabilidade de realização da variável aleatória ser inferior ou igual a um número x dado, conforme descrito:

$$F(x) = P(X \leq x) \tag{4}$$

¹³ Qualquer separatriz que divide o intervalo de frequência de uma amostra em partes iguais.

¹⁴ O VaR pode ser estimado por diversas técnicas. Para demais formas ver Jorion (2011) e Wong(2013)

Gráfico 2 - Função de Distribuição Acumulada (FDA)

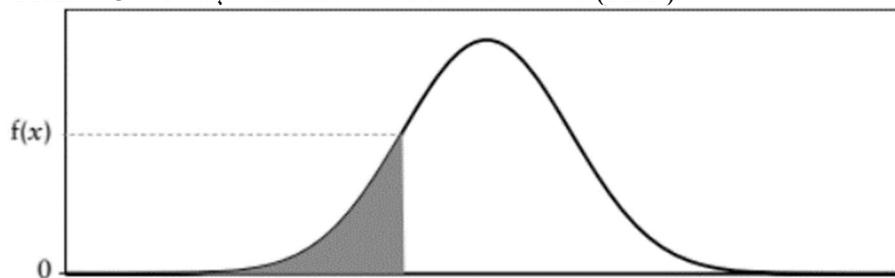


Fonte: WONG, 2013.

No caso da simulação histórica, é intuitivo imaginar que essa distribuição é obtida somando valores de passo inferiores ou iguais a x . A probabilidade de observar x , chamada de função de frequência ou de função densidade de probabilidade conforme ilustrado no Gráfico 3, é representada por $f(x)$. Esta função é caracterizada por sua forma, bem como por parâmetros fixos, θ . Quando a variável é contínua, a distribuição é dada por:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(u) du \quad (5)$$

Gráfico 3 – Função Densidade Probabilidade (FDP)



Fonte: WONG, 2013.

A densidade $f(u)$, por definição, deve ser positiva para todos u . Como x tende para o infinito, a distribuição tende para a unidade, pois representa a probabilidade total de qualquer sorteio para x . Para Jorion (2011), é mais conveniente sintetizar a análise por meio de parâmetros ou momentos, em detrimento do relato de toda a função de distribuição em discussão. Além da média, variância, assimetria e curtose, a distribuição também pode ser descrita pelo seu quantil. Wong (2013) define um quantil como uma maneira estatística de dividir ordenados dados em subconjuntos de tamanho essencialmente igual, ou seja, o ponto de corte x associado a uma probabilidade q :

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(u)du = q \quad (6)$$

Dado que $p + q = 1$, existe a probabilidade de $p = 1 - q$ em que a variável aleatória se encontrará acima de x , do mesmo modo existe também uma probabilidade q em que a variável aleatória esteja abaixo de x . Uma vez apresentada a função densidade probabilidade, o VaR_q é denotado como a inversa da função distribuição acumulada no quantil q :

$$VaR_q = F^{-1}(q) \quad (7)$$

Para obter o VaR atribuído ao quantil da função distribuição acumulada, basta apenas acompanhar o eixo vertical, conforme no Gráfico 2, de forma que quando alcançar a função, o valor encontrado no eixo horizontal é VaR atribuído ao quantil. Observe que o VAR normalmente é relatado como uma perda (ou seja, um número positivo), o que explica o sinal negativo.

2.4. Conditional Value at Risk

Referindo-se a potencialidade da ocorrência de eventos sistêmicos, de acordo com Adrian e Brunnermeier (2016), é imprescindível que existam maneiras de gerenciamento de risco capazes de mensurar a probabilidade condicional de ocorrência, além de compreender os caminhos das externalidades negativas geradas que afetam o sistema produtivo com perdas elevadas. Com esse objetivo, autores estabelecem o $CoVaR_q^{ji}$, definido como o VaR da instituição j condicional a um evento $\mathbb{C}(X^i)$ em outra instituição i . Desta forma, o $CoVaR_q^{ji}$ é implicitamente definido pelo quantil q da distribuição de probabilidade condicional:

$$P\left(X^i \leq CoVaR_q^{j|\mathbb{C}(X^i)} | \mathbb{C}(X^i)\right) = q \quad (8)$$

O CoVaR mede o vazamento de volatilidade em um sentido não-causal. A ideia é que as instituições muitas vezes ocupem posições semelhantes nos mercados ou se coloquem perante a fatores de risco sistêmicos comuns. Estes *crowded trades*, como advertiu Scandizzo

(2016), dão origem a liquidações de posições, que podem causar espirais de liquidez e, como as medidas de riscos individuais não contém informações das externalidades as quais estão sujeitas, estimou-se a contribuição marginal, isto é, o $\Delta CoVaR_q^{j|i}$ dos retornos do papel i sobre o papel j em um ambiente de *distress* financeiro dada por:

$$\Delta CoVaR_q^{j|i} = CoVaR_q^{j|X^i = VaR_q^i} - CoVaR_q^{j|X^i = Mediana^i} \quad (9)$$

O $CoVaR_q^{j|X^i = VaR_q^i}$, neste caso, significa a perda máxima esperada pela instituição j no intervalo de confiança de $1 - q$, em razão da instituição i estar em ampla queda. Já o $CoVaR_q^{j|X^i = Mediana^i}$ expressa a perda máxima esperada pela instituição j , dado que a instituição i está sob condições normais. Para o cálculo do risco sistêmico, de acordo com um dos objetivos deste trabalho, é atribuído $j = sistema$, i.e, a compreensão da contribuição do risco da instituição i sobre os ‘retornos do mercado’, que aqui será representado pelo Ibovespa. Assim, podemos criar a seguinte correspondência sobre o VaR e o CoVar: o VaR exprime a ideia de variação e o CoVaR remete a covariância. De fato, sob muitos pressupostos de distribuição (como a suposição de que os choques são condicionalmente gaussianos), o VaR de uma instituição é, de fato, proporcional à variação da instituição, e o CoVaR de uma instituição é proporcional à covariância do sistema financeiro e a instituição individual.

2.4.1. Matriz de Efeito Contágio

Adrian e Brunnermeier (2016) sinalizam que, apesar de não ser um objetivo principal dos autores, a criação de uma matriz capaz de permitir o estudo dos efeitos de *spillover* entorno de uma rede financeira, através da definição do $\Delta CoVaR_q^{j|i}$ dos retornos dos papéis financeiros das empresas, mostra que a instituição i correlaciona as atividades de tomada de risco de outras instituições na rede, conforme apresentado na Tabela 1. Desta forma, é possível identificar quais empresas mais “contagiam” e quais são mais “contagiadas” pelos retornos das demais. Segundo Almeida, Frascaroli e Cunha (2012), existem semelhanças entre uma matriz de efeito contágio e os coeficientes técnicos de encadeamento da Matriz de Leontief (1936) ou ainda a Matriz de Variância e Covariância de Retornos de Markowitz (1952). Na matriz de efeito contágio,

entretanto, o elemento de cada linha faz menção a sua contribuição para um *distress* nos retornos dos demais ativos financeiros.

Tabela 1 – Matriz de Efeito Contágio

Empresas	Empresa 1	Empresa2	Empresa 3	...	Empresa n	Total
Empresa 1	-	$\Delta CoVaR_q^{1 2}$	$\Delta CoVaR_q^{1 3}$...	$\Delta CoVaR_q^{1 n}$	Z1
Empresa 2	$\Delta CoVaR_q^{2 1}$	-	$\Delta CoVaR_q^{2 3}$...	$\Delta CoVaR_q^{2 n}$	Z2
Empresa 3	$\Delta CoVaR_q^{3 1}$	$\Delta CoVaR_q^{3 2}$	-	...	$\Delta CoVaR_q^{3 n}$	Z3
...	
Empresa n	$\Delta CoVaR_q^{n 1}$	$\Delta CoVaR_q^{n 2}$	$\Delta CoVaR_q^{n 3}$...	-	Zn
Total	Y1	Y2	Y3	...	Yn	

Fonte: Elaborado segundo ALMEIDA, FRASCAROLI e CUNHA, 2012.

A ilustração da matriz de efeito contágio idealizada por Adrian e Brunnermeier (2016) e estimada por Almeida, Frascaroli e Cunha (2012) para o ambiente brasileiro, é importante por se tratar de um análise menos abstrata e, por consequência, mais próxima da realidade. A composição de uma “teia” financeira permite estudo dos efeitos *spillover* individualmente, seja como “contagiada” ou “contagante” em um momento de crise financeira. O somatório das colunas responde a questionamentos como “quanto a empresa n influência nas demais”; a soma referente as linhas, entretanto, responde a “ quanto a empresa n é influenciada pelas demais. Dessa maneira, a matriz cumpre o duplo papel de correlacionar quantis inferiores das funções densidade de probabilidade dos retornos dos ativos analisados.

2.4.2 Exposição ao Contágio

Adrian e Brunnermeier (2016) tratam de uma outra abordagem possível com o intuito de compreender a extensão do contágio de uma instituição individual quando afetada por eventos financeiros sistêmicos, isto é, condicionando os eventos estatísticos de maneira oposta a proposta da mensuração do risco sistêmico. O objetivo é, antes de tudo, entender quais são as empresas que mais seriam “contagiadas” diante a alguma movimentação de forte impacto negativo ao índice Ibovespa. Os autores chamam esta medida $\Delta CoVaR_q^{j|\text{sistema}}$ de "*Exposure*

CoVaR". Uma vez que a instituição individual é afetada por eventos financeiros sistêmicos, possibilita-se a construção de um *ranking* dos ativos expostos a perdas do sistema financeiro.

Para o cálculo da exposição ao risco sistêmico, como proposto pelos autores, é atribuído $i = sistema$, i.e, a compreensão da contribuição de perda elevada pelo sistema sobre os retornos de cada empresa.

$$\Delta CoVaR_q^{j|sistema} = CoVaR_q^{j|VaR_q^{sistema}} - CoVaR_q^{j|Mediana^{sistema}} \quad (10)$$

2.5. Regressão Quantílica

Nesta seção, descrevemos o método de estimação do CoVaR por regressão quantílica, mecanismo que, no entanto, não é de modo algum a única maneira de estimar o CoVaR. O método de regressão quantílica introduzido por Koenker e Basset (1978), permite não somente avaliar a relação da variável resposta com as variáveis explicativas ou independentes nos diversos quantis da distribuição condicional; mas também com os erros que não se distribuírem normalmente. Os estimadores provenientes de uma análise de regressão quantílica tendem a ser mais eficientes e possuem diversas vantagens, tais como: fornecer uma caracterização mais rica dos dados e possuir uma grande robustez a valores atípicos contidos na amostra, os *outliers*. Um importante aspecto a ser posto em questão sobre regressões quantílicas é a possibilidade de identificar a resposta de cada quantil, ao passo que na regressão por mínimos quadrados ordinários (MQO) existe apenas uma reta de regressão em torno da média.

Para o exame da influência de cauda, Adrian e Brunnermeier (2016) consideram o valor previsto de uma regressão quantílica de uma empresa j em outra empresa i para o quantil q de forma a identificar o *value at risk* de j condicional a um estresse financeiro em i :

$$\hat{X}_q^{j,i} = \hat{\alpha}_q^i + \hat{\beta}_q^i X^i \quad (11)$$

A partir da definição do *value at risk*, observe que:

$$VaR_q^j | X^i = \hat{X}_q^{j,i} \quad (12)$$

$$VaR_q^i = X^i \quad (13)$$

A estrutura da medida $CoVaR_q^{j|C(X^i)}$, uma vez estimado X^i , é formalmente expressa por:

$$CoVaR_q^{j|X^i=VaR_q^i} = VaR_q^j | VaR_q^i = \hat{\alpha}_q^i + \hat{\beta}_q^i VaR_q^i \quad (14)$$

$$CoVaR_q^{j|X^i=Mediana^i} = \hat{\alpha}_q^i + \hat{\beta}_q^i Mediana^i \quad (15)$$

Desta forma, uma vez que está empenhado em mensurar a contribuição de uma instituição financeira ao risco sistêmico, a medida relevante $\Delta CoVaR_q^{j|i}$ é dada por:

$$\Delta CoVaR_q^{j|i} = \hat{\beta}_q^i (VaR_q^i - Mediana^i) \quad (16)$$

Para o cálculo do risco sistêmico, é conferido $j = sistema$. Já para a mensuração da exposição ao contágio, é imposto $i = sistema$. De maneira discriminatória, a medida relevante é o $\Delta CoVaR$, uma vez que está empenhado em mensurar a contribuição de uma instituição financeira ao risco sistêmico. Entre outros aspectos, pretende-se averiguar a existência de qualquer correlação entre as medidas de $\Delta CoVaR$ e do VaR.

2.6. Dados

Foram considerados 16 empresas (Quadro 1) listadas na Bolsa de valores de São Paulo (Bovespa¹⁵), além do índice Bovespa, que procura retratar o desempenho médio das cotações das ações mais negociadas e mais representativas do mercado de ações nacional. Foram, assim, utilizados os retornos diários, calculados através da fórmula: $r_t = (P_t/P_{t-1}) - 1$; em que P_t representa o preço dos ativos no dia t e P_{t-1} , o preço dos ativos no dia anterior ($t-1$). A abrangência temporal da amostra situa-se entre 03/01/2005 e 31/07/2017, totalizando 3113 observações. O critério de seleção das empresas se deu, de acordo com Almeida, Frascaroli, e

¹⁵Em 2008, a Bovespa integrou-se operacionalmente com a BM&F - principal bolsa de mercadorias e contratos futuros do Brasil - criando a BMF&Bovespa.

Cunha (2012), baseado em dois critérios: A liquidez dos ativos e a restrição temporal dos dados, uma vez que a aplicação do modelo exige sincronia entre os dias analisados.

Ademais, os dados do Ibovespa, bem como as informações relativas as ações das empresas, foram obtidos no site InfoMoney ([https:// http://www.infomoney.com.br/](https://http://www.infomoney.com.br/)) e processados no software EViews 8.

Quadro 1 - Empresas Selecionadas

Código	Descrição da Ação	Setor / Subsetor / Segmento
ABEV3	Ação ordinária da Ambev S/A	Consumo não Cíclico / Bebidas / Cervejas e Refrigerantes
BBAS3	Ação Ordinária do Banco Brasil S/A	Financeiro e Outros / Intermediários Financeiros / Bancos
BBDC4	Ação Preferencial do Banco Bradesco S/A	Financeiro e Outros / Intermediários Financeiros / Bancos
CMIG4	Ação Preferencial da Companhia Energética de Minas Gerais	Utilidade Pública / Energia Elétrica / Energia Elétrica
CSNA3	Ação Ordinária da Companhia Siderúrgica Nacional	Materiais Básicos / Siderurgia e Metalurgia / Siderurgia
GGBR4	Ação Preferencial da Gerdau S/A	Materiais Básicos / Siderurgia e Metalurgia / Siderurgia
GOAU4	Ação Preferencial da Metalúrgica Gerdau S/A	Materiais Básicos / Siderurgia e Metalurgia / Siderurgia
ITSA4	Ações Preferenciais da Itaúsa - Investimentos Itaú S/A	Financeiro e Outros / Intermediários Financeiros / Bancos
ITUB4	Ação Preferencial do Itaú Unibanco Holding S/A	Financeiro e Outros / Intermediários Financeiros / Bancos
LAME4	Ação Preferencial da Lojas Americanas S/A	Consumo Cíclico / Comércio / Produtos Diversos
PCAR4	Ação Preferencial da Companhia Brasileira de Distribuição (CBD) - Pão de Açúcar	Consumo não Cíclico / Comércio e Distribuição / Alimentos
PETR3	Ação Ordinária da Petróleo Brasileiro S/A - Petrobras	Petróleo, Gás e Biocombustíveis / Petróleo, Gás e Biocombustíveis / Exploração e/ou Refino
PETR4	Ação Preferencial da Petróleo Brasileiro S/A - Petrobras	Petróleo, Gás e Biocombustíveis / Petróleo, Gás e Biocombustíveis / Exploração e/ou Refino
USIM5	Ação Preferencial Classe A da Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A	Materiais Básicos / Siderurgia e Metalurgia / Siderurgia
VALE3	Ação Ordinária da Vale S/A	Materiais Básicos / Mineração / Minerais Metálicos
VALE5	Ação Preferencial Classe A da Vale S/A	Materiais Básicos / Mineração / Minerais Metálicos

Fonte: O autor, 2017.

3. ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1. Análises Gráficas e Estatísticas Descritivas

Neste segmento do trabalho, apresentam-se os resultados aferidos a partir da aplicação da metodologia proposta. Inicialmente, deve-se salientar que tanto o comportamento das séries de cotações dos preços, quanto dos retornos diários dos ativos no período considerado, deve ser apreciado sob análise gráfica. Nesse sentido, os gráficos presentes no Apêndice A desta dissertação evidenciam a aplicação dessa análise comportamental.

Como ponto de partida deste exame de resultados, constata-se que, para o período analisado, a declaração de falência do banco de investimentos norte-americano *Lehman Brothers*, no dia 15 de setembro de 2008, desencadeia um período de alta volatilidade no Ibovespa. Medidas propostas por alguns países, como, por exemplo, as realizadas por países do bloco europeu¹⁶, tentaram conter a euforia dos mercados diante da queda global da liquidez e a iminência da interrupção dos sistemas de pagamento pelo mundo, porém, os efeitos não se tornaram permanentes. No dia 15 de outubro de 2008, o Ibovespa atingiu sua maior queda em 10 anos¹⁷, ativando, assim, o *circuit breaker*¹⁸. Como consequência, fechou o dia com -11,39% de valor de mercado, atingindo os 36.833 pontos e acumulando de queda 25,65% no mês.

Observando individualmente as empresas, é notório que para estas, conforme expresso na Tabela 2, as perdas do valor de mercado no período entre 1º a 27 de novembro de 2008¹⁹, expõem tanto os impactos da euforia mundial, bem como as tentativas fracassadas de recuperar confiança dos agentes econômicos²⁰ – uma vez que o encolhimento repentino de todo o mercado financeiro não tem explicações embasada na economia real. Nota-se que para o período entre 20 de maio e 27 de novembro de 2008, a queda acumulada é superior ao recorte de dias

¹⁶ O pacote anunciado na cúpula de emergência em Paris (13/10/2008) previa estatização de bancos, garantias governamentais para empréstimos entre estes e oferta de crédito governamental para o sistema bancário e as demais empresas.

¹⁷ O Ibovespa atingiu queda de 15,82% em 10 de setembro de 1998

¹⁸ Sempre que o Ibovespa tem perdas de 10%, é acionado o "*circuit breaker*". O mecanismo suspende os negócios automaticamente por meia hora. Se, depois disso, a queda superar os 15% de perdas, o pregão fica interrompido por uma hora.

¹⁹ Dia 27 de outubro de 2008 foi registrado a menor pontuação do Ibovespa para o mês de outubro de 2008 (29.435 pontos).

²⁰ Dia 30 de setembro de 2008, um pacote de medidas de emergenciais ao mercado proposta pelo governo Bush é rejeitada na Câmara norte americana.

anteriormente apresentado (exceto CMIG4), expondo a influência das expectativas de lucro no longo prazo aos movimentos financeiros às empresas brasileiras; em especial as que negociam *commodities* como a Gerdau, Usiminas, CSN, Petrobrás e Vale.

Tabela 2 - Variação acumulada dos preços dos ativos

Código	01/10 – 27/10	20/05-27/10
IBOV	-40,89%	-59,96%
ABEV3	-18,57%	-29,58%
BBAS3	-47,98%	-60,43%
BBDC4	-38,02%	-50,11%
CMIG4	-23,26%	-22,22%
CSNA3	-41,57%	-72,47%
GGBR4	-49,22%	-74,41%
GOAU4	-51,44%	-73,51%
ITSA4	-47,61%	-52,91%
ITUB4	-45,09%	-53,24%
LAME4	-48,01%	-64,48%
PCAR4	-28,40%	-35,00%
PETR3	-47,13%	-64,23%
PETR4	-48,13%	-64,95%
USIM5	-42,42%	-74,83%
VALE3	-37,66%	-68,27%
VALE5	-36,27%	-64,44%

Fonte: O autor, 2017.

Outro ponto relativo a análise gráfica do comportamento dos retornos diários dos ativos apresentados no Apêndice A, é o destaque para o aumento da volatilidade com a iminência das eleições presidenciais de 2014 no Brasil, que, contudo, se estende *ad infinitum* diante as expectativas inconstantes sobre os *players* nacionais. Em 29 de setembro de 2014, face a divulgação das pesquisas eleitorais, empresas estatais demonstram certa sensibilidade ao contexto político, o que resultou numa queda de 11,17% no valor de mercado da Petrobrás e 8,55 % do Banco do Brasil. Ambas alterações causaram uma redução em 4,25% do Ibovespa, maior queda desde agosto de 2011 (-8,08%), com o rebaixamento da nota dos Estados Unidos²¹ pela agência de risco *Standard & Poor's*.

Os efeitos gerados pela incerteza política deram a trajetória econômica do país uma conotação altamente instável, na qual os movimentos da bolsa de valores podem ser observados em dois momentos distintos: o primeiro quando, no âmbito da operação lava jato²², o Ibovespa encerrou o dia com uma alta de 6,6% – a maior em mais de 7 anos²³; e o segundo quando temos

²¹ Rebaixamento da qualificação AAA para AA+.

²² No dia 17 de março de 2016 aumentaram as expectativas de *impeachment* da então presidente Dilma Rousseff, após divulgação pela justiça de escuta telefônica entre ela e o ex-presidente Luís Inácio Lula da Silva.

²³ Dia 2 de janeiro de 2009.

o acionamento, pela bolsa, do *circuit breaker*, após expectativa de renúncia do Presidente Michel Temer. Nessa perspectiva, a bolsa fechou o dia em queda de 8,8%²⁴; maior perda de valor de mercado em um único dia desde a crise do *subprime*.

A respeito das empresas selecionadas, algumas estatísticas descritivas básicas são apresentadas na Tabela 3. Observa-se como destaque o retorno médio de aproximadamente 10% da ação LAME4 contra o retorno médio inferior a 4,5% do índice Bovespa. Quanto à assimetria, todas as ações apresentaram coeficientes positivos, isto é, maior tendência de desvios positivos do que negativos em relação à média, com exceção da ação CMIG4. Verifica-se, contudo, que os retornos diários de todos os ativos apresentam uma distribuição leptocúrtica, devido ao excesso de curtose em relação à distribuição normal (3,0). Em comparação aos desvios padrões dos retornos, USIM5 e CSNA3 apresentaram os maiores desvios, o que as posicionam, em primeira instância, como empresas que possuem maior volatilidade. Aspecto que pode, dessa forma, ser entendido como uma medida de risco individual. Em contrapartida, ABEV3 e PCAR4 apresentaram-se com os menores desvios padrões do *pool* de ativos analisados. No mais, os resultados obtidos com o teste de normalidade Jarque-Bera indicaram a rejeição da normalidade da distribuição da série, com *p*-valor igual a zero.

Tabela 3 – Estatísticas Descritivas

Código	Média	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Jarque-Bera	<i>p</i> -valor
ABEV3	0,0945	0,0500	1,6808	0,2586	6,6733	1786,03	0,0000
BBAS3	0,0952	0,0000	2,7586	0,2192	8,4112	3825,33	0,0000
BBDC4	0,0928	0,0100	2,2332	0,5807	8,9567	4780,44	0,0000
CMIG4	0,0705	0,0400	2,4594	-0,3792	9,5454	5635,24	0,0000
CSNA3	0,0762	0,0000	3,3317	0,4733	7,5809	2839,89	0,0000
GGBR4	0,0508	0,0000	2,8497	0,2512	5,6794	964,55	0,0000
GOAU4	0,0250	0,0000	3,0687	0,1899	6,7267	1821,29	0,0000
IBOV	0,0401	0,0600	1,7549	0,1503	8,7537	982,29	0,0000
ITSA4	0,0901	0,0000	2,2514	0,7154	11,1073	8796,78	0,0000
ITUB4	0,0835	0,0300	2,3183	0,7641	10,4003	7406,40	0,0000
LAME4	0,1013	0,0000	2,5773	0,6135	11,5969	9787,86	0,0000
PCAR4	0,0497	0,0000	2,1055	0,3141	6,0591	1265,85	0,0000
PETR3	0,0501	0,0200	2,8074	0,3351	6,1963	1384,31	0,0000
PETR4	0,0534	0,1000	2,7566	0,1777	6,4949	1601,70	0,0000
USIM5	0,0437	-0,0500	3,4486	0,7790	9,8385	6384,80	0,0000
VALE3	0,0715	0,0200	2,7546	0,1798	6,3251	1451,81	0,0000
VALE5	0,0719	0,0800	2,5972	0,1284	5,7107	982,29	0,0000

Fonte: O autor, 2017.

²⁴ Dia 18 de maio de 2017.

3.2. Testes de Raiz Unitária

Antes de explorar as estimativas condizentes ao risco sistêmico, os testes de raiz unitária são feitos para verificar se as séries dos retornos diários dos ativos são, ou não, estacionárias (média e variância constante). A não estacionariedade de uma série temporal pode conduzir ao fenômeno de regressões espúrias. Tendo isso em mente, foram então realizados os testes Dickey-Fuller Aumentado (ADF) e Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS) com constante e tendência. A aplicação dos testes identificou que as séries de retornos dos ativos são estacionárias, ao nível de 1% de erro, e não contém raízes unitárias, conforme se observa na Tabela 4.

Tabela 4 – Testes de estacionariedade

Código	ADF*	KPSS**
ABEV3	-36,1000	0,0630
BBAS3	-53,7740	0,0469
BBDC4	-35,2811	0,0762
CMIG4	-56,3509	0,0248
CSNA3	-52,7149	0,0715
GGBR4	-52,8274	0,0692
GOAU4	-52,5672	0,0885
IBOV	-56,5207	0,0656
ITSA4	-53,7714	0,0563
ITUB4	-34,9096	0,0476
LAME4	-42,0184	0,0370
PCAR4	-54,8232	0,0740
PETR3	-54,8097	0,0752
PETR4	-54,8328	0,0698
USIM5	-50,7876	0,0858
VALE3	-34,9461	0,0950
VALE5	-53,2604	0,1153

*nível de significância de 1% = -3,9610

**nível de significância de 1% = 0,2160

Fonte: O Autor, 2017.

3.3. Risco Individual (VaR)

Realizadas as análises preliminares que permitem o prosseguimento da investigação sobre o risco, a Tabela 5 apresenta os resultados do risco individual, ambos mensurados nos quantis 1% e 5%. A abordagem do *value at risk* implica em uma perda máxima esperada para

um dia, de modo que seja atribuída baixa probabilidade de perda superior à esperada. Sob o quantil 1%, as ações das empresas CSN, Usiminas e a Metalúrgica Gerdau se mostraram mais arriscadas individualmente no sistema. Quanto ao quantil 5%, os resultados se mantiveram.

Sobre tal aspecto, podemos perceber, por exemplo, que a ação (PETR4) da Petrobrás é a quarta mais arriscada individualmente sob o quantil 1%, de forma que pode, em momentos de estresse, ter perdas diárias máximas de -7,348%. Ao analisar as perdas diárias entre as 3113 observações, verificaram-se 32 violações dos retornos dos papéis da Petrobrás ao *value at risk*. Dentre esses descumprimentos, as duas maiores quedas no valor de mercado da estatal aconteceram (1) na expectativa de renúncia do Presidente Michel Temer²⁵ (-15,76%); e (2) quando a corretora *Credit Suisse* rebaixou a recomendação dos papéis da estatal²⁶ (-13,76%). Das 32 violações ao VaR no quantil 1%, 15 ocorreram após 29 de setembro de 2014 e pelo menos 13 tiveram influência mais efetiva da crise brasileira recente²⁷. Aspecto que corrobora, assim, o reajuste no seu valor de mercado baseados nas evidências de corrupção na estatal, incerteza na produção e uma queda significativa dos investimentos futuros.

²⁵ Dia 18 de maio de 2017.

²⁶ Dia 12 de novembro de 2008.

²⁷ Divulgação de pesquisas eleitorais, a reeleição de Dilma Rousseff, denúncias da Operação Lava Jato, divulgação do balanço não auditado do terceiro trimestre de 2014 sem incluir perdas por denúncias de corrupção, intervenções judiciais sobre o rito do *impeachment* de Dilma Rousseff, divulgação de colaborações premiadas de ex-diretores da estatal, rumores de reclassificação do risco por agências internacionais, etc.

Tabela 5 – Resultados do Risco individual (VaR) e sistêmico para o mercado financeiro nacional (CoVaR)

Código	$VaR_{1\%}^i$	Ordem	$VaR_{5\%}^i$	Ordem	$\Delta CoVaR_{1\%}^{sistema i}$	Ordem	$\Delta CoVaR_{5\%}^{sistema i}$	Ordem
ABEV	-4,094	16 °	-2,600	16 °	-2,693	13 °	-1,582	14 °
BBAS3	-6,518	9°	-4,084	8 °	-3,275	7 °	-1,867	9 °
BBDC	-5,259	14 °	-3,210	15 °	-3,486	3 °	-2,018	5 °
CMIG4	-5,802	11 °	-3,594	11 °	-2,903	11 °	-1,409	16 °
CSNA	-8,325	1 °	-4,792	2 °	-2,873	12 °	-1,752	11 °
GGBR	-7,118	7 °	-4,284	5 °	-3,235	8 °	-1,929	7 °
GOAU	-8,125	3 °	-4,514	3 °	-3,120	10 °	-1,754	10 °
ITSA4	-5,375	13 °	-3,290	14 °	-3,327	5 °	-2,009	6 °
ITUB4	-5,578	12 °	-3,292	13 °	-3,442	4 °	-2,137	1 °
LAME	-6,009	10 °	-3,760	10 °	-2,588	15 °	-1,624	12 °
PCAR4	-5,073	15 °	-3,304	12 °	-2,589	14 °	-1,617	13 °
PETR3	-7,252	6 °	-4,306	4 °	-3,185	9 °	-2,027	4 °
PETR4	-7,348	4 °	-4,252	6 °	-3,560	1 °	-2,112	2 °
USIM5	-8,238	2 °	-5,104	1 °	-2,401	16 °	-1,549	15 °
VALE	-7,316	5 °	-4,126	7 °	-3,307	6 °	-1,879	8 °
VALE	-7,019	8 °	-4,054	9 °	-3,523	2 °	-2,066	3 °

Fonte: O autor, 2017 a partir de informações contidas no Apêndice B.

Nota: os resultados estão em porcentagem

3.4. Risco Sistêmico (CoVaR)

Além disso, a Tabela 5 tem como objetivo expor, sob ótica sistêmica, as correlações que se sucederam em momentos de *distress* financeiro, em contraste com a avaliação individual de risco que não é capaz de capturar esses efeitos. Como resultado, a ação PETR4 da empresa Petrobrás é a que oferece o maior risco sistêmico (-3,56%) sob o $\Delta CoVaR_{1\%}^{sistema|i}$, isto é, a que mais causa o efeito *spillover* ao sistema financeiro, quando esta encontra-se em um momento de perdas elevadas. Sob o mesmo ponto de vista, ao quantil 1%, o segundo ativo sistemicamente mais importante no mercado financeiro nacional é o da empresa Vale; na qual pode-se correlacionar as próprias perdas com o *value at risk* do sistema, resultando em -3,523%. Em seguida, o *ranking* dos ativos das empresas sistemicamente importantes é caracterizado pelo sistema bancário, com o BBDC4(-3,486%), ITUB4 (-3,442%), ITSA4 (-3,327 %) e BBAS3(-3,275%).

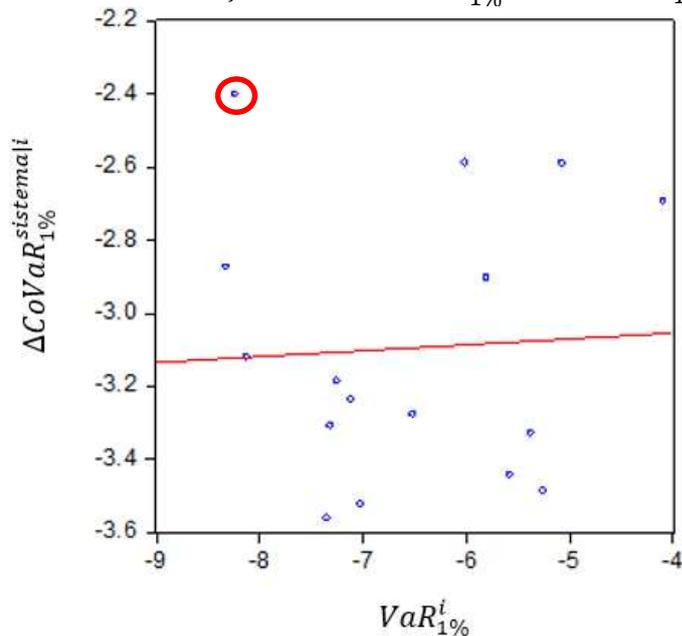
A participação bancária na contribuição marginal ao risco sistêmico fica ainda mais explícita quando examinamos a aplicação do $\Delta CoVaR_{5\%}^{sistema|i}$. O ativo (ITUB4) do banco Itaú-Unibanco foi o que mais causa efeito *spillover* ao sistema financeiro, de maneira que a ocorrência de um estresse financeiro individual transbordaria em -2,137% no *value at risk* do

sistema. O resultado obtido com a presença dos papéis Petrobrás como segundo ativo sistemicamente mais importante, corrobora em parte com os resultados obtidos por Almeida, Frascaroli e Cunha (2012). Tendo em mente a importância da petroleira estatal como um agente desestabilizador do índice Bovespa em momentos de perdas, de acordo com os autores, um *distress* financeiro nos retornos da PETR4 representaria uma maior contribuição marginal para o valor em risco do mercado sob o quantil de 5%.

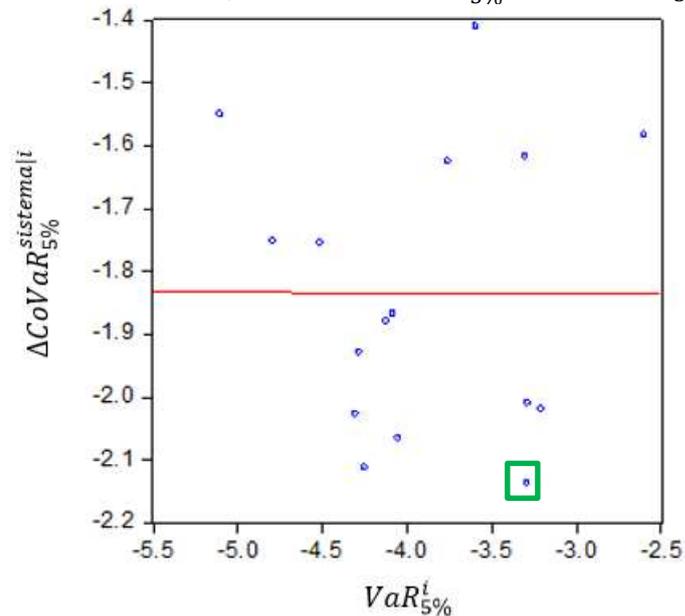
3.4.1 Análise Comparativa

Na medida que as informações aferidas com os resultados, tanto sob o *value at risk* quanto o risco sistêmico, foram observados dois pontos importantes. O Primeiro ponto é a falta de correlação entre o risco sistêmico e o risco individual, como foi abordado por Adrian e Brunnermeier (2016). Esta informação corrobora para com o uso do ΔCoVaR na captação dos efeitos *spillovers*, de modo que o VaR tradicional não se mostra capaz de captá-los, i.e., ratificando, assim, a necessidade de observância dos órgãos reguladores sob o risco sistêmico. Para melhor visualização deste ponto, a representação da falta de correlação entre as medidas de risco pode ser observada nos Gráficos 4 e 5.

Sobre tais, mais especificamente, é importante pôr em evidência a situação das empresas que ocupam lados opostos nos resultados de classificação de risco. A ação da empresa Usiminas (círculo vermelho), por exemplo, sob quantil 1%, mostrou-se menos capaz de transmitir o efeito *spillover* ao índice Bovespa. No entanto, no que diz respeito ao âmbito individual, apresenta o segundo maior *value at risk*, representando, assim, o maior risco no mercado financeiro. Da mesma forma, os papéis do banco Itaú-Unibanco (quadrado verde), que apresentam o maior risco sistêmico ao quantil 5%, possuem um baixo risco individual, em comparação com outros ativos das outras empresas analisadas no presente trabalho.

Gráfico 4 – Relação entre $\Delta CoVaR_{1\%}^{sistemali}$ e $VaR_{1\%}^i$ 

Fonte: O autor, 2017.

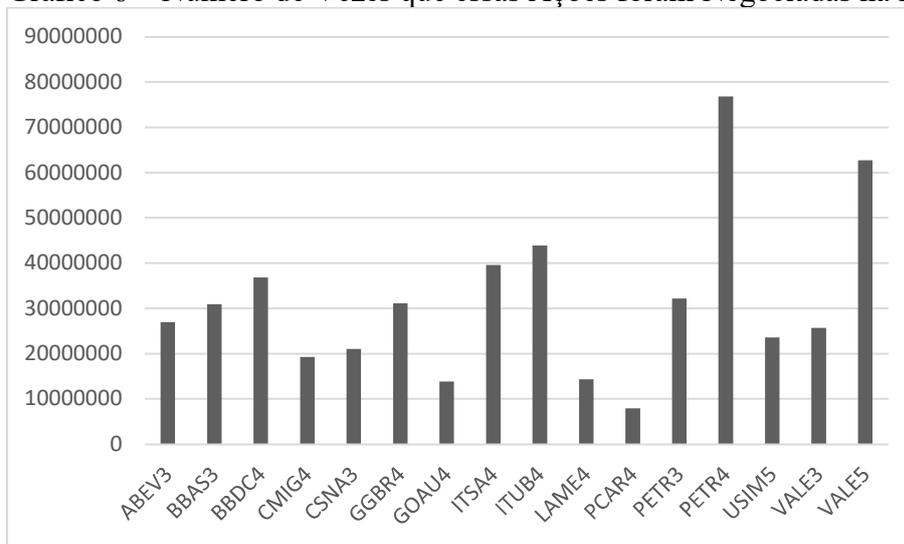
Gráfico 5 – Relação entre $\Delta CoVaR_{5\%}^{sistemali}$ e $VaR_{5\%}^i$ 

Fonte: O autor, 2017.

Ao analisar o segundo ponto destacado nesta seção, é interessante considerar outras óticas a serem observadas além dos retornos das ações de cada empresa, como por exemplo, a quantidade de vezes que esses papéis foram efetivamente transacionados dentro do pregão na bolsa de valores. O número de negócios é um importante indicador de liquidez, já que mede a negociabilidade de uma ação. Nesse sentido, esses ativos são passíveis de especulações, de

forma que a compra e venda de ações nem sempre está relacionada com os fundamentos econômicos das empresas, mas com na expectativa de valorização e desvalorização dos ativos. Tendo em vista o Gráfico 6, na qual observa-se o número de ações negociadas do nosso conjunto de ativos, constatou-se que a ação PETR4 foi o papel mais transacionado na bolsa, em consonância com a sua posição de ativo com o maior risco sistêmico no quantil 1% (Tabela 5), Da mesma maneira, VALE5 e ITUB4 ocuparam os primeiros lugares do *ranking* de risco sistêmico e de liquidez.

Gráfico 6 – Número de Vezes que essas Ações foram Negociadas na Bovespa



Fonte: O autor, 2017.

3.5. Matriz de Efeito Contágio

Em concordância com o exposto na seção 3.4.1, a abordagem $\Delta CoVaR_q^{ji}$ pode ser aplicada não só como um índice único de risco sistêmico, mas também como uma medida capaz de formar uma rede financeira que captura os efeitos *spillovers* entre empresas ou setores da economia. Os resultados desta rede combinam, em forma de uma matriz, as conexões das externalidades negativas em momentos de angústia financeira entre as ações das empresas, permitindo a exposição do efeito contágio entre uma série de ativos. Conforme destacado por Adrian e Brunnermeier (2016), a construção de uma matriz de contágio possibilita responder a questionamentos como “quanto as ações ou ativos da empresa n influencia as demais”, observando o somatório das colunas; ou até mesmo “quanto as ações ou ativos da empresa n é

influenciada pelas demais” considerando o somatório referente as linhas. A matriz cumpre este duplo papel de relacionar quantis inferiores das funções densidade de probabilidade dos retornos dos ativos com suas posições de influência sobre o mercado. Cabe destacar o efeito assimétrico entre as externalidades negativas interempresariais, i.e., de um momento de estresse financeiro da instituição i , de forma a causar um grande aumento de risco na instituição j . No entanto, enquanto a instituição j quase não provocar efeito *spillover* na instituição i , não haverá razão para que $\Delta CoVaR_q^{j|i}$ seja igual a $\Delta CoVaR_q^{i|j}$, e vice-versa. Ademais, a análise sob as matrizes exposta no Apêndice C é vasta, e pode ascender discussões no âmbito microeconômico entre as correlações do risco, seja interempresarial ou intrasetorial.

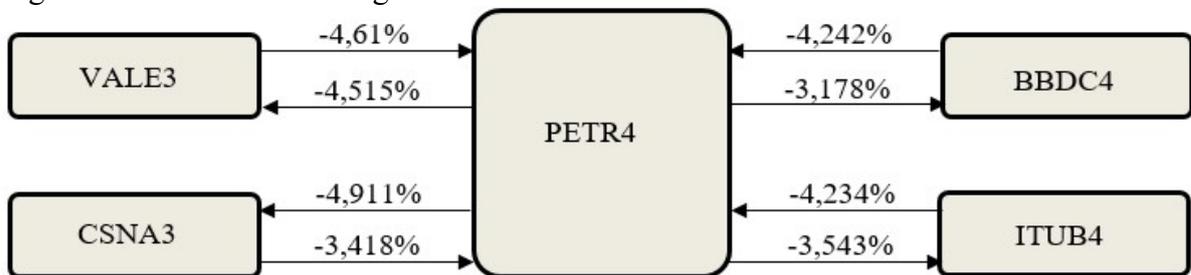
As ações da Usiminas, sob a análise do quantil 1%, apresenta-se como os que menos causam efeito contágio às outras empresas selecionadas, representando -41,098% em perdas para as outras empresas quando ela encontra-se em um momento de estresse financeiro ($VaR_{1\%}^i = -8,238\%$). Como resultado, face aos riscos atribuídos a empresa no processo matricial, a VALE5(-5,961%), CSNA3(-5,534%) e GGBR4 (-5,533%) são os ativos que mais possuem efeito contágio individualmente sobre a própria Usiminas. Enquanto CSNA3(-4,637%), GGBR4 (-4,376%) e GOAU4 (-3,323%) são os ativos que mais sofrem com a externalidade negativa da USIM5.

VALE5, por sua vez, nas mesmas condições do quantil 1%, apresenta-se como o ativo que mais teve capacidade de contágio sob as demais empresas no sistema financeiro. Assim, quando o ativo da Vale se encontra em um momento de perda elevada ($VaR_{1\%}^i = -7,019\%$), o efeito *spillover* total é de -61,578% de perda para outros ativos. A VALE5, além de influenciar diretamente suas ações ordinárias (VALE3), tem maior ascendência sobre os papéis da CSN e da Gerdau. A CSN, por sua vez, mostrou-se a mais vulnerável do sistema, em contraponto com a Ambev (ABEV3), que se mostrou a mais resguarda nesta análise.

Na seção 4.3, na qual foram apresentados os resultados a respeito do risco sistêmico (Tabela 5), os papéis a Petrobras, dentre as demais, revelaram-se como os mais importantes sistemicamente sob o quantil 1%. Por certo, espera-se que PETR4 não tenha o mesmo desempenho na abordagem da matriz de efeito contágio, uma vez que o índice de risco sistêmico único é uma implicação direta do índice Bovespa, que contém um número maior de informações em seu comportamento. Sendo assim, com base na matriz de contágio do Apêndice C (Tabela 10), podemos observar na Figura 3 o comportamento dos ativos da Petrobrás frente aos efeitos *spillovers* verificados pelo $\Delta CoVaR_{1\%}^{j|i}$ entre os ativos da Vale, CSN, Bradesco e o Itaú-Unibanco. A representação baseia-se no nível de contágio, uma vez que a Vale e a CSN são as

empresas que mais sofrem externalidades negativas quando a Petrobrás (ações) encontra-se em um *distress* financeiro ($Var_{1\%}^i = -7,348\%$). Além disso, os bancos Bradesco e Itaú-Unibanco são as instituições (juntamente como a Vale) que mais exercem transbordamento negativo na petroleira estatal através de movimentos em seus papéis. Deve se levar em conta a observância de assimetria de efeitos de contágio entre esses ativos, podendo ser interpretado como uma espécie de domínio (seja ele não tão rígido), como, por exemplo, a dominância dos bancos sobre a Petrobrás, que por sua vez domina os efeitos *spillovers* sobre a CSN - a mais vulnerável sob a ótica da matriz de efeito contágio.

Figura 3 – Conexão de contágio de PETR4

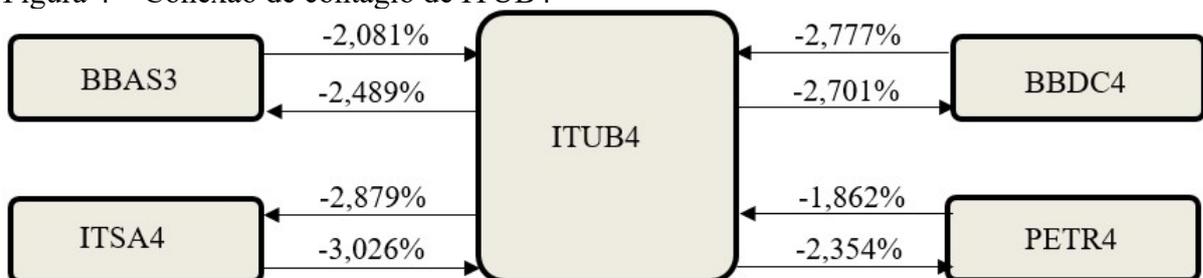


Fonte: O autor, 2017 a partir da Tabela 10 no Apêndice C.

Conforme os resultados do matriz de efeito contágio ao nível do quantil a 1%, deve se observar também as implicações sob o quantil a 5%, uma vez que as análises de risco devem se aplicar em várias camadas, a fim de reproduzir mecanismos de gerenciamento da exposição ao risco sistêmico. No entanto, dada a matriz de efeito contágio no Apêndice C (Tabela 11), constata-se, em linhas gerais, pouca diferença entre as posições das empresas, alterando no máximo duas posições de uma matriz para outra. A Vale (ações) continua representando a empresa que mais causam transbordamentos negativos nas demais, em especial às instituições do setor de materiais básicos e a Petrobrás. As ações da Gerdau, Petrobrás e Bradesco acompanham a sequência deste *ranking*. Do lado oposto deste ordenamento, contudo, encontram-se Cemig, Ambev, Lojas Americanas e Pão de açúcar como as empresas que menos causam efeitos *spillovers* nas demais instituições sob o quantil 5% em movimentos de seus papéis. Dada a matriz de efeito contágio no Apêndice C (Tabela 11), frente o quantil 5%, o papel da CSN, no cenário apresentado, continua sendo o que mais recebe transbordamentos negativo dos demais ativo, em especial os setores de material básico e bancário. A Gerdau, Usiminas, Metalúrgica Gerdau e a Petrobrás promovem a sequência que mais sofrem efeito contágio diante um *distress* financeiro das demais empresas.

No entanto, referente ao índice único do risco sistêmico (Tabela 5), o banco Itaú-Unibanco foi classificado como a empresa que mais colabora marginalmente para o risco sistêmico no quantil 5%. Assim, através da elaboração do matriz efeito contágio, podemos observar suas conexões e medir seus efeitos de transbordamento responsáveis por colocar o banco nesta posição. Na figura 4, observamos, entretanto, como se estabelece o comportamento das externalidades negativas referentes ao Itaú-Unibanco com outros ativos bancários (sua *holding* Itaúsa, Bradesco e Banco do Brasil), bem como a relação com PETR4. Primeiramente, pode-se identificar a predominantemente presença do sistema bancário como vetor de contágio referentes ao Itaú-Unibanco, característica frequente quando se observa o efeito contágio dentro de um setor da economia. Considerando a conexão entre ITUB4 e BBDC4, percebe-se uma maior simetria entre suas correlações em momentos de estresse financeiro. Uma vez que a dominância entre os ativos bancários não se estabelece, a diferença entre a relação ITUB4 e BBAS3 resulta num pequeno domínio do banco privado sobre o banco público. A relação de ascendência do ITSA4 sob o ITUB4, apresentada entre o banco e sua *holding*, é esperada – uma vez que operacionalmente a Itaúsa dispõe de controles sobre suas subsidiárias e ações, conforme exposto na matriz de efeito contágio – capturado pela correlação de cauda entre suas ações (Figura 4 e Tabela 11). A Petrobrás, única empresa fora do sistema bancário, é a quarta ação que mais causa consequências em *spillovers* sob ITUB4, sendo dominada pelas respostas do efeito contágio entre ela e as ações do banco Itaú-Unibanco, mostrando que elevadas perdas financeiras deste ($VarR_{1\%}^i = -3,290\%$) causam externalidades negativas da ordem de -2,354% na estatal. Os papéis PETR4 são os mais líquidos dentro bolsa de valores, assim como é representante de uma empresa sistemicamente importante, que sob a ótica do mercado financeiro, é previsível que exista contágio entre ambas as ações, mesmo que não simétrico – devido a composição de seus negócios (privado e estatal).

Figura 4 – Conexão de contágio de ITUB4



Fonte: O autor, 2017 a partir da Tabela 11.

3.6. Exposição ao Contágio

A última análise da aplicação do CoVaR, conforme especificado na seção 3.4.2, é o resultado da mensuração do risco sistêmico “inverso” – ou “*exposure CoVaR*”, como Adrian e Brunnermeier (2016) denominaram. Esta medida é a dimensão conveniente para organizar as empresas que mais estão expostas ao risco de uma queda elevada do sistema financeiro brasileiro. O índice Bovespa possui um *value at risk* relativamente baixo ($VaR_{1\%}^i = -4,366\%$ e $VaR_{5\%}^i = -2,760\%$). Visto que este consiste em um índice que pondera múltiplos movimentos da bolsa, sendo notório a diversificação de riscos atribuídos a ele. A tabela 6 indica o resultado da contribuição marginal para a vulnerabilidade dos retornos da empresa *i* condicionada a uma angústia financeira do sistema. Observa-se, ainda, a coerência dos resultados de exposição ao contágio com a matriz de efeito contágio (Apêndice C – Tabela 10 e tabela 11). Em ambos os quantis analisados, a CSN apresenta o maior grau de exposição ao *distress* financeiro do sistema, acompanhada por ativos do setor de matérias básicos e a Petrobrás. Os setores atribuídos ao consumo – Ambev, Pão de açúcar e Lojas Americanas – destacam-se pela menor capacidade de sofrerem externalidades negativas de um estresse financeiro do Ibovespa, assim como o setor bancário também desenvolve essa característica.

Tabela 6 – Exposição ao Contágio

Código	$\Delta CoVaR_{1\%}^{j i}$	Ordem	$\Delta CoVaR_{5\%}^{j i}$	Ordem
ABEV3	-2,144%	16	-1,510%	16
BBAS3	-4,871%	8	-3,190%	8
BBDC4	-4,354%	12	-2,825%	11
CMIG4	-3,503%	14	-2,395%	14
CSNA3	-6,746%	1	-3,694%	1
GGBR4	-4,654%	11	-3,252%	6
GOAU4	-5,268%	5	-3,295%	5
ITSA4	-4,293%	13	-2,763%	12
ITUB4	-4,749%	10	-2,924%	10
LAME4	-4,808%	9	-2,606%	13
PCAR4	-3,064%	15	-1,787%	15
PETR3	-4,971%	6	-3,416%	3
PETR4	-5,735%	3	-3,646%	2
USIM5	-5,851%	2	-3,295%	4
VALE3	-5,421%	4	-3,225%	7
VALE5	-4,917%	7	-3,026%	9

Fonte: O autor, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou analisar, por intermédio da abordagem $\Delta CoVaR$, o risco sistêmico brasileiro, i.e., o risco da capacidade de todo o sistema financeiro nacional ser prejudicado através da contribuição de empresas de capital aberto em momentos de perdas elevadas. Esse efeito contágio entre sistema e empresa pode acontecer devido a vínculos diretos ou de forma indireta entre instituições, de modo que as informações contidas nos retornos das ações são capazes de indicar as expectativas dos agentes sobre o valor presente de lucros futuros de cada empresa.

Em virtude do objetivo proposto, a medida empregada baseia-se no valor em risco do sistema financeiro condicional a um estresse em uma dada instituição a ser examinada. Assim, a metodologia empregada utiliza-se de regressões quantílicas nos quantis 1% e 5% para a estimação das correlações de cauda, visto que o interesse assenta-se em momentos de elevadas perdas financeiras dos retornos das ações entre o sistema *i.*, expondo, desta forma, a escolha dos quantis que dividem o intervalo de frequência da amostra. Conforme exposto na seção 2.3, a utilização desse tipo de regressão é imprescindível, sendo significativamente superior a outras metodologias, como o GARCH, por exemplo. Ademais, o emprego de testes estatísticos como o ADF, KPSS e JB na seção 4.1 e 4.2 são extremamente necessários, uma vez que sua não verificação pode acarretar em regressões espúrias, o que não foi atribuído aos resultados aqui obtidos.

Mesmo que a abordagem $\Delta CoVaR$, conforme evidenciado nos Gráficos 4 e 5, não possua correlação significativa com o VaR, o emprego do risco individual também é oportuna, uma vez que nenhuma medida de risco univocamente é capaz de mensurar a exposição de uma empresa a diversos fatores de risco. Essa ponderação deve ser feita inclusive para o próprio $\Delta CoVaR$, sendo indispensável o emprego de outras medidas além dessas para o embasamento do emprego de políticas públicas que tenham com propósito mitigar os efeitos severos de uma crise financeira.

Cabe, entretanto, ressaltar a relevância do $\Delta CoVaR$ na mensuração do risco sistêmico devido ao seu poder de captura dos eventos de cauda que tendem a se espalhar por empresas durante crises financeiras. Dado este fato, resultados aferidos apresentaram a Petrobrás (PETR4) como que mais contribuiu marginalmente para o risco sistêmico sob o quantil 1%, bem como o banco Itaú-Unibanco (ITUB4), que se mostraram sistemicamente mais importante quando analisado por efeito do quantil 5%. A classificação de diferentes papéis em relação ao

quantil atribuído expõem a presença de eventos extremos na cauda de distribuição de frequência. Como no caso referido, os ativos da Petrobrás apresentam maior efeito de cauda longa, como o maior número de eventos nessa área da sua distribuição.

A exposição da Petrobrás como a instituição de maior importância sistêmica sob o quanti 1%, evidencia tanto a parcela sistêmica do Governo Federal na presença de externalidades negativas perante o sistema financeiro nacional, quanto um posicionamento sujeito a flutuações do mercado de petróleo. Do mesmo modo, dado o Itaú-Unibanco como a empresa que mais contribuiu marginalmente para o risco sistêmico sob o quantil 5%, enfatiza-se a importância dos bancos para o sistema financeiro sob uma perspectiva macroprudencial.

Em contrapartida, a metodologia desta dissertação também foi aplicada sob uma ótica microprudencial, através da elaboração de matrizes de efeito contágio apresentada no Apêndice C, relacionando face a face instituições individualmente às suas externalidades negativas. Os resultados obtidos sob as matrizes evidenciam uma idiosincrasia setorial da economia nos efeitos *spillovers*, de maneira que as externalidades negativas são mais evidentes intrasetorialmente, conforme observado no setor bancário e no de materiais básicos. Além disso, aplicou-se o CoVaR com o intuito de apresentar quais instituições estariam mais expostas em um momento de *distress* financeiro no Ibovespa, de modo a complementar os resultados da matriz de efeito contágio. Os resultados são coerentes, assim, podemos observar que a CSN é a empresa que mais efeito contágio sofria diante uma queda elevada do índice Bovespa.

Recomenda-se que trabalhos futuros incluam uma análise mais específica sobre setores da economia, como, por exemplo, o setor bancário e, sobre este, novas variáveis microeconômicas nacionais e internacionais, bem como componentes de balanços das empresas, derivativos, avaliações de agências de risco, entre outras. Sugere-se também a extensão do modelo CoVaR para a análise do risco sistêmico dinâmico e a possibilidade preditiva da medida. Em síntese, apesar de que muitas abordagens estatísticas tenham surgido no debate acadêmico acerca do risco sistêmico nos últimos anos, ainda é necessária a discussão sobre o tema, uma vez que colapsos financeiros detém elevados custos sociais quando eclodem. Assim, sua mitigação e identificação de grandes pontos falhos nos mercados são fatores de extrema necessidade.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ACHARYA, Viral V. et al. Measuring Systemic Risk, **Review Of Financial Studies**, [s.l.], v. 30, n. 1, p.2-47, 19 out. 2016. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/rfs/hhw088>>. Acesso em: 3 jan. 2017

ADAMS, Zeno; FÜSS, Roland; GROPP, Reint. Spillover Effects among Financial Institutions: A State-Dependent Sensitivity Value-at-Risk Approach, **Journal Of Financial And Quantitative Analysis**, [s.l.], v. 49, n. 3, p.575-598, 30 maio 2014. Cambridge University Press (CUP). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/s0022109014000325>>. Acesso em: 3 jan. 2017

ADRIAN, Tobias; BRUNNERMEIER, Markus K.. CoVaR. **American Economic Review**, [s.l.], v. 106, n. 7, p.1705-1741, jul. 2016. American Economic Association. <<http://dx.doi.org/10.1257/aer.20120555>>. Acesso em: 3 jan. 2017

ALLEN, Franklin; GALE, Douglas. Financial Contagion. **Journal Of Political Economy**, [s.l.], v. 108, n. 1, p.1-33, fev. 2000. University of Chicago Press. <<http://dx.doi.org/10.1086/262109>>. Acesso em: 3 jan. 2017

ALMEIDA, A. T. C.; FRASCAROLI, B. F.; CUNHA, D. R. Medidas de risco e matriz de contágio: uma aplicação do CoVaR para o mercado financeiro brasileiro, **Revista Brasileira de Finanças**, v. 10, n. 4, p. 551-584, 2012.

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças Corporativas e Valor**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2014.

BASTOS, Carlos Pinkusfeld; TEIXEIRA, Lucas. Política econômica em tempos de crise: a reação do governo norte-americano à crise subprime. **Anais do XLIII Encontro Nacional de Economia**. Niterói, p. 1-20. jan. 2015.

BAUMAN, Z.; BORDONI, C. **Estado de Crise**. Rio de Janeiro: Zahar, 2016.

BERNANKE, B. S. **The great moderation**: remarks by Governor Ben S. Eastern Economic Association, Washington, DC, 20 fev. 2004.

BHANSALI, Vineer; GINGRICH, Robert; LONGSTAFF, Francis A.. Systemic Credit Risk: What Is the Market Telling Us?. **Financial Analysts Journal**, [s.l.], v. 64, n. 4, p.16-24, jul. 2008. Informa UK Limited. <<http://dx.doi.org/10.2469/faj.v64.n4.2>>. Acesso em: 3 jan. 2017

BILLIO, Monica et al. Econometric measures of connectedness and systemic risk in the finance and insurance sectors. **Journal Of Financial Economics**, [s.l.], v. 104, n. 3, p.535-559, jun. 2012. Elsevier BV. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfineco.2011.12.010>>. Acesso em: 3 jan. 2017

BIS. BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. **64th Annual Report**. Basel, 1994.

BIS. BANK OF INTERNATIONAL SETTLEMENTS. **Basel III: international regulatory framework for banks**. Basel, 2011.

BISIAS, Dimitrios et al. A Survey of Systemic Risk Analytics. **Annual Review Of Financial Economics**, [s.l.], v. 4, n. 1, p.255-296, out. 2012. Annual Reviews.

<<http://dx.doi.org/10.1146/annurev-financial-110311-101754>>. Acesso em: 3 jan. 2017

BROWNLEES, Christian T.; ENGLE, Robert F.. Volatility, Correlation and Tails for Systemic Risk Measurement. **Ssrn Electronic Journal**, 2011. Elsevier BV.

<<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1611229>>. Acesso em: 3 jan. 2017

BRUNNERMEIER, Markus K. **Asset pricing under asymmetric information: bubbles, crashes, technical analysis, and herding**. Oxford University Press, 2001.

CIHAN, Bilginsoy. **A History of Financial Crises - Dreams and Follies of Expectations**. Routledge. 2015.

DAVIS, P. **Debt, Financial Fragility, and Systemic Risk**. Oxford: Clarendon, 1995.

BANDT, Olivier de; HARTMANN, Philipp. **Systemic risk: A survey**. Working Paper Series No 35. European Central Bank, 2000.

NICOLÒ, Gianni de; LUCCHETTA, Marcella. Forecasting Tail Risks. **Journal Of Applied Econometrics**, [s.l.], v. 32, n. 1, p.159-170, 17 mar. 2016. Wiley.

<<http://dx.doi.org/10.1002/jae.2509>>. Acesso em: 3 jan. 2017

DERMAN, E. **Model Risk**. Technical Report, Goldman Sachs, New York, 1996.

DICKEY, David A.; FULLER, Wayne A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. **Journal Of The American Statistical Association**, [s.l.], v. 74, n. 366, p.427-431, jun. 1979. Informa UK Limited.

<<http://dx.doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>>. Acesso em: 3 jan. 2017

DUFFIE, D.; Singleton K. **Credit Risk: Pricing Measurement and Management**. Princeton University Press, Princeton, 2003.

DUNGEY, M.; Fry R. A.; González-Hermosillo, B.; Martin, V. L. **Transmission of Financial Crises and Contagion**. Oxford University Press, 2011.

EDWARDS, Sebastian. Contagion. **The World Economy**, [s.l.], v. 23, n. 7, p.873-900, jul. 2000. Wiley. <<http://dx.doi.org/10.1111/1467-9701.00307>>. Acesso em: 3 jan. 2017

EISENBERG, Larry; NOE, Thomas H.. Systemic Risk in Financial Systems. **Management Science**, [s.l.], v. 47, n. 2, p.236-249, fev. 2001. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). <<http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.47.2.236.9835>>. Acesso em: 3 jan. 2017

ENGLE, Robert F; MANGANELLI, Simone. CAViaR. **Journal Of Business & Economic Statistics**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.367-381, out. 2004. Informa UK Limited.

<http://dx.doi.org/10.1198/073500104000000370>>. Acesso em: 3 jan. 2017

EUROPEAN CENTRAL BANK. **Annual Report. 2004**. Disponível em

<<https://www.ecb.europa.eu>>. Acesso em: 3 jan. 2017

FISHER, Irving. **Booms and Depressions**. New York: Adelphi, 1932.

FORBES, Kristin J.; RIGOBON, Roberto. No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Market Comovements. **The Journal Of Finance**, [s.l.], v. 57, n. 5, p.2223-2261, out. 2002. Wiley. <<http://dx.doi.org/10.1111/0022-1082.00494>>. Acesso em: 3 jan. 2017

FRIEDMAN, M.; SCHWARTZ, A.. **Monetary History of the United States**. Princeton University Press, 1963.

GAUTHIER, Céline; LEHAR, Alfred; SOUISSI, Moez. Macroprudential capital requirements and systemic risk. **Journal Of Financial Intermediation**, [s.l.], v. 21, n. 4, p.594-618, out. 2012. Elsevier BV. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfi.2012.01.005>>. Acesso em: 3 jan. 2017

GIGLIO, Stefano; KELLY, Bryan; PRUITT, Seth. Systemic risk and the macroeconomy: An empirical evaluation. **Journal Of Financial Economics**, [s.l.], v. 119, n. 3, p.457-471, mar. 2016. Elsevier BV. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfineco.2016.01.010>>. Acesso em: 3 jan. 2017

GROUP OF TEN. **Report on Consolidation in the Financial Sector**. 2001.

HAYEK, F. A.. The Use of Knowledge in Society. **American Economic Review**, v. 35, n. 4, p.519-530, jul. 1945.

HAUTSCH, N.; SCHAUMBURG, J.; SCHIENLE, M.. Financial Network Systemic Risk Contributions. **Review Of Finance**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.685-738, 24 mar. 2014. Oxford University Press (OUP). <<http://dx.doi.org/10.1093/rof/rfu010>>. Acesso em: 3 jan. 2017

HUANG, Xin; ZHOU, Hao; ZHU, Haibin. Systemic Risk Contributions. **Journal Of Financial Services Research**, [s.l.], v. 42, n. 1-2, p.55-83, 2012. Springer Science and Business Media LLC. <<http://dx.doi.org/10.1007/s10693-011-0117-8>>. Acesso em: 3 jan. 2017

JARQUE, Carlos M.; BERA, Anil K.. A Test for Normality of Observations and Regression Residuals. **International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique**, [s.l.], v. 55, n. 2, p.163-172, ago. 1987. JSTOR. <<http://dx.doi.org/10.2307/1403192>>. Acesso em: 3 jan. 2017

JORION, Philippe. **Financial Risk Manager Handbook Plus Test Bank**. John Wiley & Sons, Inc. ed. 6, 2011.

JORION, Philippe. **Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk**. Irwin Professional. Illinois, 2005.

KAMINSKY, Graciela L; REINHART, Carmen M. The Twin Crises: The Causes of Banking and Balance-of-Payments Problems. **American Economic Review**, [s.l.], v. 89, n. 3, p.473-500, jun. 1999. American Economic Association.

KAMINSKY, Graciela L; REINHART, Carmen M. The center and the periphery: The globalization of financial turmoil. **NBER Working Paper 9479**, 2003.

KAUFMAN, G. G.; Scott K. E. What Is Systemic Risk, and Do Bank Regulators Retard or Contribute to It?. **The Independent Review**, v. 7, n. 3, p.371-391, 2003.

KWIATKOWSKI, Denis et al. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. **Journal Of Econometrics**, [s.l.], v. 54, n. 1-3, p.159-178, out. 1992. Elsevier BV. <[http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90104-y](http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-y)>. Acesso em: 3 jan. 2017

KINDLEBERGER, C. P.; ALIBER, R. Z. **Manias, Pânicos e Crises: Uma História das Crises Financeiras**. 2003.

KODRES, Laura E.; PRITSKER, Matthew. A Rational Expectations Model of Financial Contagion. **The Journal Of Finance**, [s.l.], v. 57, n. 2, p.769-799, abr. 2002. Wiley. <<http://dx.doi.org/10.1111/1540-6261.00441>>. Acesso em: 3 jan. 2017

KOENKER, Roger; BASSETT, Gilbert. Regression Quantiles. **Econometrica**, [s.l.], v. 46, n. 1, p.33-50, jan. 1978. JSTOR. <<http://dx.doi.org/10.2307/1913643>>. Acesso em: 3 jan. 2017

LEONTIEF, Wassily W.. Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. **The Review Of Economics And Statistics**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.105-125, ago. 1936. JSTOR. <<http://dx.doi.org/10.2307/1927837>>. Acesso em: 3 jan. 2017

LONGSTAFF, Francis A.; RAJAN, Arvind. An Empirical Analysis of the Pricing of Collateralized Debt Obligations. **The Journal Of Finance**, [s.l.], v. 63, n. 2, p.529-563, abr. 2008. Wiley. <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-6261.2008.01330.x>>. Acesso em: 3 jan. 2017

LÓPEZ-ESPINOSA, Germán et al. Systemic risk and asymmetric responses in the financial industry. **Journal Of Banking & Finance**, [s.l.], v. 58, p.471-485, set. 2015. Elsevier BV. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbankfin.2015.05.004>>. Acesso em: 3 jan. 2017

LUCATELLI, Adriano. **Finance and World Order - Financial Fragility, Systemic Risk, and Transnational Regimes**. London, 1997.

MARKOWITZ, Harry. PORTFOLIO SELECTION. **The Journal Of Finance**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.77-91, mar. 1952. Wiley. <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>>. Acesso em: 3 jan. 2017

MELLO, P. C.; SPOLADOR, H. **Crises financeiras: Quebras, Medos e Especulações do Mercado**. St. Paul, 3ª Edição. 2012.

MINSKY, Hyman. Financial instability Revisited: The Economics of Disaster. **Federal Reserve**, 1972.

MOTA, E. G.; SEVILLANO, M. M. Dodd-Frank Wall Street Reform: Un Cambio Profundo en el Sistema Financiero de Estados Unidos. **Banco de España**. estabilidad financiera, NÚM. 19, 2010.

PAVLOVA, Anna; RIGOBON, Roberto. Asset Prices and Exchange Rates. **Review of Financial Studies**, [s.l.], v. 20, n. 4, p.1139-1180, 29 jan. 2007. Oxford University Press (OUP). <<http://dx.doi.org/10.1093/revfin/hhm008>>. Acesso em: 3 jan. 2017

PINHEIRO, J. **Mercado de Capitais: Fundamentos e técnicas**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

Roubini, Nouriel; Mihm, Stephen. **Economia das Crises: Um Curso Relâmpago Sobre o Futuro do Sistema Financeiro Internacional**. 2010.

SAYAD, João. **Dinheiro, dinheiro: Inflação, desemprego, crises financeiras e bancos.** 2015.

SCANDIZZO, S. **The Validation of Risk Models: A Handbook for Practitioners.** Palgrave Macmillan, 1st ed, 2016.

SCHWARCZ, S. L. Systemic Risk. **Georgetown Law Journal**, v. 97, n. 1, p193-249, 2008.

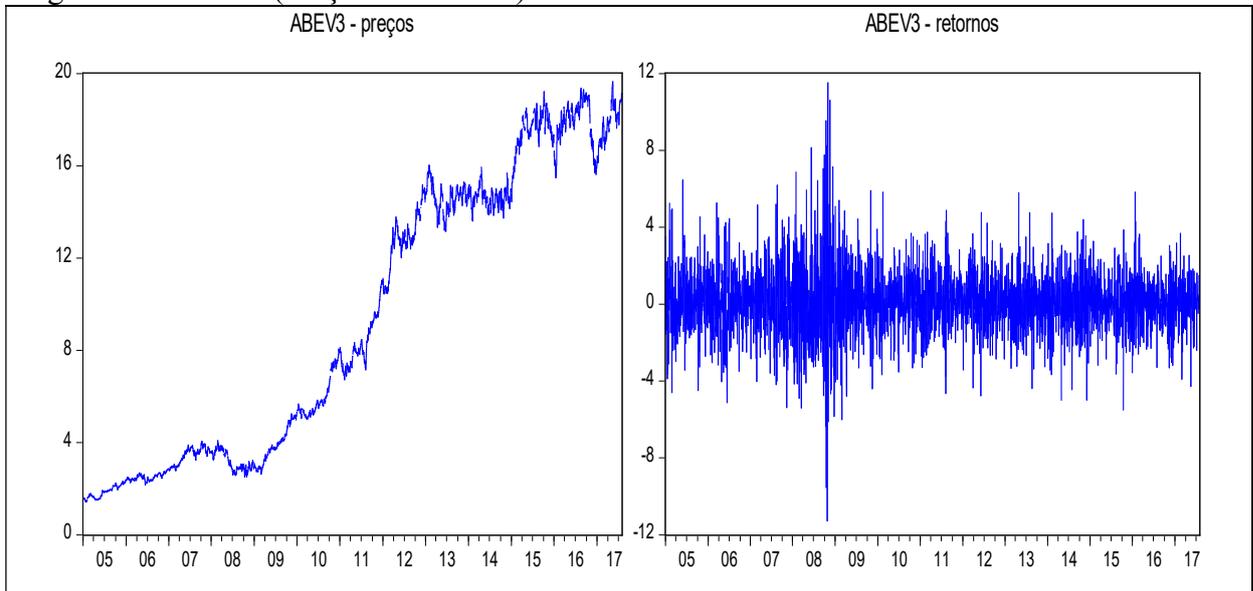
SCHWARTZ, Anna. Real and Pseudo-Financial Crises. **National Bureau of Economic Research**, p. 271-288, 1987.

TRISTÃO, D. S. **CoVaR como Medida de Contribuição ao Risco Sistêmico, Aplicado às Instituições do Sistema Financeiro Brasileiro.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

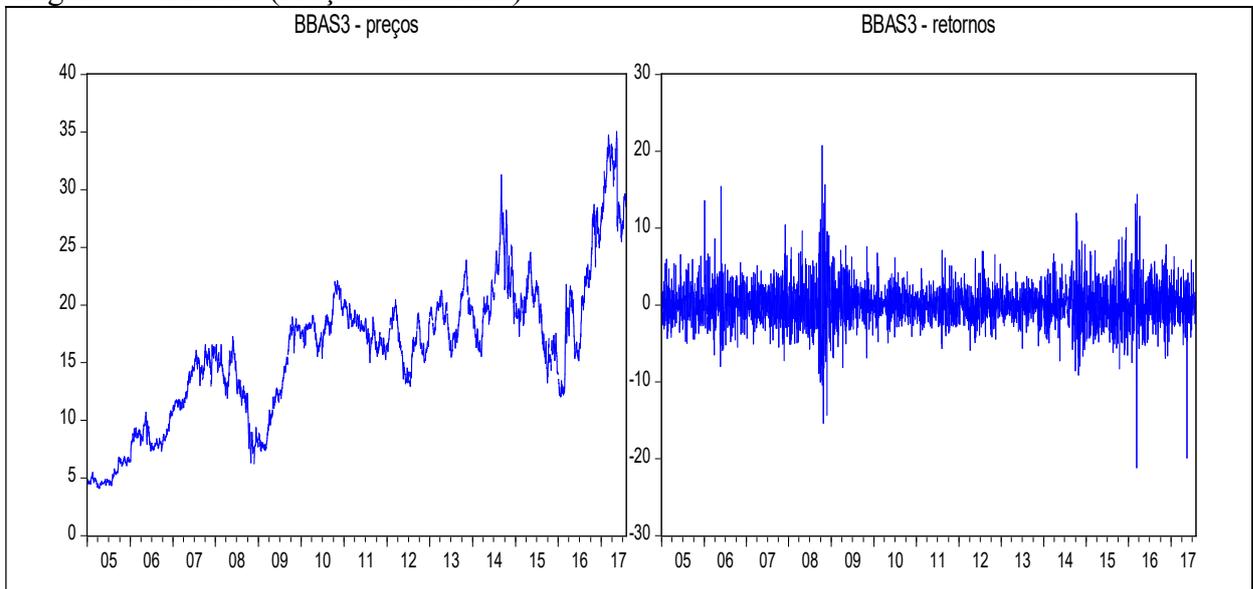
World Bank. **World Development Report 2014 : Risk and Opportunity - Managing Risk for Development.** Washington, DC., 2013.

WONG, C. Y. **Bubble Value at Risk: A Countercyclical Risk Management Approach.** John Wiley & Sons, Inc, 2013.

YUAN, Kathy. Asymmetric Price Movements and Borrowing Constraints: A Rational Expectations Equilibrium Model of Crises, Contagion, and Confusion. **The Journal Of Finance**, [s.l.], v. 60, n. 1, p.379-411, fev. 2005. Wiley. <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-6261.2005.00733.x>>. Acesso em: 3 jan. 2017

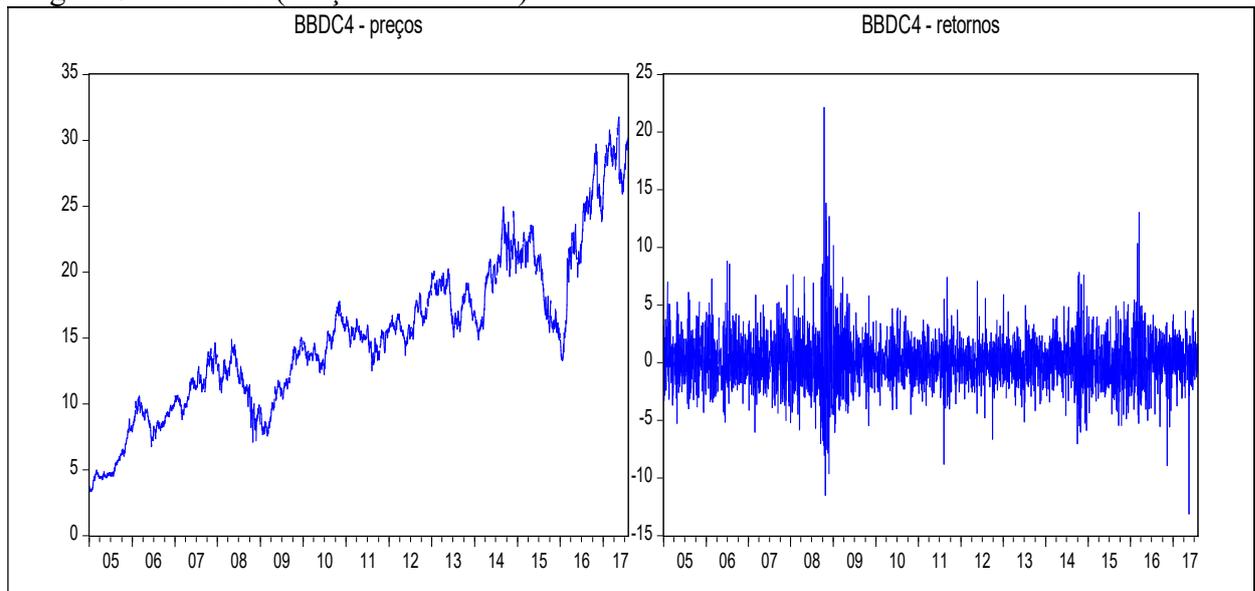
APÊNDICE A – Preços e Retornos dos Ativos**Figura 5 – ABEV3 (Preços e Retornos)**

Fonte: O autor, 2017.

Figura 6 – BBAS3 (Preços e Retornos)

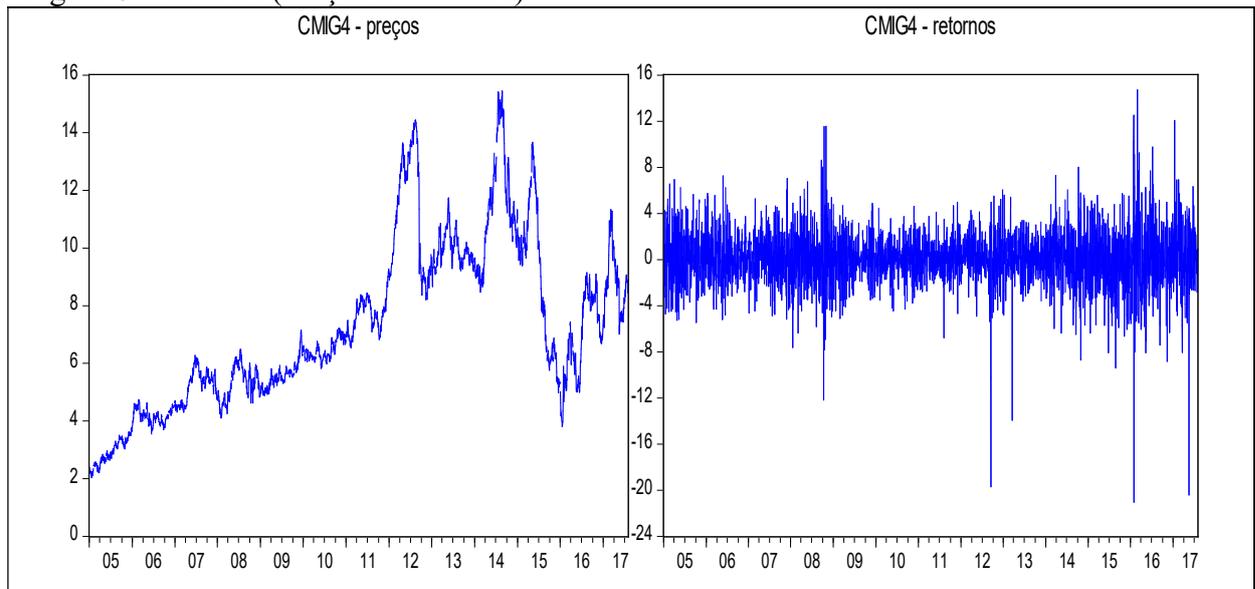
Fonte: O autor, 2017.

Figura 7 – BBDC4 (Preços e Retornos)



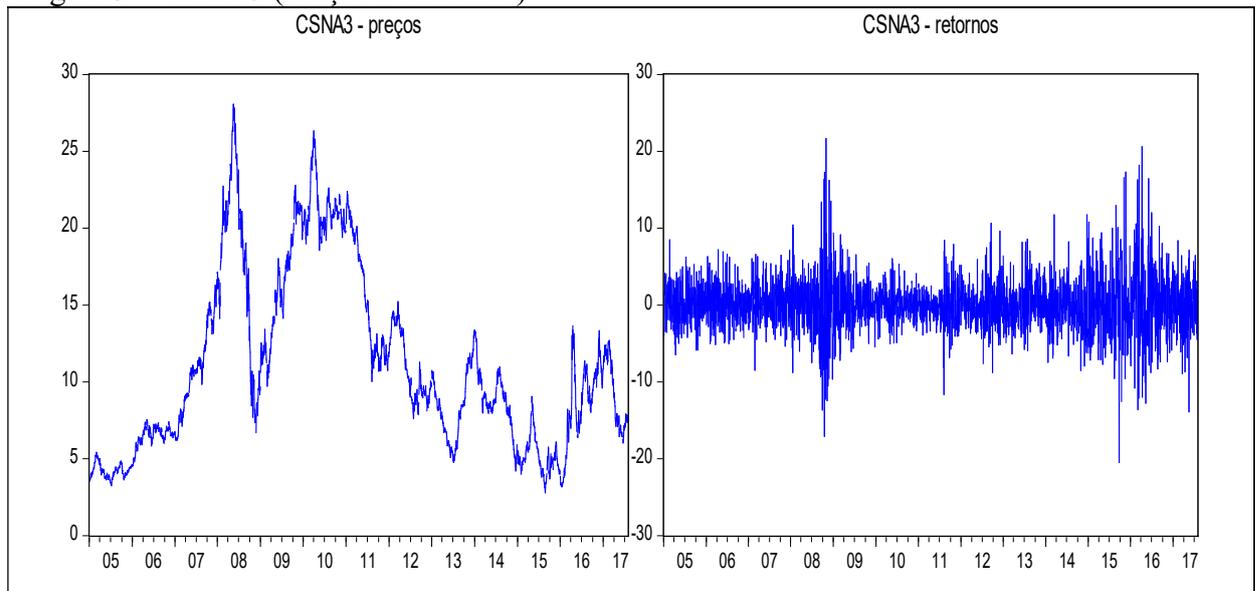
Fonte: O autor, 2017.

Figura 8 – CMIG4 (Preços e Retornos)



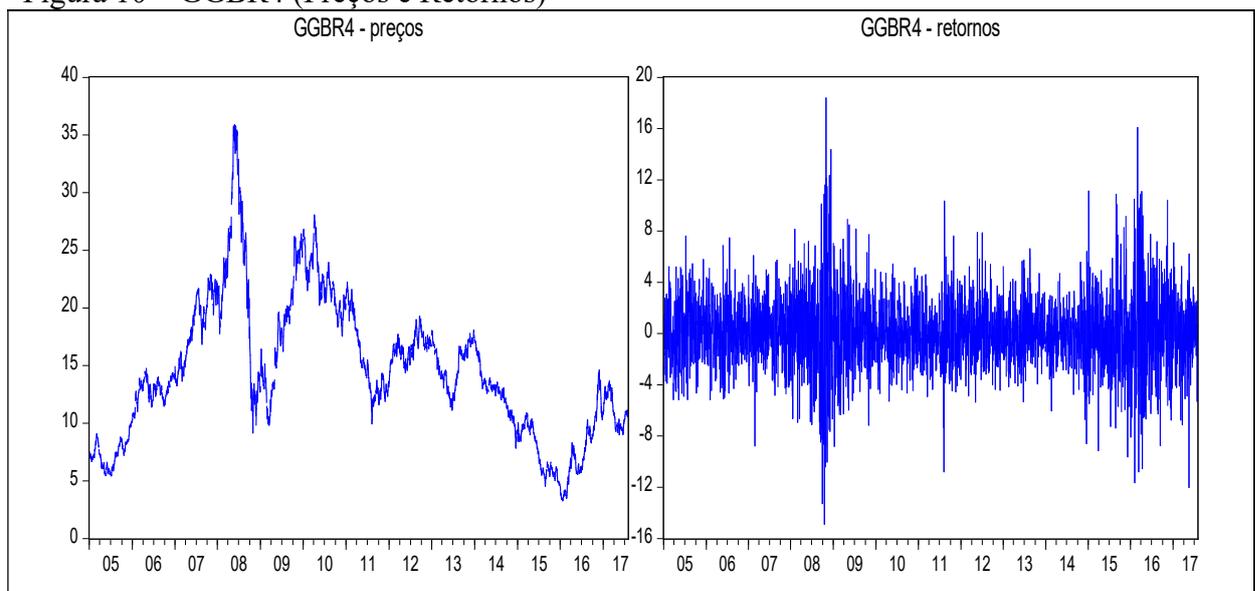
Fonte: O autor, 2017.

Figura 9 – CSNA3 (Preços e Retornos)



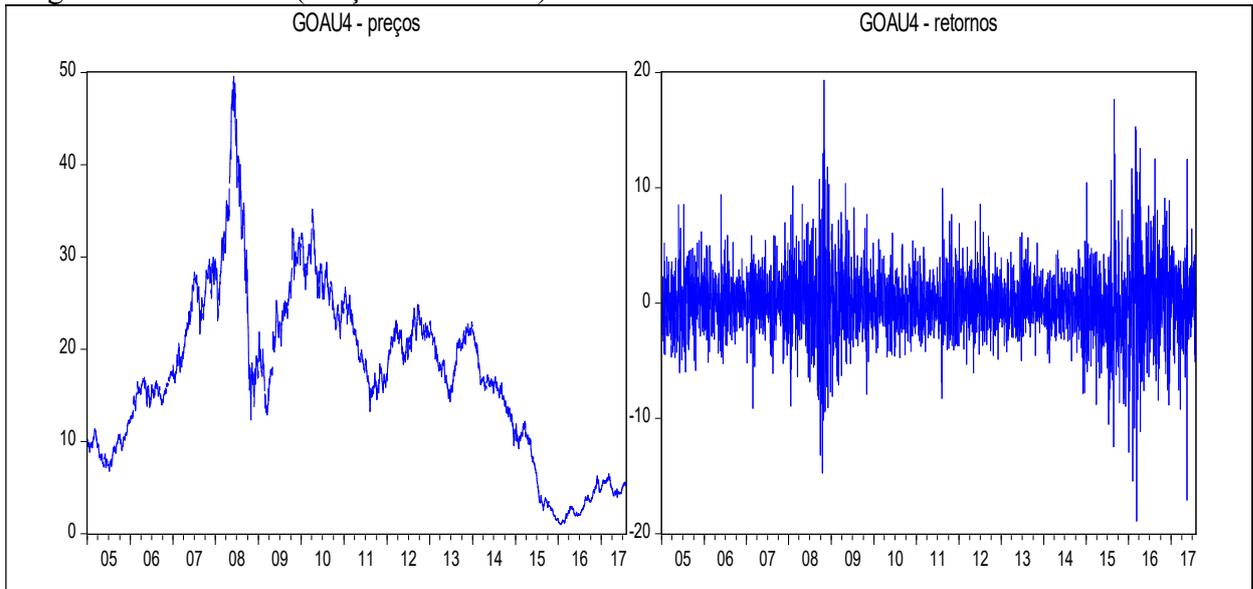
Fonte: O autor, 2017.

Figura 10 – GGBR4 (Preços e Retornos)



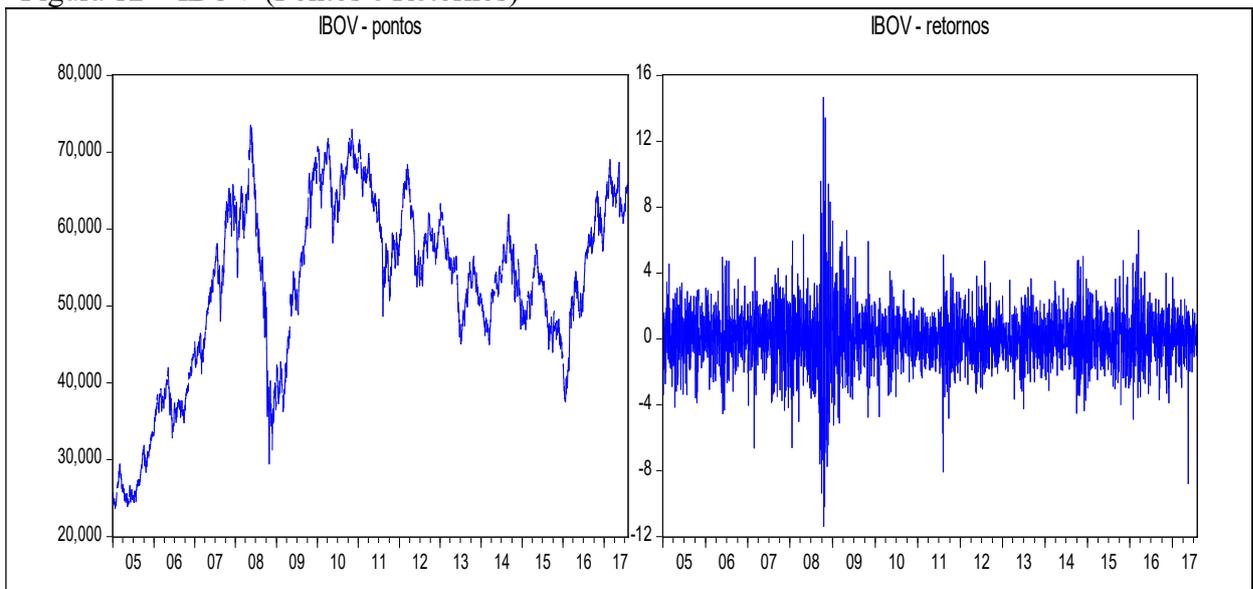
Fonte: O autor, 2017.

Figura 11 – GOAU4 (Preços e Retornos)



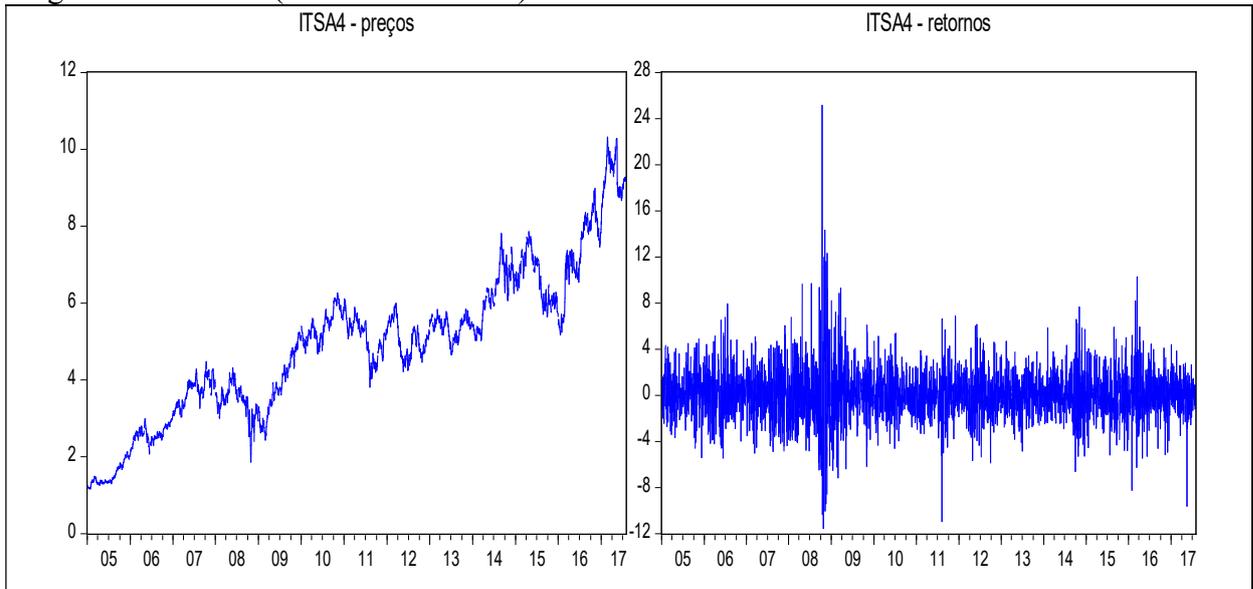
Fonte: O autor, 2017.

Figura 12 – IBOV (Pontos e Retornos)



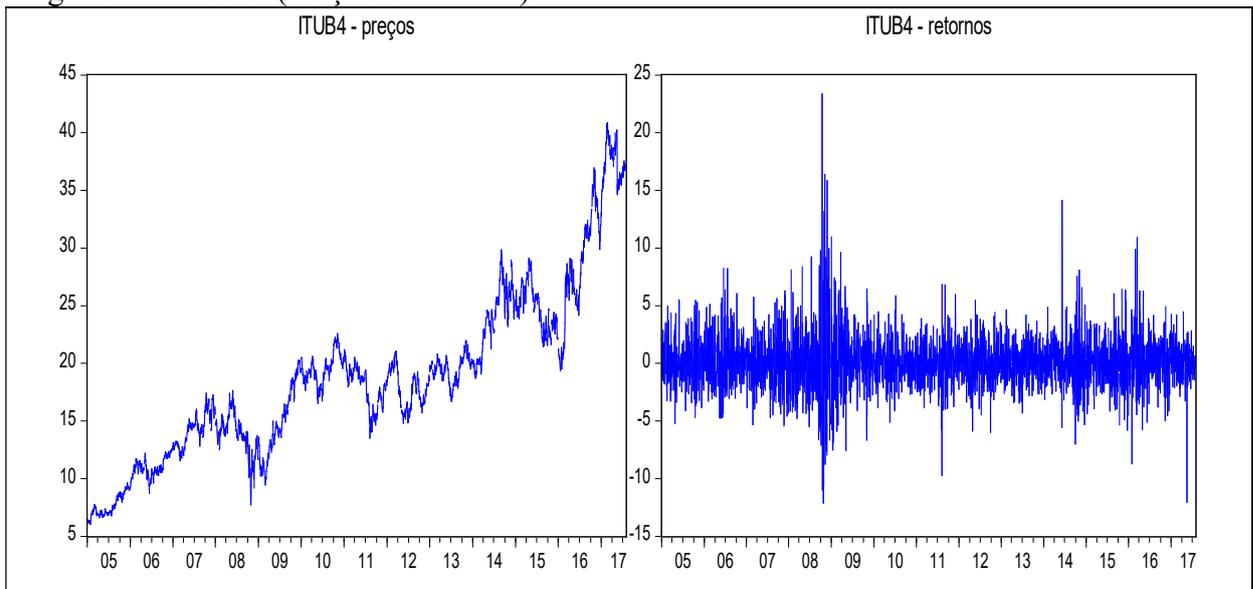
Fonte: O autor, 2017.

Figura 13 – ITSA4 (Pontos e Retornos)



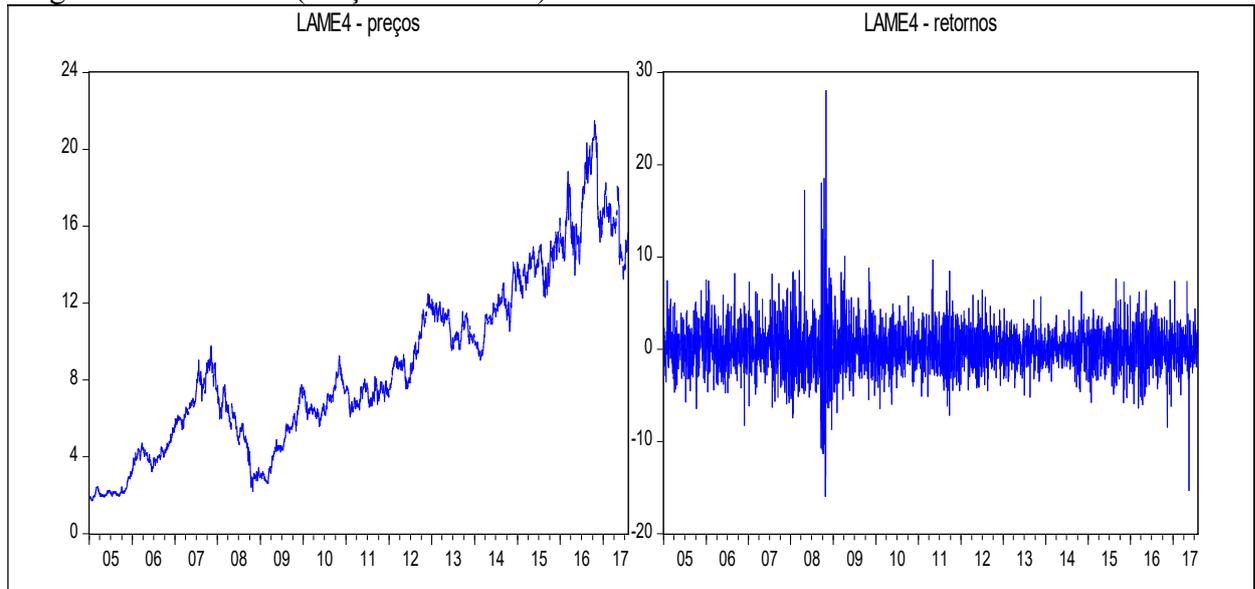
Fonte: O autor, 2017.

Figura 14 – ITUB4 (Preços e Retornos)



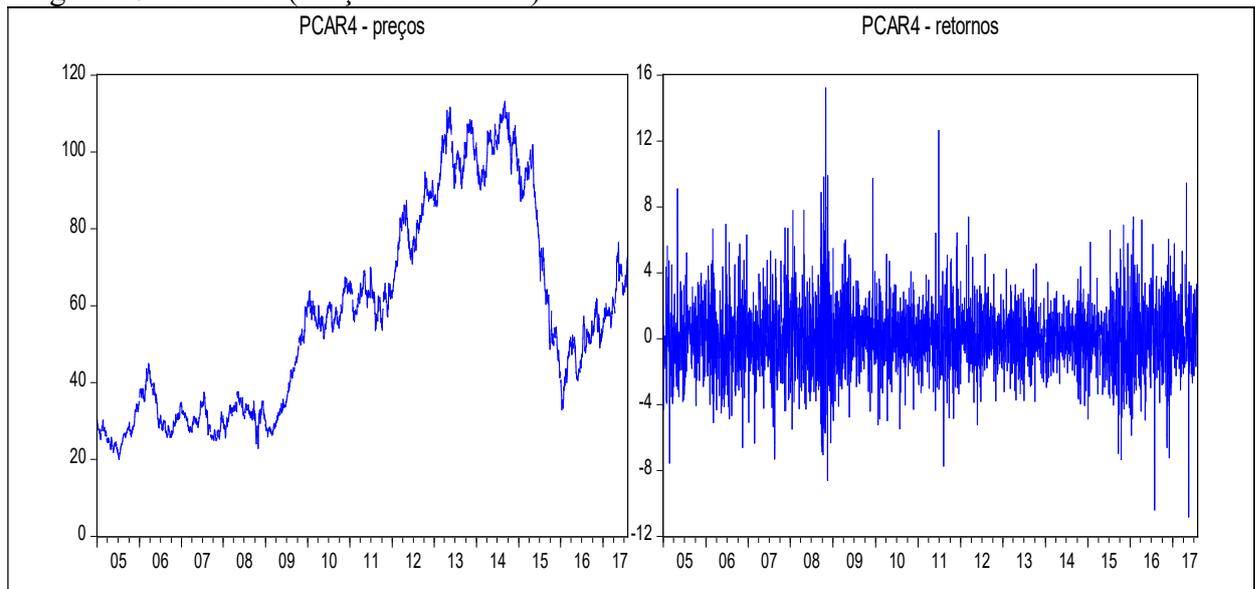
Fonte: O autor, 2017.

Figura 15 – LAME4 (Preços e Retornos)



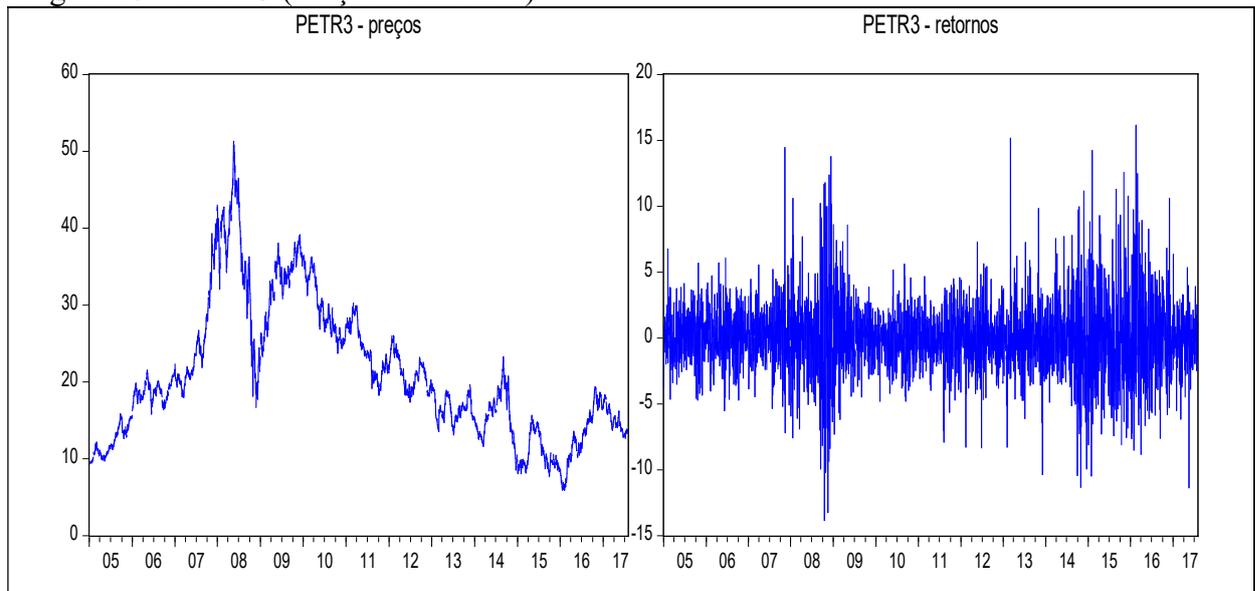
Fonte: O autor, 2017.

Figura 16 – PCAR4 (Preços e Retornos)



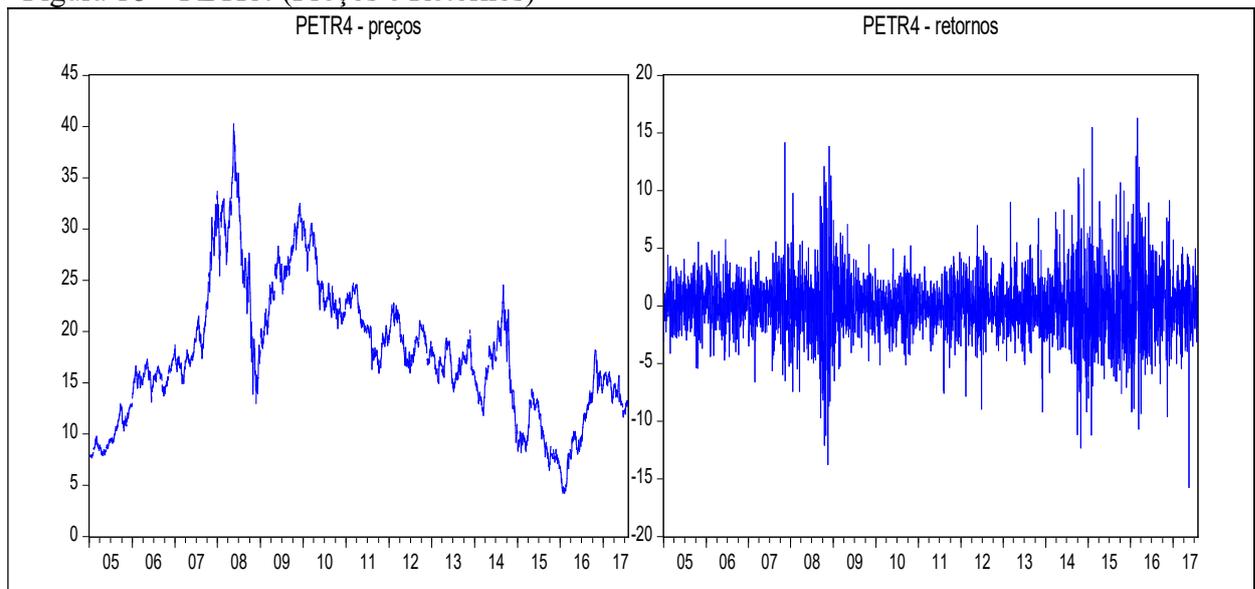
Fonte: O autor, 2017.

Figura 17 – PETR3 (Preços e Retornos)



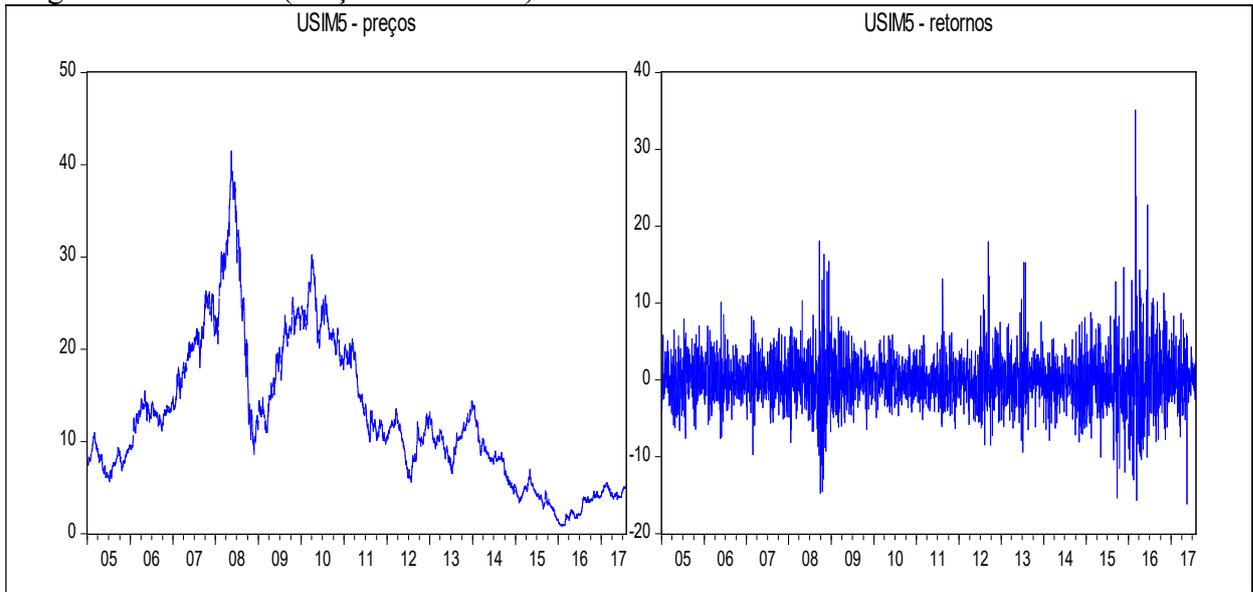
Fonte: O autor, 2017.

Figura 18 – PETR4 (Preços e Retornos)



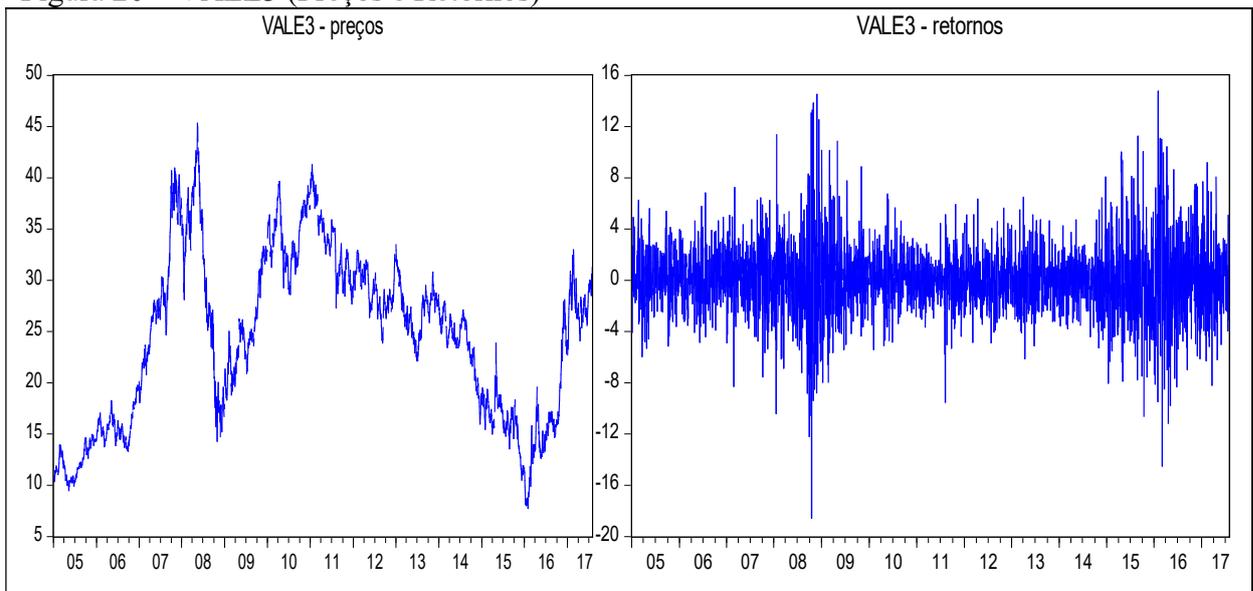
Fonte: O autor, 2017.

Figura 19 – USIM5 (Preços e Retornos)



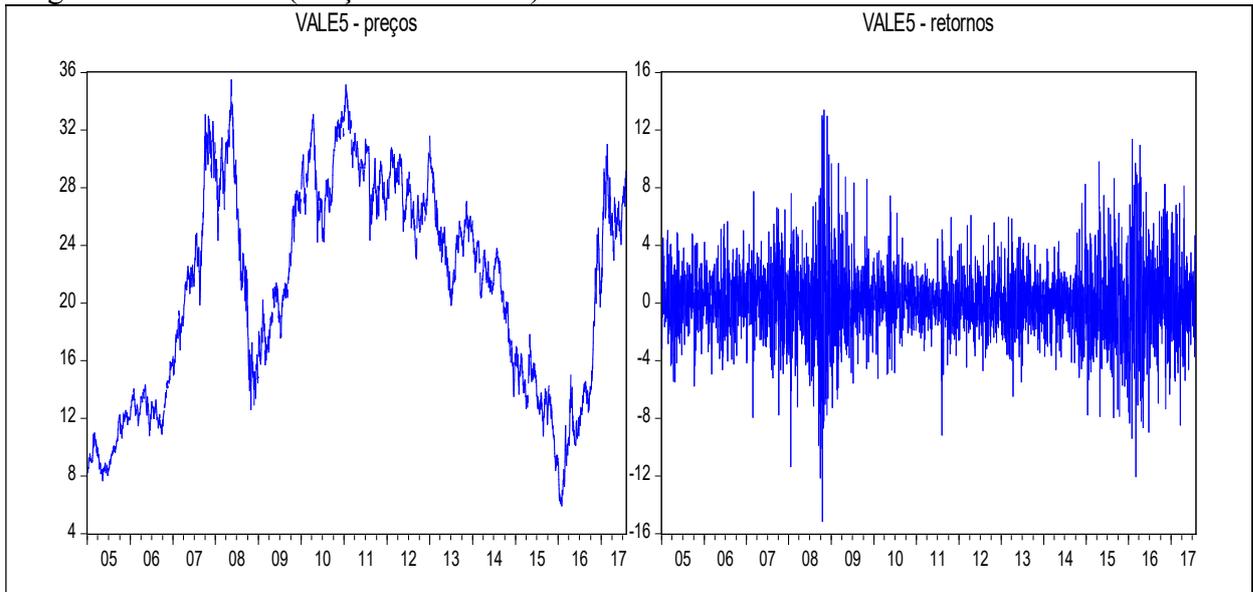
Fonte: O autor, 2017.

Figura 20 – VALE3 (Preços e Retornos)



Fonte: O autor, 2017.

Figura 21 – VALE5 (Preços e Retornos)



Fonte: O autor, 2017.

APÊNDICE B – Estimativas dos Parâmetros

Tabela 7 – Estimativas dos parâmetros do $CoVaR_{1\%}^{sistema|i}$

Código	$\hat{\alpha}_{1\%}^i$	p-valor	$\hat{\beta}_{1\%}^i$	p-valor
ABEV3	-3,6854	0,0000	0,6498	0,0000
BBAS3	-3,1328	0,0000	0,5025	0,0000
BBDC4	-2,8249	0,0000	0,6517	0,0000
CMIG4	-3,7402	0,0000	0,4969	0,0000
CSNA3	-3,2630	0,0000	0,3451	0,0000
GGBR4	-3,1715	0,0000	0,4545	0,0000
GOAU4	-3,2362	0,0000	0,3840	0,0000
ITSA4	-2,8391	0,0000	0,6190	0,0000
ITUB4	-2,7277	0,0000	0,6139	0,0000
LAME4	-3,3019	0,0000	0,4307	0,0000
PCAR4	-3,7082	0,0000	0,5104	0,0000
PETR3	-3,0003	0,0000	0,4381	0,0000
PETR4	-2,6516	0,0000	0,4774	0,0000
USIM5	-3,7767	0,0000	0,2932	0,0000
VALE3	-3,0130	0,0000	0,4509	0,0000
VALE5	-2,9162	0,0000	0,4962	0,0000

Nota: Parâmetros obtidos da regressão quantílica (1%)

Fonte: O autor, 2017.

Tabela 8 – Estimativas dos parâmetros do $CoVaR_{5\%}^{sistema|i}$

Código	$\hat{\alpha}_{5\%}^i$	p-valor	$\hat{\beta}_{5\%}^i$	p-valor
ABEV3	-2,2823	0,0000	0,5969	0,0000
BBAS3	-1,8894	0,0000	0,4572	0,0000
BBDC4	-1,6428	0,0000	0,6268	0,0000
CMIG4	-2,2661	0,0000	0,3877	0,0000
CSNA3	-1,9519	0,0000	0,3655	0,0000
GGBR4	-1,8384	0,0000	0,4503	0,0000
GOAU4	-1,9087	0,0000	0,3909	0,0000
ITSA4	-1,6389	0,0000	0,6107	0,0000
ITUB4	-1,6319	0,0000	0,6433	0,0000
LAME4	-2,1734	0,0000	0,4320	0,0000
PCAR4	-2,2572	0,0000	0,4888	0,0000
PETR3	-1,7777	0,0000	0,4684	0,0000
PETR4	-1,7233	0,0000	0,4841	0,0000
USIM5	-2,0401	0,0000	0,3066	0,0000
VALE3	-1,8424	0,0000	0,4532	0,0000
VALE5	-1,8061	0,0000	0,4996	0,0000

Nota: Parâmetros obtidos da regressão quantílica (5%)

Fonte: O autor, 2017.

APÊNDICE C – Matriz de Efeito Contágio

Tabela 9 – Matriz de Efeito Contágio (1%)

	VALES	VALE3	USIMS	PETRA	PETRA3	PCAR4	LAME4	ITUB4	ITSA4	GOAU4	GGBR4	CSNA3	CMIG4	BBDC4	BBAS3	ABEV3
Total	-44,31	-3,36	-2,75	-3,01	-3,04	-2,18	-3,30	-2,62	-2,53	-3,27	-3,42	-3,79	-2,35	-2,55	-2,85	-
	-48,87	-3,13	-3,94	-3,85	-3,46	-2,23	-3,26	-3,38	-3,50	-3,65	-3,20	-3,65	-3,44	-3,03	-	-1,51
	-55,11	-3,23	-3,78	-4,24	-4,13	-2,76	-4,00	-4,27	-4,14	-3,72	-3,75	-4,19	-3,14	-	-4,07	-1,71
	-44,50	-2,95	-3,38	-2,85	-2,20	-1,94	-2,72	-3,49	-3,01	-4,00	-3,79	-4,04	-	-2,89	-3,23	-1,24
	-47,63	-3,76	-5,53	-3,42	-3,10	-2,06	-3,36	-2,56	-2,75	-4,43	-4,12	-	-1,94	-2,28	-2,78	-1,57
	-55,24	-4,23	-5,53	-3,70	-3,39	-2,17	-2,98	-3,14	-3,01	-6,84	-	-5,61	-2,06	-3,09	-3,26	-1,68
	-57,43	-4,39	-5,40	-4,17	-3,65	-2,47	-3,28	-3,45	-3,17	-	-5,99	-5,80	-2,60	-3,32	-3,75	-1,73
	-53,17	-3,37	-3,52	-3,84	-3,74	-2,85	-3,73	-4,82	-	-3,17	-3,60	-3,94	-3,33	-3,98	-4,53	-1,61
	-51,66	-2,96	-3,47	-4,23	-3,58	-2,78	-3,50	-	-4,89	-3,58	-3,39	-3,81	-2,80	-4,13	-4,29	-1,46
	-46,64	-3,33	-3,93	-3,16	-3,11	-2,45	-	-2,88	-2,72	-3,35	-3,60	-3,65	-3,22	-3,10	-2,93	-1,98
	-46,48	-2,97	-3,82	-4,07	-3,22	-	-3,22	-3,16	-3,00	-3,29	-3,03	-3,81	-2,90	-2,41	-3,15	-1,26
	-51,41	-3,79	-3,77	-6,88	-	-2,30	-2,58	-3,17	-3,03	-3,32	-3,48	-4,95	-2,13	-2,73	-3,19	-1,58
	-55,32	-3,94	-4,22	-	-6,82	-2,33	-2,90	-3,54	-3,47	-3,66	-3,77	-4,91	-2,25	-3,18	-4,09	-1,61
	-41,10	-3,18	-	-3,08	-2,44	-1,90	-2,62	-2,38	-2,46	-4,38	-3,32	-4,64	-1,89	-1,87	-2,63	-1,23
	-56,74	-6,42	-4,79	-4,61	-4,63	-1,89	-3,36	-3,12	-3,19	-4,98	-4,97	-5,40	-2,22	-2,63	-2,65	-1,89
	-61,58	-	-5,09	-4,66	-4,05	-2,38	-3,77	-3,67	-3,48	-5,76	-5,08	-6,25	-2,26	-3,06	-2,56	-2,06
Total	-55,00	-58,43	-62,93	-59,77	-54,55	-34,70	-48,57	-49,66	-48,36	-61,40	-58,52	-68,45	-38,53	-44,24	-49,96	-24,09

Fonte: O autor, 2017.

Tabela 10 – Matriz de Efeito Contágio (5%)

	VALE5	VALE3	USIM5	PETR4	PETR3	PCAR4	LAME4	ITUB4	ITSA4	GOAU4	GGBR4	CSNA3	CMIG4	BBD4	BBAS3	ABEV3
Total	-24,46	-1,62	-1,72	-1,79	-1,60	-1,56	-1,62	-1,53	-1,58	-2,01	-1,87	-1,79	-1,27	-1,51	-1,65	-
	-28,86	-1,81	-1,77	-2,17	-2,41	-2,18	-2,01	-2,08	-2,24	-2,22	-1,92	-2,11	-1,58	-1,99	-	-0,94
	-31,51	-1,83	-1,88	-2,34	-2,39	-2,29	-1,99	-2,78	-2,63	-2,19	-2,08	-2,31	-1,51	-	-2,48	-1,16
	-23,57	-1,57	-1,47	-1,84	-1,85	-1,70	-1,45	-1,48	-1,44	-1,95	-1,67	-1,98	-	-1,48	-1,59	-0,72
	29,782	-2,451	-2,547	-3,382	-2,280	-2,237	-1,536	-1,496	-1,556	-2,906	-2,823	-	-1,266	-1,606	-1,668	-0,873
	-32,79	-2,60	-2,59	-3,12	-2,31	-2,23	-1,74	-1,83	-1,78	-3,97	-	-3,47	-1,32	-1,70	-1,92	-0,95
	-31,18	-2,47	-2,53	-3,16	-2,15	-2,07	-1,59	-1,76	-1,66	-	-3,53	-3,31	-1,42	-1,58	-1,82	-0,83
	-31,47	-1,80	-1,91	-2,28	-2,44	-2,30	-1,91	-3,03	-	-2,12	-2,01	-2,40	-1,59	-2,60	-2,49	-1,09
	-31,31	-1,81	-1,95	-2,35	-2,35	-2,18	-1,95	-	-2,88	-2,06	-2,07	-2,51	-1,59	-2,70	-2,49	-1,04
	-25,58	-1,52	-1,77	-2,01	-1,77	-1,80	-	-1,64	-1,64	-2,01	-1,85	-1,93	-1,60	-1,69	-1,94	-1,05
	-25,61	-1,60	-1,71	-1,98	-1,94	-1,96	-1,76	-1,58	-1,53	-2,11	-1,92	-1,93	-1,43	-1,67	-1,60	-0,89
	-30,57	-2,33	-2,45	-2,19	-4,11	-	-1,52	-1,72	-1,82	-2,41	-2,18	-2,50	-1,41	-1,83	-1,89	-0,93
	-32,70	-2,41	-2,48	-2,46	-4,17	-	-1,92	-1,86	-1,92	-2,45	-2,37	-2,67	-1,63	-1,94	-2,00	-0,93
	-26,80	-1,98	-1,91	-	-1,85	-1,78	-1,40	-1,37	-1,46	-2,86	-2,57	-3,46	-1,31	-1,48	-1,60	-0,69
	-31,38	-3,72	-	-2,59	-2,43	-2,53	-1,61	-1,77	-1,55	-2,64	-2,62	-3,20	-1,18	-1,56	-1,78	-1,04
	-34,60	-	-4,19	-2,93	-2,47	-2,65	-1,79	-1,84	-1,72	-2,99	-2,95	-3,59	-1,34	-1,76	-1,93	-1,08
Total	-31,52	-32,88	-36,60	-34,36	-33,65	-20,08	-25,80	-27,76	-27,39	-36,90	-34,44	-39,17	-21,45	-27,10	-28,85	-14,20

Fonte: O autor, 2017.