



Revista Brasileira de Finanças

ISSN: 1679-0731

rbfin@fgv.br

Sociedade Brasileira de Finanças

Brasil

Cavalcanti de Almeida, Aléssio Tony; Ferreira Frascaroli, Bruno; Regis da Cunha, Danilo
Medidas de Risco e Matriz de Contágio: Uma Aplicação do CoVaR para o Mercado Financeiro
Brasileiro

Revista Brasileira de Finanças, vol. 10, núm. 4, outubro-diciembre, 2012, pp. 551-584

Sociedade Brasileira de Finanças

Rio de Janeiro, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305826565005>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Medidas de Risco e Matriz de Contágio: Uma Aplicação do CoVaR para o Mercado Financeiro Brasileiro

(Risk Measures and Contagion Matrix: An Application of CoVaR for
the Brazilian Financial Market)

Aléssio Tony Cavalcanti de Almeida*

Bruno Ferreira Frascaroli**

Danilo Regis da Cunha***

Resumo

O objetivo central deste trabalho é avaliar como um *distress* nas séries de retornos de importantes papéis de empresas brasileiras e dos principais indicadores do mercado financeiro doméstico (Ibovespa) e internacional (Dow Jones) interagem entre si, a tentativa de captar *spillover effects*. Mais precisamente, estimou-se o risco sistêmico, o efeito contágio e o *stress test*. Para o cálculo de tais indicadores é utilizada a abordagem CoVaR, apresentada em Adrian & Brunnermeier (2011), em que os parâmetros de interesse são estimados através de regressores quantílicos. Uma novidade apresentada neste trabalho é a construção de uma matriz de contágios para o mercado doméstico de capitais, que mede as inter-relações entre a rentabilidade dos papéis de empresas em um ambiente de *distress* financeiro. Os principais resultados apontam a inexistência de correlação entre as medidas de risco dadas pelo *Value at Risk* (VaR) e pelo CoVaR, bem como o risco sistêmico sinaliza aqueles papéis que geram mais externalidades negativas para o mercado financeiro doméstico. Através do *stress test* verifica-se que um *distress* nos retornos do Ibovespa possui mais *spillover effects* sobre os papéis das empresas que atuam na BM&FBovespa do que um *distress* nos retornos do mercado internacional. Por fim, pela matriz de contágios, nota-se que as inter-relações de contágios entre os retornos dos papéis das empresas evidenciam indícios setoriais para avaliação e gestão de riscos.

Submetido em 13 de maio de 2012. Reformulado em 5 de dezembro de 2012. Aceito em 24 de dezembro de 2012. Publicado on-line em 30 de janeiro de 2013. O artigo foi avaliado segundo o processo de duplo anonimato além de ser avaliado pelo editor. Editor responsável: Newton Costa Jr.

*Departamento de Economia. Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil. E-mail: alessiotony@gmail.com

**Departamento de Economia. Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil. E-mail: brunoarizona@yahoo.com.br

***Departamento de Economia. Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil. E-mail: dani loregisc@gmail.com

Rev. Bras. Finanças (Online), Rio de Janeiro, Vol. 10, No. 4, December 2012, pp. 551-584
ISSN 1679-0731, ISSN online 1984-5146

©2012 Sociedade Brasileira de Finanças, under a Creative Commons Attribution 3.0 license -
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>

Palavras-chave: CoVaR; *spillover effects*; risco sistêmico; *stress test*; contágio.

JEL code: C21; G30; G32.

Abstract

The main point of this work is to assess how a financial distress in return series of the major Brazilian companies assets and relevant domestic market (Ibovespa) and main international index (Dow Jones) interact with each other, in an attempt to capture spillover effects. We try to capture the systemic risk, the contagion effect and the stress test. This paper uses the methodology CoVaR, described in the Adrian & Brunnermeier (2011), where the parameters are estimated by quantile regression. The main innovation of this work is the construction and estimation of the contagion matrix to domestic capital market. The results show that there is no relationship between risk measurements given by Value at Risk (VaR) and CoVaR, moreover the systemic risk shows those assets that generate more negative externalities for the domestic financial market. The stress test indicates that a distress in domestic market indicator returns have more spillover effects on domestic papers than a distress in the international market returns. Finally, the contagion matrix reveals that the interrelationships of contagion between the firms' returns are relevant sectorial evidence for assessment and management of risks.

Keywords: CoVaR; spillover effects; systemic risk; stress test; contagion.

1. Introdução

A robustez do sistema financeiro pode contribuir para o crescimento e desenvolvimento econômico, haja vista seus efeitos benéficos, por exemplo, na captação de recursos para investimentos e na seleção e monitoramento dos projetos de viabilidade econômica. Não obstante, as instituições financeiras (IF's) podem agir no sentido de tornar mais arriscados os sistemas financeiros globais na medida em que as mesmas buscam por metas de lucros no curto prazo acima dos riscos suportados. Se por um lado existe uma força propulsora de desenvolvimento econômico, por outro, os mercados financeiros necessitam de IF's sólidas, num arranjo concorrencial adequado para diminuir as probabilidades de crises e contágios entre os setores e as economias dos países. Em meio à constante oferta de inovações financeiras, nota-se a necessidade da presença da regulação nas suas diferentes formas, pois estas inovações proporcionam muitos desdobramentos e efeitos sobre o sistema financeiro internacional (United Nations, 2009).

Os riscos inerentes a qualquer atividade econômica e, em especial, às atividades financeiras, são importantes objetos de estudos. Suas medições e monitoramentos conduzem à avaliação robusta dos riscos e aumentam as

probabilidades dos agentes econômicos maximizarem seus retornos esperados. Além, claro, de subsidiarem as decisões dos bancos centrais dos países, na regulação das atividades financeiras. O *Value at Risk* (VaR), que está entre as medidas mais simples e mais reportadas na literatura sobre mensuração do risco, avalia a perda máxima de uma dada carteira ou portfólio, em um determinado período de tempo. O VaR surgiu como medida de risco em Leavens (1945), e desde então vem sendo tomada como ponto de partida para estimação e avaliação dos riscos associados aos ativos financeiros. Como o monitoramento do risco requer indicadores que levem em consideração os efeitos das externalidades negativas de um dado ativo sobre os demais, é necessário avançar em medidas que gerem informações dessas inter-relações entre os papéis financeiros em um ambiente desfavorável do mercado ou de uma dada firma.

É de comum conhecimento que nestas atividades existem externalidades negativas. Elas aumentam os efeitos em cadeia de um colapso nos retornos dos ativos financeiros sujeitos aos riscos, o que evidencia a relevância do desenvolvimento de indicadores que mensurem tais externalidades (Carrasco & Garcia, 2010). Dessa forma, os indicadores propostos pela metodologia CoVaR, descrita por Adrian & Brunnermeier (2011), têm a vantagem de condicionar as medidas de risco obtidas pelo VaR às piores perdas também ocorridas nos demais portfólios e indicadores dos mercados financeiros. Dito de outra maneira, o CoVaR é um modelo multivariado que capta os efeitos de transbordamento negativo, diferentemente da medida fornecida pelo modelo univariado VaR, que mede apenas o risco individual inerente ao processo temporal, sem levar em conta o *spillover effect*. Lima *et al.* (2011), Arias *et al.* (2010) e Carrasco & Garcia (2010) apresentam vários argumentos pelos quais, os atributos da medida de risco fornecida pelo CoVaR, fazem com que ela possa ser utilizada como forma de gestão adequada do risco nos mercados financeiros.

Dada a necessidade de avanços na construção desses tipos de medidas para a gestão de risco do mercado financeiro doméstico, o presente artigo tem por objetivo geral avaliar como um *distress* nas séries de retornos financeiros dos indicadores do mercado nacional e internacional e dos principais papéis de empresas que operam na BM&F Bovespa transmitem e sofrem externalidades negativas entre si. Ao estimar essas inter-relações, três medidas de monitoramento e gerenciamento do risco foram obtidas: o risco sistêmico, o *stress test* e o efeito contágio. Ademais, uma novidade desta pesquisa diz respeito à construção de uma matriz de contágios

de ordem $K \times K$ para o mercado financeiro nacional, onde K é o número de empresas avaliadas que atuam na BM&F Bovespa. Essa matriz projeta as conexões negativas entre os retornos dos papéis das empresas e captura aquelas que mais 'contagiam' e que mais são 'contagiadas' por um *distress* nos retornos dos papéis financeiros das outras. Para atender os objetivos a metodologia CoVaR foi aplicada aos dados das cotações diárias dos ativos selecionados de janeiro de 1995 a agosto de 2011. A medida de risco estimada pelo CoVaR fornece uma avaliação de como os portfólios interagem entre si, isto é, o que ocorre com os retornos dos papéis financeiros das empresas, na presença de um colapso no mercado, representado aqui por quedas drásticas nos retornos dos diversos papéis financeiros negociados na BM&F Bovespa, nas séries do Índice Bovespa e Índice Dow Jones.

O artigo está organizado em cinco seções, incluindo esta breve introdução. Na seção seguinte, são apresentados alguns elementos teóricos sobre a relação entre medidas de risco e gestão financeira. De maneira subsequente, a seção três, compreende a estratégia empírica deste estudo com a descrição da base de dados e procedimentos de estimação do CoVaR, com destaque para definição do risco sistêmico, teste de stress e efeito contágio. Por fim, a quarta e a quinta seção trazem, respectivamente, os principais resultados e conclusões.

2. Medidas de Risco e Gestão Financeira

Conforme mencionado, os riscos aos quais os ativos financeiros e, por conseguinte, os portfólios estão sujeitos é objeto de máxima importância. Tanto as empresas quanto os demais agentes praticam a gestão dos diversos riscos envolvidos nas transações com vistas a maximizar seus respectivos retornos. As medidas de risco são utilizadas também para regular os mercados financeiros, com o propósito de que os mesmos funcionem adequadamente.

A regulação se concentra, em boa medida, nas estimativas dos riscos aos quais os mercados financeiros estão sujeitos, isto é, em estimativas robustas das variâncias referentes às flutuações dos retornos dos diversos tipos de ativos financeiros. A esse comportamento nos retornos dá-se o nome de volatilidade. A mesma consiste numa medida da dispersão da função densidade de probabilidade do processo temporal dado pelo retorno dos ativos (Tsay, 2005). Ela não é diretamente observável e é assumida como uma medida de risco nos mercados financeiros desde Markowitz (1952). Além disso, ela se divide em volatilidade implícita e estatística. A primeira se

refere aquela calculada ao longo da vida dos contratos de derivativos chamados de opções.¹ A segunda está relacionada com a escolha do modelo estatístico aplicado aos dados históricos dos retornos dos ativos.

Contudo, mais importante do que obter estimações robustas sobre a volatilidade, segundo Elton & Gruber (2007), Fabozzi *et al.* (1994) e conforme objeto do presente artigo, é a concentração de esforços para estimar como asperdas mais substantivas nos retornos dos ativos se relacionam. Neste sentido, entre as principais medidas de segurança para o sistema financeiro internacional, descritas em 1988 no *Acordo da Basileia*,² figuram os esforços na obtenção de indicadores de volatilidade, numa tentativa de compreender os mecanismos de funcionamento dos mercados.

Esse acordo foi o marco mais importante dentro do processo regulatório dos mercados financeiros globais e teve três edições: 1988, 2002 e 2010, respectivamente. Estudos como Rajan (2005) e Shadab (2012) já reportavam o perigo trazido pelo desenvolvimento sem parâmetros dos mercados financeiros sobre o restante das economias, mas somente após a crise americana, deflagrada em 2008, acentuou-se a implementação de mais medidas cautelares na gestão dos problemas dos mercados financeiros e monetários.

Um avanço na chamada Análise de Impacto Regulatório (AIR), constituída de princípios que buscam incentivar o crescimento dos mercados e, ao mesmo tempo, fazer com que os mesmos atendam os anseios da sociedade, é a denominada *auto-regulação*. Ela consiste de um tipo de regulação proposta pelas próprias IF's, ao mensurar e gerar indicadores quantitativos e qualitativos dos seus investimentos, proporcionando mecanismos eficientes de gestão de risco. Esses mecanismos são constituídos de modelos, entre eles, os modelos VaR, entre vários outros. Dito de outra forma, neste tipo de regulação, as IF's criam seus mecanismos de gestão de riscos, que sejam baseados em quantificações e previsões sobre os comportamentos de determinadas variáveis que sejam importantes para a gestão dos mesmos e cujas metodologias sejam robustas e compartilhadas com o agente regulador.

¹Veja mais sobre derivativos em Campbell *et al.* (1997), Wilmott (1998) e Ho & Lee (2004).

²No âmbito da regulação das IF's, em 1988, os bancos centrais dos países do G-10 firmaram o Acordo de Basileia. Em consonância com este acordo, os bancos centrais ficariam encarregados de estabelecer limites mínimos de capital realizado e patrimônio líquido a que as IF's estariam sujeitas. No Brasil, o Acordo de Basileia se fez presente através da resolução nº 2.099 de 17.08.1994 do CMN, e objetivou adequar o SFN aos padrões de solvência e liquidez propostos no acordo.

Uma das contribuições da auto-regulação é a recente terceira edição do Acordo da Basileia. Entre outras propostas, a terceira edição do acordo veio para inibir o aumento do patrimônio dos bancos com base na provisão adicional de crédito, isto é, a utilização excessiva da securitização de recebíveis. Além do aumento dos tipos de operações que ajudam a reduzir o Índice de Basileia (IB) (Loutskina, 2011). Neste sentido, a tentativa é de reclassificar as operações que proporcionam lastros em novos papéis entre aquelas de elevado risco para o sistema, como no caso dos *market makers* durante o processo de abertura de capital das empresas (IPO's), no qual imediatamente criam-se mercados adjacentes ao processo, que podem negociar derivativos financeiros potencialmente nocivos ao sistema; as operações governamentais, que contaminam os riscos associados aos portfólios das IF's e, por conseguinte, pressionam as decisões dos bancos centrais; e aqueles que de maneira geral, tem uma contribuição marginal menor para o risco sistêmico.

A ideia é separar as atividades financeiras de maneira a caracterizar melhor as atividades conhecidas como *speculative dealing* e aquelas do tipo *matched-book*. Os bancos dos países que aderiram ao acordo organizado por 27 países, dentre os quais as IFs brasileiras, vão ter de mais que triplicar, de 2% para até 7%, o índice do chamado *capital de alta qualidade* em relação aos ativos, para tentar evitar que novos colapsos financeiros que venham a afetar a economia profundamente. Mesmo o Brasil figurando numa posição relativamente melhor quanto a este aspecto quando comparado às IFs europeias, as propostas contidas na terceira edição, devem trazer mudanças.

Em termos práticos, um dos problemas enfrentados na estimação de parâmetros a respeito do mercado financeiros é que a volatilidade se apresenta de maneira mais frequente na forma variável ao longo do tempo (*clusters*), em detrimento da forma constante. Ela pode ocorrer com maior ou menor variabilidade, evolui continuamente no tempo e reage de modo diferente a valores positivos ou negativos da série de retornos, isto é, perdas e ganhos. Isso ocorre visto que as atitudes dos agentes frente às probabilidades de perdas são diferentes das ações e reações dos mesmos frente aos ganhos de igual proporção. Uma das causas apontadas na explicação deste fato é o chamado *efeito alavancagem*.³ Outro problema comum as-

³O efeito alavancagem compreende o fato de que em momentos de quedas nos preços dos papéis, as empresas mantêm seus passivos constantes no curto prazo fazendo com que a razão passivos/patrimônio cresça. Sendo assim, a empresa em questão torna-se mais

sociado aos processos onde existe volatilidade é a distribuição dos dados do tipo leptocúrtica, isto é, com caudas pesadas. Em síntese, todas estas características e fatos estilizados sobre o comportamento da volatilidade promovem amplo debate e muitos esforços sobre como obtê-la da maneira mais precisa possível.

3. Metodologia

A estratégia de estimação do risco sistêmico, do *stress test* e do efeito contágio adotada neste trabalho foi proposta originalmente por Adrian & Brunnermeier (2011), conforme salientado anteriormente, de modo que a subseção 3.2 apresenta a descrição e intuição desta. É válido destacar que além do cálculo dessas três medidas de monitoramento e gerenciamento do risco de ativos financeiros, no presente artigo é proposta uma contribuição: a estimação da matriz de contágios para os principais papéis das empresas que negociados no mercado de capitais brasileiro. Ela é descrita na subseção 3.3 em por objetivo esboçar os contágios entre os retornos dos papéis, nos quantis inferiores da função densidade de probabilidade (piores perdas), e capturar quais deles possuem efeito mais expressivo sobre os demais, isto é, aqueles que mais afetam e que mais são afetados pelos demais. Na subseção 3.4 é apresentada a base de dados utilizada, contendo as informações de periodicidade e de quais papéis foram avaliados.

3.1 Descrição do modelo VaR

Na busca por estimadores das volatilidades e parametrizações a respeito das informações dos mercados financeiros, aponta-se o modelo VaR que é uma medida de risco amplamente utilizada nos mercados financeiros pelas instituições do subsistema operativo e normativo. Desta forma, compreende uma maneira alternativa de parametrização do risco do mercado financeiro, neste caso, através da segmentação do comportamento da volatilidade em diferentes quantis da função distribuição de probabilidade do processo em questão. Ele contempla o fato de que as volatilidades têm comportamento dependente do tamanho dos portfólios sob os riscos em questão, manifestados através do comportamento dos chamados *valores extremos* da distribuição (Tsai, 2004).

alavancada, o que aumenta o grau de incertezas quanto ao seu futuro e, conseqüentemente, a volatilidade do preço do seu papel no mercado.

O VaR pode ser assim definido:

$$Var_{\alpha}(X) = -inf \{x | f(x) > X\} \quad (1)$$

onde α é o nível de confiança adotado (normalmente 1, 5 ou 10%) sendo X o processo de retornos, admitindo $f(x) = Pr(X_i \leq x_i)$. Conforme está descrito em (1), o sinal negativo fornece uma medida simples da chamada ‘pior perda’ à qual determinado portfólio ou ativo está sujeito. Isto é, um quantil da função densidade de probabilidade que pode ser definido como a diferença entre o ponto zero (para o VaRabsoluto) e o valor no eixo das abscissas para o quantil a ser adotado.

Entre os trabalhos que utilizam dados do mercado financeiro doméstico para estimar risco através dos modelos VaR, tem-se o trabalho de Mollica (1999), Oliveira *et al.* (2006), Silva *et al.* (2007) e Dias (2010) que obtêm estimativas do VaR para o mercado doméstico a partir de diversos métodos de estimações. Da medida fornecida pelo modelo VaR, cita-se alguns desdobramentos tais como, o *Conditional Value at Risk* (CVaR), descrito em Barbachan *et al.* (2008) e aplicado ao mercado financeiro internacional, e o *Conditional Autoregressive Value at Risk* (CAViaR), desenvolvido em Engle & Manganelli (2004). Sendo assim, existem vários métodos que compreendem mudanças na estimativa da medida de risco, dada pelo conceito de pior perda dos portfólios.

3.2 Descrição do modelo CoVaR

O que é defendido no trabalho de Adrian & Brunnermeier (2011), e consequentemente no presente artigo, é que a informação que pode ser mais relevante sob o ponto de vista do bom funcionamento dos mercados é a identificação da contribuição marginal do risco presente na série de retornos do papel de uma empresa particular ou carteira para outras, em relação ao risco sistêmico e vice-versa. Conforme sugerido por tais autores, a estimação do CoVaR por regressores quantílicos – cujas propriedades de robustez podem ser vistas em Lima *et al.* (2011) para o caso do VaR – faz com que essa medida figure entre as medidas desenvolvidas recentemente, com maior grau de confiabilidade.

Nesse sentido, Adrian & Brunnermeier (2011) definem a contribuição de uma determinada instituição para o risco sistêmico como a diferença entre o CoVaR condicional do papel da empresa que está sob distress financeiro e o CoVaR dos retornos do papel em questão na mediana, isto é, quantil 50%. O prefixo “Co” incorporado ao VaR pelos citados auto-

res possui uma maior abrangência e pode ser referir à condicionalidade, co-movimento, contribuição e contágio.

Por este motivo, a mesma é uma metodologia mais robusta e mais ampla que o VaR, haja vista a possibilidade de captar três aspectos fundamentais: o risco sistêmico, o efeito contágio e o *stress test*. Além do CoVaR, tem-se o ΔCoVaR , cujo objetivo é mensurar a contribuição marginal de uma instituição particular para o risco sistêmico global. Ela consiste numa avaliação do desempenho dos portfólios pela diferença dos retornos das principais empresas que atuam no mercado financeiro e dos retornos de mercado.

De modo geral, as vantagens do CoVaR em relação ao VaR podem ser enumeradas a seguir:

- i) VaR é uma medida de risco individual, isto é, duas instituições i e j podem ter o mesmo VaR (aparentemente possuindo o mesmo risco), mas distintos indicadores ΔCoVaR e, justamente, tal diferença aponta aquela instituição que apresenta a maior contribuição marginal para o risco sistêmico;
- ii) ΔCoVaR pode ser usado para calcular o efeito contágio de uma empresa i sobre uma empresa j ;
- iii) ΔCoVaR pode ser aplicado para realização de um teste de instabilidade de uma determinada instituição ou sistema.

A regressão estimada por quantis, cujo método foi proposto inicialmente por Koenker & Bassett (1978) é um tipo de regressão utilizada para se realizar estimativas baseadas nos vários quantis de uma amostra, isto é, com ele é possível se obter estimativas aproximadas tanto da mediana como quaisquer outros quantis desejados, a partir da variável dependente em análise.

Desta forma, pode ser uma ferramenta para obtenção de informações mais precisas. Elas não são fornecidas quando se utiliza o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MMQO), que diferentemente, fornece estimativas aproximadas da média condicional da variável dependente com base em determinados valores das variáveis explanatórias. Em estudos que utilizam dados econômicos ou financeiros como este, os modelos de regressão quantílica têm sido amplamente utilizados, pois conduzem a uma análise estatística mais completa da relação estocástica entre variáveis aleatórias (Koenker, 2005).

Este método tem se difundido em estudos ao longo dos últimos anos, emergindo como uma abordagem para análise estatística de dados através de modelos lineares, se expandindo em direção aos modelos não-lineares, ampliando, portanto, as possibilidades dos métodos de regressão (Koenker & Machado, 1999). Buchinsky (1998) e Koenker & Bassett (1978) consideram que uma vantagem de usar a regressão quantílica para estimar a mediana, em vez do MMQO, é que o resultado da regressão quantílica pode ser mais robusto, em resposta aos *outliers*,⁴ por exemplo, ou a distribuições de resíduos que não apresentam normalidade.

Em Lima *et al.* (2011) é realizada uma avaliação de estimações do modelo VaR através de regressões quantílicas e os autores concluem que ela apresenta uma série de propriedades importantes no que se refere a estimações robustas. Isso foi importante na decisão de como obter as estimações das diversas medidas fornecidas a partir do modelo CoVaR. O mesmo, denotado por $CoVaR_q^{j|i}$, é o VaR do papel financeiro da empresa j condicionado a algum evento $C(X^i)$ ao papel da empresa i . Isto é, o $CoVaR_q^{j|i}$ nada mais é do que o q -ésimo quantil da função distribuição de probabilidade condicional. Neste artigo, os quantis analisados foram 5% e 50%, significando a mediana da distribuição e os demais os extremos ‘negativos’ da distribuição de retornos, representa um cenário de *distress* financeiro.⁵

$$Pr\left(X^j \leq CoVaR_q^{j|i} | C(X^i)\right) = q \quad (2)$$

Assim, a proposta de Adrian & Brunnermeier (2011) foi gerar uma medida que subsidiasse o monitoramento do comportamento dos retornos dos ativos financeiros das empresas e que pudesse identificar aqueles caracterizados por impactar maior externalidade negativa (maior *spillover effect*) sobre o sistema e/ou para os demais papéis. Como as medidas de riscos individuais não contêm a informação das externalidades às quais estão sujeitas, estimou-se a contribuição marginal, ou seja, o $\Delta CoVaR$ dos retornos do papel i sobre o papel j em um ambiente de *distress* financeiro. Logo, foi

⁴Isto ocorre porque a função objetivo da regressão quantílica é a soma ponderada dos desvios absolutos, o que torna o vetor de coeficientes estimado menos sensível à presença de outliers na variável dependente ou do efeito alavancagem, conforme descrito anteriormente.

⁵Neste artigo denota-se como colapso, *distress* ou efeito adverso, os eventos que levam a perdas significativas nos retornos dos índices ou ativos negociados no mercado de capitais brasileiro. Esse nível de significância foi definido como 5%, mas pode ser qualquer outro desejado, também a ser obtido por estimadores quantílicos.

possível evidenciar como potenciais perdas de i se transmitem j e como os retornos dos papéis das empresas sofrem impactos dos principais índices, bem como, de que forma elas contribuem para um *distress* nos retornos do mesmo. A equação (3) mostra a definição do $\Delta CoVaR$. Ela expressa a contribuição marginal de i sobre j é determinada pela diferença entre o valor em risco de j no quantil q condicionado ao valor em risco de i no mesmo quantil e o valor em risco de j no quantil q condicionado ao valor em risco de i na mediana.

$$\Delta CoVaR^{j|i} = CoVaR_q^{j|X_q^i = VaR_q^i} - CoVaR_q^{j|X^i = VaR_{50\%}^i} \quad (3)$$

onde $CoVaR_q^{j|X^i = VaR_q^i} = VaR_q^j | VaR_q^i$ e $CoVaR_q^{j|X^i = VaR_{50\%}^i} = VaR_q^j | VaR_{50\%}^i$. Estas expressões mostram a definição do valor em risco condicionado, $CoVaR$, utilizadas para definição do $\Delta CoVaR$. Com base na interação e na especificação entre os papéis i e j . A partir dessa abordagem é possível obter três medidas de gerenciamento de risco que serão melhores delineadas nas três próximas subseções.

Risco Sistemico

O risco sistêmico, contribuição direta do trabalho de Adrian & Brunnermeier (2011), pode ser definido como a contribuição marginal de um *distress* nos retornos do papel da empresa i para o valor em risco do sistema, sendo, portanto, diferente do conceito similar apresentado por Markowitz (1952). De acordo com a convenção utilizada neste artigo, o risco sistêmico mostra a externalidade negativa dos quantis inferiores dos retornos do papel de uma dada empresa que atua no mercado financeiro doméstico, sobre os 'retornos do mercado', isto é, pelos retornos do Ibovespa. Para estimação do $\Delta CoVaR^{sist|i}$ é necessário primeiro estimar o VaR do sistema condicionado ao valor em risco dos retornos do papel da empresa i , onde isso pode ser obtido diretamente a partir de uma regressão quantílica. Levando em conta a definição de VaR , tem-se o seguinte:

$$VaR_q^{sist|X^i} = \hat{X}_q^{sist,i} \quad (4)$$

onde:

$$\hat{X}_q^{sist,i} = \hat{\alpha}_q^i + \hat{\beta}_q^i X^i \quad (5)$$



O termo $\hat{X}_q^{sist,i}$ denota o valor estimado para um quantil q dos retornos de mercado condicionado aos retornos do papel da empresa i no quantil q . Nesse cenário, a definição do valor em risco do sistema condicionado a empresa i , $CoVaR^{sist|X^i}$, para o q -ésimo quantil da distribuição, é dada pela equação (6):

$$CoVaR^{sist|X^i=VaR_q^i} = \hat{\alpha}_q^i + \hat{\beta}_q^i VaR_q^i \quad (6)$$

Formalmente, o risco sistêmico é definido pela expressão a seguir, na qual empiricamente é possível mensurar e ranquear os papéis das empresas que mais afetam negativamente o mercado como um todo em um cenário de *distress* financeiro, apontando as empresas que podem ser mais representativas neste sentido.

$$\Delta CoVaR^{sist|i} = \hat{\beta}_q^i (VaR_q^i - VaR_{50\%}^i) \quad (7)$$

Stress test

O *stress test* segue o mesmo princípio das estimações da medida de risco anterior, porém, condicionando aos eventos estatísticos de maneira diferente. Nesse caso, o intuito é verificar a contribuição marginal para a vulnerabilidade dos retornos do papel da empresa i condicionada a um *distress* financeiro no sistema. No caso doméstico, é possível ranquear as empresas que sofrem os maiores impactos negativos, dados pelas piores perdas nos retornos do mercado (Ibovespa), onde o *stress test* se apresenta como mais uma medida de monitoramento e gerenciamento do risco. A definição do valor em risco dos retornos do papel da empresa i condicionados ao valor em risco do sistema, $CoVaR^i|X^{sist}$, é expresso pela equação (8):

$$CoVaR^i|X^{sist=VaR_q^{sist}} = \hat{c}_q^{sist} + \hat{\Theta}_q^{sist} \quad (8)$$

A equação do teste de instabilidade dos retornos do papel da empresa i perante o sistema é dada pela equação (9), apresentada a seguir:

$$\Delta CoVaR^i|^{sist} = \hat{\theta}_q^{sist} (VaR_q^{sist} - VaR_{50\%}^{sist}) \quad (9)$$

No caso do *stress test*, o trabalho em questão traz duas medições de instabilidade para os papéis das empresas que atuam no mercado doméstico, a saber:

- i) Avaliação de como uma crise no sistema financeiro nacional, captada pelo Ibovespa, afeta as empresas avaliadas;
- ii) Análise de como um *distress* no mercado financeiro internacional, tendo como variável *proxy* um *distress* no índice Dow Jones, afeta os retornos dos papéis das empresas que atuam no mercado.

Esses dois tipos de testes possibilitam o ranqueamento dos papéis das empresas que são mais impactados por piores perdas nos retornos do mercado financeiro doméstico e internacional, bem como é possível inferir, até que ponto, a correlação entre os quantis inferiores dos retornos dos papéis das empresas domésticas ocorre mais diretamente em função de variações no mercado doméstico ou no mercado internacional.

Efeito contágio

O efeito contágio, diferentemente das medidas de risco sistêmico e *stress test*, foca a atenção nas correlações entre retornos dos papéis financeiros das empresas. A ideia é mensurar a externalidade negativa (*spillover effect*) de um papel em relação aos outros, quando se considera um ambiente financeiro adverso. Essa proposta é interessante para identificar aqueles papéis que mais influenciam, e que são mais influenciados pelos retornos dos demais. Para estimar o efeito contágio da empresa j dado o *distress* financeiro da empresa i , a abordagem da obtenção das estimativas por regressores quantílicos é similar ao que já foi apresentado. Dessa forma, a equação (10) exprime a definição do VaR do papel da empresa j condicionado ao VaR do papel da empresa i .

$$CoVaR^{j|X^i=VaR_q^i} = \hat{d}_q^i + \hat{\gamma}_q^i VaR_q^i \quad (10)$$

A expressão (11) representa a definição do efeito contágio da empresa i sobre a empresa j .

$$\Delta CoVaR^{j|i} = \hat{\gamma}_q^i (VaR_q^i - VaR_{50\%}^i) \quad (11)$$

Neste artigo se obteve a estimação do efeito contágio considerando a interação de k papéis financeiros, de modo a levar em conta todos os efeitos de contaminação na direção de i para j e de j para i . Foi possível a construção de uma matriz de ordem $k \times k$ que buscou captar as externalidades negativas entre os quantis inferiores da função densidade de probabilidade dos retornos dos papéis das empresas negociados no mercado financeiro nacional. A subseção 3.3 enfatiza alguns pontos centrais da matriz

de contágios. Ressalva-se que além dessa matriz, também foram estimadas as possíveis relações de contágios entre as piores perdas nos retornos do mercado doméstico (Índice Bovespa) e internacional (Índice Dow Jones).

3.3 Matriz de contágios

A ideia básica da estimação de uma matriz de contágios para o mercado financeiro doméstico é identificar os papéis das empresas que mais contribuem marginalmente para um *distress* nos retornos dos demais, bem como apontar quais os retornos dos papéis são mais afetados pelos demais. A Tabela 1 a seguir ilustra a matriz de contágios.

Tabela 1

Matriz teórica de contágios

Firmas	Firma 1	Firma 2	Firma 3	...	Firma K	Total
Firma 1	–	$\Delta CoVaR^{1 2}$	$\Delta CoVaR^{1 3}$...	$\Delta CoVaR^{1 K}$	Z1
Firma 2	$\Delta CoVaR^{2 1}$	–	$\Delta CoVaR^{2 3}$...	$\Delta CoVaR^{2 K}$	Z2
Firma 3	$\Delta CoVaR^{3 1}$	$\Delta CoVaR^{3 2}$	–	...	$\Delta CoVaR^{3 K}$	Z3
...
Firma K	$\Delta CoVaR^{K 1}$	$\Delta CoVaR^{K 2}$	$\Delta CoVaR^{K 3}$...	–	ZK
Total	Y1	Y2	Y3	...	YK	

Fonte: Elaboração própria.

Os valores dos elementos $\Delta CoVaR^{j|i}$ em cada coluna representam os resultados do efeito contágio dos retornos do papel da empresa i (firma i) sobre a empresa j (firma j), conforme a definição da equação 11. Observe que a ideia que vigora aqui é parecida com os coeficientes técnicos de encadeamento da Matriz de Leontief (1936) ou a Matriz de Variância e Covariância de Retornos de Markowitz (1952). A diferença é que na matriz de contágios, o elemento de cada linha faz menção a sua contribuição para um *distress* nos retornos dos papéis financeiros das demais empresas, conforme mencionado. Logo, os valores nas linhas mostram como um *distress* nos retornos da empresa i é contagiado por um *distress* nos retornos da empresa j ($\Delta CoVaR^{i|j}$). Desta forma, com a matriz de contágios é possível a elaboração de dois tipos de ranqueamento: (i) por elementos da coluna, onde é possível expressar o maior *distress* financeiro, ou seja, o retorno do papel que mais sofreu com as externalidades negativas da firma K ; (ii) pelos elementos das linhas, que sinalizam quais papéis mais influenciam um *distress* financeiro sobre os retornos do papel K . A matriz construída com parâmetros relacionados aos quantis inferiores das funções densidade de probabilidade dos retornos, evidencia tanto o ato de contágio entre os retornos dos ativos financeiros, quanto de serem afetados pelos mesmos. Foram

estimados os efeitos contágios acumulados na linha e na coluna para cada papel de empresa K , com a finalidade de identificar os papéis das empresas que possuem as características de mais contagiar e serem contagiadas no ambiente de *distress* financeiro. Assim, os resultados totais das colunas (Y_1, \dots, Y_k) representam o efeito contágio acumulados retornos do papel de uma empresa em relação ao retorno das demais ($\forall i \neq j$). Na outra mão, os resultados totais das linhas (Z_1, \dots, Z_k) apontam o efeito contágio acumulado na direção oposta, que sinaliza o quanto contagiados são os retornos do papel da empresa i pelos demais ($\forall i \neq j$). Os valores de Y e Z serão usados apenas para ranquear, respectivamente, os papéis que mais afetam e que mais são afetados em termos totais.

O cálculo do efeito contágio acumulado (Y) de um *distress* nos retornos dos papéis da firma K sobre os retornos dos papéis outras firmas do mercado é dado pelas expressões abaixo:

$$Y_K = \Delta CoVaR^{1|K} + \Delta CoVaR^{2|K} + \dots + \Delta CoVaR^{(K-1)|K} \quad (12)$$

$$Y_K = (VaR_q^K - VaR_{50\%}^K) \sum_{n=1}^{K-1} \hat{\gamma}_q^{n,K}$$

onde o termo $\hat{\gamma}_q^{n,K}$ é o parâmetro de reação dos efeitos do valor em risco no q -ésimo quantil do papel K sobre o valor em risco no q -ésimo quantil do papel n (com $n = 1, 2, \dots, K-1$); VaR_q^K é o valor em risco da firma K no q -ésimo quantil; $VaR_{50\%}^K$ é o valor em risco da firma K na mediana.

A equação 13 mostra o cálculo do efeito contágio acumulado na direção inversa (Z) para a empresa K , que mede o quanto afetado é a rentabilidade do papel i por um *distress* nos retornos dos demais papéis.

$$Z_K = \Delta CoVaR^{K|1} + \Delta CoVaR^{K|2} + \dots + \Delta CoVaR^{K|(K-1)} \quad (13)$$

$$Z_K = \sum_{n=1}^{K-1} \hat{\gamma}_q^{K,n} (VaR_q^n - VaR_{50\%}^n)$$

onde o termo $\hat{\gamma}_q^{K,n}$ é o parâmetro de reação dos efeitos do valor em risco no q -ésimo quantil do papel n sobre o valor em risco no q -ésimo quantil do papel K (com $n = 1, 2, \dots, K-1$); VaR_q^n é o valor em risco da firma n no q -ésimo quantil; $VaR_{50\%}^n$ é o valor em risco da firma n na mediana.

3.4 Base de dados

Para a seleção das empresas que participaram desta análise foram consideradas aquelas que compuseram o Índice Bovespa no quadrimestre de maio a agosto de 2011. Inobstante, outro requisito para a participação foi a disponibilidade consistente de informações das cotações diárias dos ativos no período. Em tal cenário, apenas dezesseis empresas apresentaram os requisitos necessários. Veja a Tabela 2 para verificar os códigos e uma descrição dos ativos das empresas participantes, bem como as estatísticas descritivas dos retornos dessas empresas e do mercado doméstico (IBOV) e internacional (DJIA).

A seleção inicial de empresas era maior, contendo também os ativos das seguintes empresas: OGX3, BVMF3, PGDR3, CYRE3, GFSA3, MRVE3, CIEL3, MMXM3 e BRFS3. Contudo, as empresas supracitadas foram excluídas por terem apenas uma série histórica recente, de modo que às informações de seus retornos não se enquadravam dentro do interregno de tempo pretendido na pesquisa. Adverte-se que os dados faltantes das observações para as ações selecionadas foram interpolados, gerados através de uma média entre o valor da cotação prévia e da cotação posterior.

A escolha do período é justificada pelo fato que se segue: após alguns anos de forte instabilidade econômica e de várias reformas monetárias, a inflação brasileira pós-1994 se mostrou mais controlada e estável, bem como a moeda nacional se manteve a mesma. A amostra de dados utilizada para a análise foi obtida diretamente no sistema Economatica e contou com 3.876 observações diárias sobre os preços de encerramento de cada ativo entre 06/01/1995 e 26/08/2011.

Tabela 2

Estatísticas descritivas dos retornos das empresas selecionadas e dos índices de mercado entre janeiro de 1995 e agosto de 2011

Setor Econômico	Descrição	Variável	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Consumo Cíclico	Retorno das Ações Preferenciais Lojas Americanas	LAME4	0,1	-17,395	24,72	3,18
Consumo não Cíclico	Retorno das Ações Preferenciais AMBEV*	AMBV4	0,109	-16,207	16,137	2,233
	Retorno das Ações Preferenciais Pão de Açúcar	PCAR4	0,069	-24,519	31,016	2,646
Financeiro	Retorno das Ações ordinárias do Banco do Brasil	BBAS3	0,071	-31,366	18,826	2,975
	Retorno das Ações Preferenciais do Bradesco	BBDC4	0,089	-21,681	19,989	2,561
	Retorno das Ações Preferenciais Itaú (S.A.)	ITSA4	0,102	-21,218	22,432	2,552
	Retorno das Ações Preferenciais Itaú-Unibanco	ITUB4	0,1	-15,721	21,004	2,592
Materiais Básicos	Retorno das Ações Preferenciais da Vale do Rio Doce	VALE5	0,1	-16,443	38,505	2,627
	Retorno das Ações ordinárias da Cia. Sid.Nacional	CSNA3	0,122	-18,771	19,628	2,888
	Retorno das Ações Preferenciais da Gerdau (S.A.)	GGBR4	0,125	-16,135	20,935	2,982
	Retorno das Ações Preferenciais da Usiminas	USIM5	0,077	-18,131	16,628	3,208
	Retorno das Ações Preferenciais da Gerdau	GOAU4	0,127	-27,477	21,707	2,814
	Retorno das Ações ordinárias da Vale do Rio Doce	VALE3	0,092	-20,552	29,849	2,606
Mercado	Retorno do Ibovespa	IBOV	0,064	-17,229	28,818	2,218
	Retorno do indicador Dow Jones	DJIA	0,02	-8,201	10,508	1,229
Petróleo, Gás e Biocombustível	Retorno das Ações Preferenciais Petrobrás	PETR4	0,093	-21,158	18,796	2,643
	Retorno das Ações ordinárias da Petrobrás	PETR3	0,111	-22,314	18,572	2,816
Utilidade Pública	Retorno das Ações Preferenciais da CEMIG*19	CMIG4	0,075	-27,8	26,394	2,858

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados do Economática.

*AMBEV = Companhia de Bebidas das Américas; CEMIG = Companhia Energética de Minas Gerais.

4. Análise de resultados

Os resultados deste trabalho são apresentados nesta seção, a qual foi subdividida com o objetivo de avaliar as medidas de risco fornecidas pela abordagem CoVaR, tais como o risco sistêmico, o teste de *stress* e o efeito contágio.

4.1 Risco sistêmico versus *value at risk*

Esta seção apresenta os resultados do primeiro indicador para mensuração do risco advindo da abordagem CoVaR, no qual a intenção é captar e ranquear os papéis das empresas que mais geram *spillovers* negativos sobre o retorno de mercado financeiro doméstico (Ibovespa) em um ambiente de *distress* financeiro. A título de demonstrar as diferenças de resultados e possíveis sub ou superestimação do risco para um dado ativo, foi realizada uma comparação entre os resultados do risco sistêmico e do VaR para ajudar a entender a necessidade de se considerar um indicador que não leve em conta apenas uma análise do risco individual de cada papel financeiro, mas também apontar aqueles papéis mais nocivos para a rentabilidade em risco do sistema.

Com base nas informações disponíveis na Tabela 3 sobre o VaR, nota-se que o papel das Lojas Americanas (LAME4), que acaba de receber notificação da BM&FBovespa sobre seu pedido de falência conduzido pela *factoring* Athena banco, apresenta o maior risco individual para o mercado financeiro doméstico, -4,95. Ele é seguido pelo da Usiminas (USIM5) com -4,70 e da Vale do Rio Doce – ação ordinária (VALE3), com -4,45. Numa análise mais ampla, os resultados estimados parecem estar associados às estratégias, especificidades do segmento e às elasticidades das demandas para os produtos ofertados pelas empresas que compõem a amostra, de modo que o conjunto dessas características ajuda a compreender a elevada dispersão da taxa de retorno dos papéis de cada empresa.

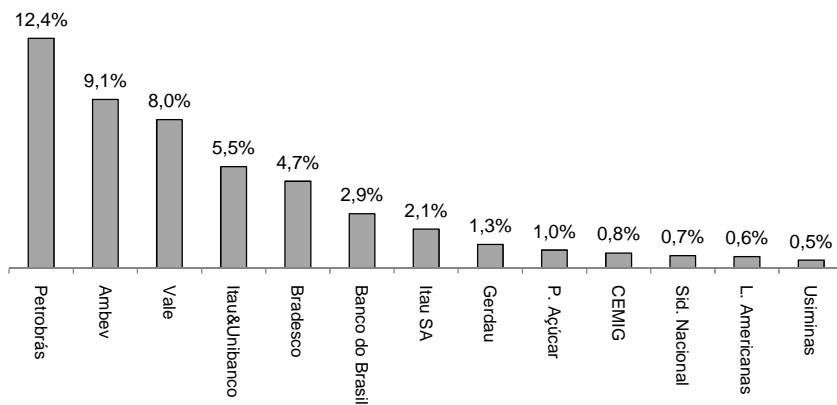
Tabela 3Resultados do VaR edo Risco Sistemico ($\Delta CoVaR$) para o mercado financeiro nacional

Ordenamento pelo risco sistêmico	Empresa		Empresa	Risco Sistemico
1º	LAME4	-4,95	PETR4	-2,75
2º	USIM5	-4,7	VALE5	-2,48
3º	VALE3	-4,45	BBAS3	-2,37
4º	AMBV4	-4,44	GGBR4	-2,36
5º	PCAR4	-4,31	GOAU4	-2,3
6º	BBDC4	-4,26	CMIG4	-2,29
7º	CMIG4	-4,18	CSNA3	-2,28
8º	BBAS3	-4,14	USIM5	-2,27
9º	VALE5	-3,96	BBDC4	-2,12
10º	PETR4	-3,92	ITSA4	-2,03
11º	GGBR4	-3,82	PETR3	-1,99
12º	ITSA4	-3,77	AMBV4	-1,95
13º	GOAU4	-3,74	LAME4	-1,81
14º	CSNA3	-3,7	ITUB4	-1,72
15º	ITUB4	-3,7	VALE3	-1,64
16º	PETR3	-3,25	PCAR4	-1,43

Fonte: Elaboração própria.

Ao considerar essa medida univariada, o VaR , tal classificação pode ter pouca utilidade, por exemplo, para órgãos reguladores (como o Banco Central do Brasil), pois não ponderam os efeitos negativos gerados pela LAME4 sobre o retorno do mercado, o que dificulta identificar as empresas que em um cenário de elevadas perdas conseguem provocar as maiores *spillovers effects* para o sistema. Além disso, a participação de apenas 0,6% da LAME4 no valor total de mercado das firmas que atuam na BMF&Bovespa põe em dúvida a classificação de risco gerada pelo VaR, pois não é razoável supor que esse papel, com pequena participação relativa no mercado, possa por si só provocar efeitos mais persistentes no retorno do mercado doméstico.

Não obstante, ao avaliar os resultados referentes ao indicador proporcionado pelo risco sistêmico ($\Delta CoVaR^{sist|i}$), tem-se que um *distress* financeiro nos retornos da PETR4 apresenta a maior contribuição marginal para o valor em risco do mercado, o que na terminologia deste artigo representa o papel com maior *spillover effect* para o sistema. Com base nessa informação, os agentes podem gerir o risco financeiro de forma mais ampla, uma vez que agora se leva em conta o valor em risco do sistema condicionado ao valor em risco de um dado papel.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da BM&FBovespa.

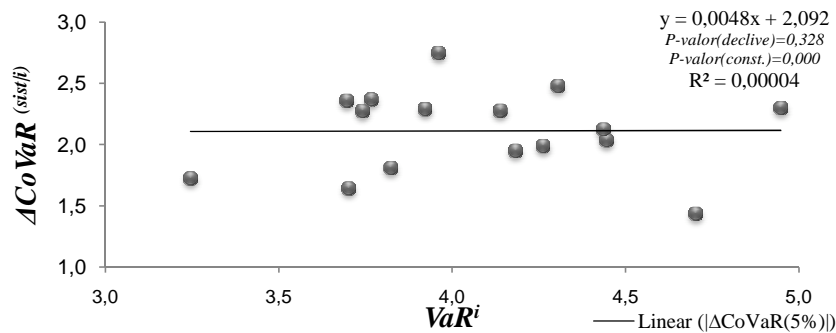
Figura 1

Participação relativa do valor de mercado de cada empresa em termos do valor total de todas as empresas que atuam na BM&FBovespa – setembro de 2012

É válido realçar que a classificação da PETR4 como o papel com maior risco sistêmico parece ser consistente com dois fatores: (1) os resultados encontrados se mostram condizentes com o tamanho da Petrobrás em termos do total do volume de negociações na BM&FBovespa, que representa mais de 12% do mesmo (vide Figura 1); (2) é de conhecimento popular que existe um componente macroeconômico nas decisões da Petrobrás, de modo que a relação entre ela e o governo têm pressionado os preços daqueles papéis para baixo. O último episódio envolve a possibilidade de a Petrobrás ter algum estudo ou proposta para apresentar ao governo, visando reajuste do preço dos derivados de petróleo atrelado à redução da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Cide).

Caso houvesse tão somente a avaliação do risco individual, por exemplo, os retornos dos papéis PETR4 e VALE5 teriam aparentemente o mesmo nível de risco. Todavia, ao verificar o risco sistêmico para esses papéis, nota-se que a PETR4 possui um maior *spillover effect* para o risco de mercado. Assim, na tentativa de avaliar se existe alguma relação entre as duas medidas, a Figura 2 confronta o VaR e o risco sistêmico. De acordo com tal ilustração, observa-se que inexistente correlação definida entre os indicadores fornecidos pelo VaR de cada empresa e seu respectivo indicador dado pelo $\Delta CoVaR$. Salienta-se que a relação entre essas duas medidas de risco não é estatisticamente significativa a 5% para o mercado de capitais

doméstico, o que corrobora as evidências encontradas por Adrian & Brunnermeier (2011).



Fonte: Elaboração própria.

Figura 2

Relação entre as medidas de risco $\Delta CoVaR$ e VaR (em termos absolutos)

A análise dessa primeira medida de risco sinaliza a relevância do uso dessa metodologia para avaliação e gestão do risco, pois reforça a ideia de que se o papel de uma empresa i qualquer possui uma elevada contribuição para o risco sistêmico, a regulação deve se atentar aos efeitos de transbordamento do risco.

4.2 Avaliação do *stress test*

Aqui são expostos os resultados do *stress test* estimado para cada papel financeiro negociado no mercado de capitais doméstico da amostra, em relação a um *distress* no indicador do mercado doméstico, IBOV, e no indicador do mercado internacional, DJIA. Mais especificamente, para avaliar a contribuição marginal para a vulnerabilidade do papel da empresa i diante de um *distress* no mercado, o *stress test* leva em conta duas possibilidades:

- i) Testar a reação das piores perdas nos retornos dos papéis das empresas em relação ao *distress* financeiro nos retornos do mercado doméstico, IBOV;
- ii) Testar a reação das piores perdas nos retornos dos papéis das empresas em relação ao *distress* financeiro nos retornos do mercado internacional, DJIA.

Nota-se a partir da Tabela 4, que para o primeiro caso, os papéis das empresas que apresentaram maiores perdas, dado um *distress* nos retornos do IBOV, foram o USIM5 (-3,38%), o PETR4 (-3,37%) e o PETR3 (-3,31%). Para o segundo caso, quando se fez o teste para um *distress* nos retornos do DJIA, observou-se que os retornos dos papéis mais afetados foram o GOAU4 (Gerdau, ação preferencial) (-2,28), BBDC4 (-2,03) e PETR3 (-2,02).

Tabela 4

Ranking das empresas em relação ao *stress test* gerado por um *distress* financeiro nos retornos dos índices Bovespa e Dow Jones

Empresa	IBOV			DJIA		
	Ranking		Stress Test $\Delta CoVaR(5\%)$	Ranking		Stress Test $\Delta CoVaR(5\%)$
USIM5	1º	0,96	-3,38	5º	1,15	-1,85
PETR4	2º	0,95	-3,37	4º	0,96	-1,91
PETR3	3º	0,94	-3,31	3º	0,92	-2,02
CMIG4	4º	0,89	-3,14	11º	0,78	-1,6
BBDC4	5º	0,82	-2,88	2º	0,93	-2,03
CSNA3	6º	0,78	-2,77	7º	1,01	-1,83
ITUB4	7º	0,78	-2,76	16º	0,89	-1,24
VALE5	8º	0,78	-2,75	12º	0,8	-1,55
GOAU4	9º	0,77	-2,72	1º	0,65	-2,28
GGBR4	10º	0,77	-2,7	6º	1,02	-1,84
ITSA4	11º	0,76	-2,7	10º	0,93	-1,65
BBAS3	12º	0,71	-2,51	9º	0,83	-1,76
VALE3	13º	0,68	-2,4	14º	0,78	-1,54
LAME4	14º	0,61	-2,14	13º	0,89	-1,55
PCAR4	15º	0,52	-1,82	8º	0,78	-1,77
AMBV4	16º	0,51	-1,81	15º	0,62	-1,3

Fonte: Elaboração própria.

Ademais, foi observado que o stress test realizado para os retornos dos papéis das empresas dado por um *distress* nos retornos do IBOV, tem um

efeito maior para o retorno dos papéis das primeiras se comparado a um *distress* nos retornos do DJIA. O ranqueamento gerado utilizando cada um dos testes não apresentou correlação alguma, pois a contribuição marginal de ambos os efeitos é diferente para os retornos de cada papel de empresa negociado domesticamente.

Não obstante, dado que o parâmetro $\hat{\theta}_{5\%}^{sist}$ mede o grau de resposta do VaR dos retornos do papel da empresa i dado o VaR do sistema, é válido destacar o seguinte resultado: para todos os papéis avaliados, com exceção da PETR3, CEMIG (CMIG4) e GOAU4, os respectivos indicadores de valor em risco estimados foram maiores, isto é, foram mais afetados pelo *distress* nos retornos do DJIA do que um *distress* no IBOV. Ao analisar um *distress* nos retornos do DJIA, observa-se que três empresas USIM5, Cia. Siderúrgica Nacional (CSNA3) e GGBR4 apresentaram um $\hat{\theta}_{5\%}^{sist} > 1$, indicando que o VaR de cada um desses papéis é afetado mais do que proporcionalmente por um *distress* no mercado internacional.

4.3 Matriz de efeito contágios

Como destacado nas subseções 3.2.3 e 3.3, a abordagem CoVaR possibilita o cálculo do chamado efeito contágio entre uma série de papéis financeiros, em que a combinação de todas essas interconexões em um ambiente de *distress* financeiro viabiliza a construção de uma matriz de contágios. Essa matriz ajuda a entender o *spillover effect*, ao mensurar o dano para o valor em risco do papel de uma dada empresa i , vindo da pior perda ocorrida com o papel j . Dessa forma, a estimação da matriz de contágios permite responder, por exemplo, às seguintes indagações:

- i) Como identificar os papéis de empresas que atuam no mercado de capitais doméstico que mais sofrem com as externalidades negativas do valor em risco dos papéis de outras empresas?
- ii) Quais papéis de empresas mais contagiam (exercem transbordamento negativo) os retornos dos papéis das demais empresas?
- iii) Quais os ativos que mais causam e mais sofrem com os efeitos de transbordamento de outros ativos de firmas numa perspectiva inter-setorial e intra-setorial?

Diante das indagações propostas, a matriz de contágios é expressa pela Tabela 5. Nela foi possível avaliar efeitos nas direções das linhas e das colunas. Nos indicadores de cada coluna, identifica-se os papéis das empresas

que sob *distress* financeiro, apresentam a maior contribuição marginal de risco para os demais papéis negociados no mercado. Ao analisar a coluna, chama a atenção o papel código BBDC4 (Bradesco) que exibe um comportamento adverso. Tal papel, afeta de maneira decrescente o ITUB4 (Itaú-Unibanco) (-2,57), USIM5 (-2,42) e ITSA4 (Itaú S.A.) com um impacto de -2,29, respectivamente.

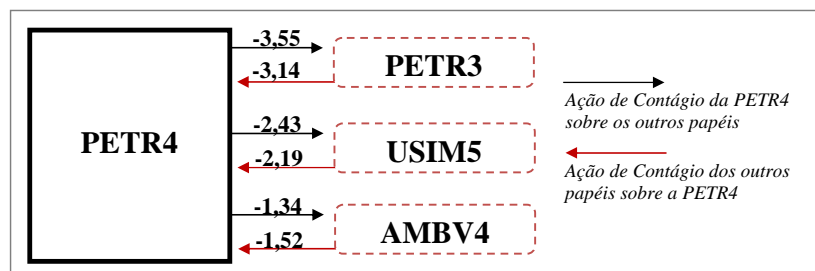
Tal análise pode ser realizada para todas as colunas, de maneira a subsidiar discussões no âmbito microeconômico entre a relação de risco entre os ativos das empresas e como elas se comportam nos seus respectivos setores e regimes de concorrência. Sendo assim, para destacar potencial dessa matriz na avaliação dos contágios, ir-se-á tomar o caso do contágio de papéis de empresas ligadas ao setor financeiro: Bradesco (BBDC4), Itaú S.A. (ITSA4), Banco do Brasil (BBAS3) e Itaú-Unibanco (ITUB4), como ilustração. De acordo com as estimações, pode-se concluir que o papel ITUB4 afeta mais os retornos dos demais papéis: BBDC4, ITSA4, e BBAS3. De acordo com a análise restrita a esses quatro papéis, nas linhas, observa-se que a ação do ITUB4 também é aquela que mais é afetada pelos papéis das empresas.

Analizando a primeira coluna que contém as informações do efeito contágio da PETR4 sobre os demais papéis é possível perceber que quando a rentabilidade da mesma está nos momentos de maiores perdas, o outro papel da mesma firma, PETR3, é aquele que carrega para si o maior *spillover effect*. A constatação a partir da medida de risco que reflete o efeito contágio é bastante coerente com o fato de esses dois papéis serem emitidos e negociados pela mesma empresa. Logo, isso evidencia aspectos da dinâmica do mercado de capitais doméstico, o que expressa, portanto, elevada inter-relação entre os retornos dos papéis, isto é, elevados *spillovers*. É interessante observar que esse mesmo comportamento ocorre com os papéis da Cia. Vale do Rio Doce (VALE5 e VALE3).

Levando em conta agora as relações da PETR4 com os outros papéis, nota-se que a USIM5, a CMIG4 e a GGBR4 são as mais afetadas por um *distress* financeiro na PETR4. Provavelmente, isso ocorre porque esses papéis estão relacionados entre si por participarem de setores fornecedores de importantes insumos dentro do encadeamento dos bens produzidos nos diversos setores, bem como estão intimamente ligados ao que ocorre em relação às *commodities* negociadas nos mercados mundiais. Sabe-se que os preços das *commodities* são fortemente influenciados por estímulos externos aos mercados, e que respondem a esses estímulos através de mudanças

das trajetórias dos preços, sejam elas mudanças de tendências, clusters de volatilidade, quebras estruturais, etc.

Na intenção de facilitar a visualização das inter-relações expostas na Tabela 5, a Figura 3 apresenta um exemplo entre as relações de contágio entre o papel PETR4 com o PETR3, USIM5 e AMBV4. Os dois primeiros (PETR3 e USIM5) são os que mais são contagiados por um *distress* financeiro em PETR4, enquanto que o papel AMBV4 é o que menos sofre esses efeitos.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 3

Relações de contágio da PETR4 com o papel PETR3, USIM5 e AMBV4

A figura acima procura exemplificar o efeito de contágio do PETR4 em direção aos outros papéis e vice-versa. Ela registra como o *spillover effect* se altera quando se leva em conta as duas direções, o que sinaliza qual resposta de contágio é dominante. Para o caso do PETR3 e do USIM5 em destaque na Figura 3, nota-se que o valor em risco da PETR4 externa mais para PETR3 e para USIM5 do que a causalidade invertida. Contudo, quando se considera a relação entre o PETR4 e o AMBV4, tem-se que o segundo contagia mais o primeiro. Essa última relação é bem interessante, pois identifica-se que a Petrobrás e a AMBEV são as duas empresas mais importantes em termos de valor de mercado, ao levar em conta o valor de mercado total da BM&FBovespa. Não obstante, comparando as inter-relações de contágio que cada uma desses papéis recebe e emite para os outros, percebe-se que o AMBV4 tanto contagia menos quanto é menos contagiado pelos outros, enquanto que os resultados para os dois papéis da Petrobrás (PETR4 e PETR3) mostram mais instabilidade do que o AMBV4.

Tabela 5
Matriz de Contágios para os papéis das empresas selecionadas

Setor		Petróleo, Gás e Biocombustíveis (PGB)		Consumo Cíclico (CC)	Consumo não cíclico (CNC)		Financeiro (F)				Materiais Básicos (MB)						Utilid. Pública (UP)	Total
	Firmas	PETR4	PETR3	LAME4	AMBV4	PCAR4	BBAS3	BBDC4	ITSA4	ITUB4	VALE5	CSNA3	GGBR4	USIM5	GOAU4	VALE3	CMIG4	
PGB	PETR4	-	-3,14	-1,46	-1,52	-1,8	-1,85	-2,16	-2,29	-2,34	-2,23	-2,04	-2,12	-2,19	-1,95	-1,94	-2,39	-31,41
	PETR3	-3,55	-	-1,34	-1,42	-1,7	-1,83	-2,1	-2,08	-2,16	-2,23	-2,04	-1,91	-2,21	-1,88	-2,04	-2,28	-30,77
CC	LAME4	-1,61	-1,46	-	-1,34	-1,34	-1,69	-1,65	-1,77	-1,68	-1,55	-1,54	-1,53	-1,88	-1,5	-1,55	-1,77	-23,87
CNC	AMBV4	-1,34	-1,2	-0,96	-	-1,13	-1,19	-1,34	-1,43	-1,32	-1,22	-1,25	-1,12	-1,46	-0,98	-1,23	-1,29	-18,46
	PCAR4	-1,51	-1,34	-0,96	-1,24	-	-1,33	-1,82	-1,64	-1,49	-1,25	-1,3	-1,29	-1,38	-1,32	-1,13	-1,5	-20,51
F	BBAS3	-1,85	-1,65	-1,43	-1,45	-1,41	-	-1,97	-2	-1,95	-1,63	-1,88	-1,89	-2,02	-1,67	-1,61	-1,83	-26,24
	BBDC4	-2,05	-1,87	-1,29	-1,67	-1,57	-1,94	-	-2,48	-2,66	-1,62	-1,8	-1,89	-1,94	-1,85	-1,56	-2,32	-28,52
	ITSA4	-2,08	-1,83	-1,3	-1,48	-1,49	-1,76	-2,29	-	-2,48	-1,68	-1,82	-1,8	-2,13	-1,87	-1,65	-1,97	-27,64
	ITUB4	-2,13	-1,9	-1,31	-1,64	-1,74	-1,93	-2,57	-2,48	-	-1,71	-1,62	-2,09	-1,98	-1,85	-1,58	-2,14	-28,68
MB	VALE5	-2,23	-2,05	-1,32	-1,48	-1,31	-1,65	-1,74	-1,85	-1,8	-	-1,99	-1,79	-2,07	-1,88	-2,71	-1,92	-27,8
	CSNA3	-2,08	-2	-1,18	-1,3	-1,46	-1,67	-1,86	-1,95	-1,92	-1,96	-	-2,11	-2,59	-2,18	-1,87	-1,76	-27,88
	GGBR4	-2,24	-1,94	-1,66	-1,58	-1,64	-1,86	-2,09	-2,1	-2,08	-2,22	-2,18	-	-2,59	-2,49	-1,99	-1,77	-30,43
	USIM5	-2,43	-2,03	-1,47	-1,98	-1,67	-2,15	-2,42	-2,06	-2,62	-2,22	-2,6	-2,48	-	-2,26	-2,06	-2,35	-32,8
	GOAU4	-1,72	-1,53	-1,01	-0,98	-1,05	-1,4	-1,56	-1,65	-1,62	-1,81	-1,97	-3,27	-2,14	-	-1,68	-1,35	-24,72
	VALE3	-1,89	-1,81	-1,26	-1,33	-1,31	-1,59	-1,69	-1,7	-1,67	-2,8	-1,82	-1,8	-1,87	-1,83	-	-1,54	-25,92
UP	CMIG4	-2,37	-2,12	-1,24	-1,62	-1,53	-1,73	-2,07	-2,06	-2,18	-1,86	-1,69	-1,79	-2,12	-1,46	-1,42	-	-27,28
	Total	-31,07	-24,76	-17,75	-20,52	-20,35	-23,73	-27,16	-27,25	-27,62	-25,77	-25,5	-26,75	-28,41	-25,04	-24,07	-25,8	

Fonte: elaboração própria.

É interessante ressaltar que o valor total constante na linha e na coluna de cada papel possui a utilidade de localização daquelas ações que mais sofrem e geram contágios. Do ponto de vista global da matriz, tendo em vista tais resultados pode-se verificar o seguinte:

- i) Na direção do ato de contagiar, isto é, resultado total da coluna: na ordem decrescente, os papéis das empresas que apresentaram maiores efeitos negativos sobre os demais foram PETR4 (-31,07), o USIM5 (-28,41) e o ITSA4 (-27,25). No outro extremo, destacam-se a LAME4 (-17,75), PCAR4 (-20,35) e AMBV4 (-20,52);
- ii) Na direção de sofre o contágio, resultado total da linha, tem-se que as ações que mais a USIM5 (-32,80), a PETR4 (-31,41) e a PETR3 (-30,77) são aquelas mais contagiadas no efeito acumulado. Por sua vez, as que menos são afetadas pelos efeitos de transbordamento de outros papéis são: AMBV4 (-18,46), PCAR4 (-20,51) e LAME4 (-23,87).

Observe que pelas estimações, dos três retornos dos papéis mais contagiados e que mais contagiam, os retornos do papel financeiro que mais afeta não é, necessariamente, o mais afetado. Isso ocorre porque, diferentemente dos modelos tradicionais que se inspiram na Matriz de Variância e Covariância de Retornos de Markowitz (1952), não é assumido aqui que os efeitos de conturbações negativas e positivas sobre os retornos dos papéis negociados nos mercados, sejam simétricos. Em outras palavras, o modelo é mais robusto, pois os estimadores quantílicos utilizados minimizam os efeitos adversos, como dos *outliers*, conforme mencionado anteriormente. Esta é mais uma das vantagens dos resultados apresentados no presente trabalho, em relação aos demais aplicados ao mercado de capitais doméstico.

Finalmente, utilizou-se o modelo para estimar a relação de contágio entre os retornos dos dois indicadores de mercado IBOV e DJIA. A Tabela 6 ilustra como um *distress* financeiro no indicador Dow Jones afeta o retorno do indicador IBOV. Percebe-se conforme esperado, que as estimações revelam que o efeito de um *distress* no DJIA sobre o IBOV é maior (-2,14). Logo, como o efeito contágio de DJIA é significativo para o IBOV, foi realizado o teste de *stress* para os papéis das empresas domésticas em relação a ambos indicadores.

Tabela 6

Efeito contágio entre os retornos de mercado (IBOV e DJIA)

Índices	IBOV	DJIA
IBOV	–	-2,14
DJIA	-1,27	–

Fonte: Elaboração própria.

5. Conclusões

Conforme discutido anteriormente, o desenvolvimento do sistema financeiro deve, concomitantemente com seu crescimento, buscar diminuir as probabilidades de crises econômicas globais. Neste sentido, existe a necessidade de uma regulação avançada que possa acompanhar com rapidez as inovações financeiras promovendo de maneira sustentável, do ponto de vista da gestão de riscos, a expansão dos mercados.

A regulação pode se apresentar de diferentes formas e a que melhor atende as necessidades de ampliação dos mercados é a chamada auto-regulação, conforme salientado na terceira edição do Acordo da Basileia de 2010. Porque ela permite a criação de mecanismos de incentivos para que as próprias IF's possam escolher o que é mais adequado para cada situação no cotidiano dos mercados, sem deixar de atender as demandas das instituições reguladoras, que buscam também o aumento do acesso e do bem-estar dos usuários dos serviços financeiros.

Observa-se que nos últimos anos houve um rápido avanço de metodologias que visam dimensionar os riscos aos quais estão submetidos os portfólios das várias IF's que atuam nos mercados. Essas metodologias, de maneira geral, pretendem fornecer suporte quantitativo ao problema observado durante a recente crise americana que reverberou sobre todo o mercado global. A metodologia CoVaR, que é relativamente nova, apresenta-se como uma abordagem que pode subsidiar a gestão de riscos dos portfólios dos mercados financeiros. Uma das suas vantagens é que sob o prisma da regulação de mercado, torna-se mais importante conhecer aqueles papéis que geram o maior potencial de riscos para o sistema.

A principal inovação deste artigo foi buscar refletir através da construção da matriz de contágios, como ocorre a transmissão destas piores perdas nos retornos dos papéis no âmbito do contágio de um papel negociado em relação aos demais, bem como identificar as respostas das perdas de cada papel frente a um *distress* nos retornos dos mercados doméstico (IBOV) e internacional (índice Dow Jones).

Verificou-se que existe uma 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, haja vista a estimação desses valores extremos para o quantil 5% através de regressores quantílicos. Ressalta-se como principal resultado que a Petrobrás (PETR4), num ambiente adverso, liderana direção do ato de contagiar, enquanto que a Usiminas (USIM5) é a líder no sentido de ser o papel mais contagiado por um *distress* nos retornos dos papéis das demais empresas da amostra no efeito acumulado.

Além disso, pelo resultado do risco sistêmico, foi possível identificar que os baixos retornos da PETR4 provocam também a maior contribuição marginal para o valor em risco do mercado doméstico (IBOV). Dessa forma, o risco sistêmico mensurado pelo $\Delta CoVaR$ mostra um ranqueamento distinto do fornecido pela medida de risco individual VaR.

Por fim, alguns resultados encontrados evocam questões que merecem discussões mais detalhadas. Dentre as mais relevantes, pode-se destacar, por exemplo, o que levou a uma contribuição marginal maior de um *distress* nos retornos do Ibovespa sobre o valor em risco dos papéis das empresas domésticas, comparativamente a um *distress* nos retornos do indicador Dow Jones; e porque não, necessariamente, dentro da matriz de contágios os retornos do papel que é mais afetado não é aquele que mais afeta os retornos dos demais. Estas e outras, necessariamente, deverão incorporar os questionamentos a serem investigados por trabalhos futuros.

Referências

- Adrian, Tobias, & Brunnermeier, Markus K. 2011. *CoVaR*. NBER Working Paper, 17454, 1–43.
- Arias, Mauricio, Mendoza, Juan C., & Perez-Reyna, David. 2010. Applying CoVaR to Measure Systemic Market Risk the Colombian Case. *IFC Bulletin*, **34**, 351–364.
- Barbachan, José S. F., Farias, Aquiles R. H., & Ornelas, José R. 2008. A Goodness-of-Fit Test with Focus on Conditional Value at Risk. *Revista Brasileira de Finanças*, **6**, 139–155.
- Buchinsky, Moshe. 1998. Recent Advances in Quantile Regression Models a Practical Guideline for Empirical Research. *The Journal of Human Resources*, **33**, 88–126.

- Campbell, John Y., Lo, Andrew W., & Mackinlay, A. Craig. 1997. *The Econometrics of Financial Markets*. New Jersey: Princeton University Press.
- Carrasco, Vinicius, & Garcia, Márcio. 2010. *CoVaR: Uma Medida de Risco Sistêmico Para Instituições Financeiras No Brasil*. Disponível em: <http://clipping.vrc.puc-rio.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=23416&sid=72>. Acesso em: 25/5/2012.
- Dias, Leonardo E. 2010. *Análise Empírica Do Value-at-Risk Por Simulação Histórica Com Atualização Devolatilidade Para Fundos de Ações No Brasil*. Escola de Pós-Graduação em Economia, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado.
- Elton, Edwin J., & Gruber, Martin J. 2007. *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. New York: Wiley.
- Engle, Robert F., & Manganelli, Simone. 2004. CAViaR: Conditional Autoregressive Value at Risk by Regression Quantiles. *Journal of Business and Economic Statistics*, **22**, 367–381.
- Fabozzi, Frank J., Modigliani, Franco, & Ferri, Michael G. 1994. *Foundations of Financial Markets and Institutions*. Prentice Hall.
- Ho, Thomas Y., & Lee, Sang B. 2004. *The Oxford Guide to Financial Modeling: Applications for Capital Markets, Corporate Finance, Risk Management and Financial Institutions*. Oxford University Press.
- Koenker, Roger. 2005. *Quantile Regression*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Koenker, Roger, & Bassett, Gilbert. 1978. Regression Quantiles. *Econometrica*, **46**, 33–50.
- Koenker, Roger, & Machado, José A. F. 1999. Goodness of Fit and Related Inference Processes for Quantile Regression. *Journal of the American Statistical Association*, **94**, 1296–1310.
- Leavens, David. 1945. Diversification of Investments. *Trusts and Estates*, **80**, 469–473.

- Leontief, Wassily. 1936. Quantitative Input-Output Relations in the Economic System of the United States. *Review of Economics and Statistics*, **18**, 105–125.
- Lima, Luiz R., Gaglianone, Wagner P., Linton, Oliver, & Smith, Daniel. 2011. Evaluating Value-at-Risk Models Via Quantile Regressions. *Journal of Business and Economic Statistics*, **29**, 150–160.
- Loutskina, Elena. 2011. The Role of Securitization in Bank Liquidity and Funding Management. *Journal of Financial Economics*, **100**, 663–684.
- Markowitz, Harry. 1952. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, **7**, 77–91.
- Mollica, Marcos A. 1999. *Uma Avaliação de Modelos de Value at Risk: Comparação Entre Métodos Tradicionais e Modelos de Variância Condicional*. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo. Dissertação de Mestrado.
- Oliveira, Marcos. R. G., Carmona, Charles U. M., & Távora Junior, José L. 2006. Value at Risk Dinâmico: Um Estudo Comparativo Entre Os Modelos Heterocedásticos e a Simulação de Monte Carlo. *Revista Brasileira de Finanças*, **4**, 181–202.
- Rajan, Raghuram G. 2005. *Has Financial Development Made the World Riskier?* NBER Working Paper, 11728, 1–42.
- Shadab, Houman B. 2012. The Good, the Bad, and the Savvy: Credit Risk Transfer Governance. *Seton Hall Law Review*, **42**, 1337–1369.
- Silva, Alan C. R., Lemgruber, Eduardo F., Baranowski, José A. R., & Carvalho, Renato S. 2007. *Análise Da Coerência de Medidas de Risco No Mercado Brasileiro de Ações e Desenvolvimento de Uma Metodologia Híbrida Para O Expected Shortfall*. Brasília-DF: Banco Central do Brasil, Trabalhos para Discussão, 142.
- Tsai, Kao-Tai. 2004. Risk Management Via Value at Risk. *ICSA Bulletin*, 20–29.
- Tsay, Ruey S. 2005. *Analysis of Financial Time Series*. New Jersey: John Wiley & Sons.

United Nations. 2009. *Report of the Commission of Experts of the President of the United Nations General Assembly on Reforms of the International Monetary and Financial System*. United Nations, New York.

Wilmott, Paul. 1998. *Derivatives: The Theory and Practice of Financial Engineering*. Chichester: John Wiley & Sons. 739 p.

Apêndice

Tabela A.1

Estimação dos coeficientes necessários para o cálculo do risco sistêmico

	Beta (5%)	p-Valor	VaR (5%)	p-Valor	VaR (50%)	p-Valor	$\Delta CoVaR$ (5%)
PETR4	0,676	0	-3,961	0	0,098	0,012	-2,75
VALE5	0,583	0	-3,922	0	0,026	0,475	-2,29
AMBV4	0,531	0	-3,246	0	0	1	-1,72
BBAS3	0,457	0	-4,445	0	0	1	-2,03
BBDC4	0,608	0	-3,742	0	0	1	-2,27
CMIG4	0,576	0	-4,305	0	0	1	-2,48
CSNA3	0,466	0	-4,263	0	0	1	-1,99
GGBR4	0,478	0	-4,436	0	0	1	-2,12
ITSA4	0,638	0	-3,697	0	0	1	-2,36
ITUB4	0,629	0	-3,767	0	0,003	0,937	-2,37
PETR3	0,55	0	-4,139	0	0,052	0,182	-2,28
USIM5	0,464	0	-4,948	0	0	1	-2,3
PCAR4	0,443	0	-3,702	0	0	1	-1,64
GOAU4	0,466	0	-4,183	0	0	1	-1,95
LAME4	0,305	0	-4,702	0	0	1	-1,43
VALE3	0,473	0	-3,824	0	0	1	-1,81

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a Tabela A.1, os coeficientes referentes ao VaR(50%) de todas as empresas, salvo o coeficiente da PETR4, foram não significativos. Dessa forma, tais coeficientes podem ser considerados iguais à zero.

Tabela A.2Estimação dos coeficientes necessários para o cálculo do *stress test* (IBOV)

Variável Explicativa	Variável Dependente	Teta -5%	p-Valor	VaR -5%	p-Valor	VaR -50%	p-Valor	$\Delta CoVaR$ -5%
IBOV	PETR4	0,955	0	-3,392	0	0,137	0	-3,369
	VALE5	0,779	0					-2,749
	AMBV4	0,514	0					-1,814
	BBAS3	0,712	0					-2,512
	BBDC4	0,816	0					-2,880
	CMIG4	0,890	0					-3,140
	CSNA3	0,784	0					-2,767
	GGBR4	0,765	0					-2,701
	ITSA4	0,765	0					-2,698
	ITUB4	0,782	0					-2,759
	PETR3	0,939	0					-3,313
	USIM5	0,957	0					-3,378
	PCAR4	0,517	0					-1,824
	GOAU4	0,770	0					-2,717
	LAME4	0,607	0					-2,141
	VALE3	0,680	0					-2,400

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A.3Estimação dos coeficientes necessários para o cálculo do *stress test* (Dow Jones)

Variável Explicativa	Variável Dependente	Teta (5%)	p-Valor	VaR (5%)	p-Valor	VaR (50%)	p-Valor	$\Delta CoVaR$ (5%)
DJIA (Dow Jones)	PETR4	0,956	0	-1,941	0,000	0,048	0,0018	-1,91
	VALE5	0,803	0					-1,6
	AMBV4	0,623	0					-1,24
	BBAS3	0,829	0					-1,65
	BBDC4	0,928	0					-1,85
	CMIG4	0,781	0					-1,55
	CSNA3	1,014	0					-2,02
	GGBR4	1,018	0					-2,03
	ITSA4	0,927	0					-1,84
	ITUB4	0,887	0					-1,76
	PETR3	0,92	0					-1,83
	USIM5	1,145	0					-2,28
	PCAR4	0,775	0					-1,54
	GOAU4	0,653	0					-1,3
	LAME4	0,89	0					-1,77
	VALE3	0,777	0					-1,55

Fonte: Elaboração própria.