

EFEITO DA CRISE DE 2007/2008 NA TRANSMISSÃO INTERNACIONAL DE VOLATILIDADE NO MERCADO DE CAPITAIS BRASILEIRO

Marcelo Brutti Righi

marcelobrutti@hotmail.com

Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, RS / Brasil

Paulo Sérgio Ceretta

ceretta10@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria - Santa Maria, RS / Brasil

Recebido em 20/06/2011

Aprovado em 19/11/2012

Disponibilizado em 01/08/2013

Avaliado pelo sistema *double blind review*

Revista Eletrônica de Administração

Editor: Luís Felipe Nascimento

ISSN 1413-2311 (versão on-line)

Editada pela Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Periodicidade: Quadrimestral

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

RESUMO

Com a crescente globalização, os mercados financeiros do mundo todo passaram a apresentar maior integração. Tal relacionamento entre mercados possui como implicação um termo que vem atraindo a atenção de profissionais e acadêmicos, a transmissão de volatilidade. Dessa forma, o presente trabalho tem como escopo analisar a transmissão internacional de volatilidade no mercado brasileiro. Para tanto, é utilizado um modelo *Garch* multivariado com parametrização *BEKK*. Com base nesse modelo, são estimados os relacionamentos bivariados entre o mercado brasileiro, representado pelo índice Ibovespa, e os mercados americano, argentino, mexicano e chinês, utilizando-se de índices representativos de 4 de janeiro de 2000 até 31 de março de 2010, totalizando 2667 cotações. A amostra foi dividida em três partes, representando os períodos anteriores, durante e posteriores à crise do subprime de 2007/2008. Os resultados obtidos permitem concluir que, durante a crise de 2008, de forma geral, houve mudança na direção da transmissão de volatilidade entre o mercado brasileiro e os demais estudados, de forma ao Brasil passar a exercer maior influência na volatilidade condicional desses, por ter sofrido menores consequências com a crise financeira. Além disso, após o período de turbulência causado pela crise de 2008, o relacionamento da volatilidade entre o mercado brasileiro com os demais passou a ser menos assimétrico do que no período anterior a crise.

Palavras-Chave: Transmissão de volatilidade; *Garch* Multivariado; Mercado de capitais.

EFFECT OF THE 2007/2008 CRISIS ON INTERNATIONAL VOLATILITY TRANSMISSION IN BRAZILIAN CAPITAL MARKET

ABSTRACT

With the increasing globalization of world, financial markets around the world began to show further integration. This relationship between markets has implications as a term that has attracted the attention of professionals and academics, the transmission of volatility. Thus, this work has as scope to analyze the transmission of volatility in the Brazilian market. For that, we used a multivariate Garch model with BEKK parameterization. Based on this model, we estimated the bilivariate relationships between the Brazilian market, represented by the Bovespa index, and the U.S. markets, Argentine, Mexican and Chinese, also with outcome approached by representative indexes of January, 4 of 2000 to march, 30 of 2010, totaling 2667 observations. The sample was divided into three parts, representing the periods of before, during and after the sub-prime crisis of 2007/2008. The results allow concluding that during the 2008 crisis, in general, there was a change in the direction of the volatility transmission between Brazilian market and the others studied, with Brazil passing to exercise greater influence, because it suffered less consequence due to the financial crisis. Moreover, after the period of turmoil caused by the crisis of 2008, the relationship between the volatility of the Brazilian market with the rest became less asymmetric than in the period before the crisis.

Keywords: Volatility spillover; Multivariate Garch; Capital market.

INTRODUÇÃO

O estudo da volatilidade tem grande importância na área de finanças, em especial no apreçamento de derivativos e no gerenciamento de risco. Tradicionalmente, o cálculo de estimativas da volatilidade de retornos financeiros, bem como a sua aplicação na determinação do valor em risco (VaR), tomam como base as variações diárias nos preços dos ativos (GOODHART e O'HARA, 1997).

A literatura acerca dos modelos de mensuração de volatilidade inclui diversos métodos com distintos graus de dificuldade de implementação. Do ponto de vista incondicional, o estimador mais simples é o desvio padrão histórico, que atribui peso uniforme a todas as observações. A vantagem do desvio padrão é a facilidade de cálculo e interpretação, porém, possui dois grandes inconvenientes, que são sua simetria e o fato de ser constante. Em contraste, os modelos *ARCH* (*autoregressive conditional heteroscedasticity*) introduzidos por Engle (1982) e sua generalização *GARCH* (*generalized autoregressive conditional heteroscedasticity*) proposta por Bollerslev (1986), por não sofrerem destes problemas, são mais amplamente aplicados para modelar a volatilidade de séries financeiras.

O elevado nível de globalização em que os mercados financeiros encontram-se atualmente implica na criação de vínculos entre os mesmos. Tais relações podem originar

contágios financeiros em momentos de crise, acarretando na transmissão de volatilidade de um mercado para outro.

Sendo assim, a crise financeira de 2008 pode ser considerada como um exemplo, devido ao fato de ter sido disseminada por vários países. A transmissão de volatilidade é um termo muito debatido entre profissionais do mercado e estudiosos da área, pois gera ambigüidade quanto à volatilidade dos retornos devido aos choques provenientes de outros mercados (KHAN, 2010). Dessa forma, espera-se que os participantes do mercado sejam incapazes de resolver o problema da transmissão de volatilidade (SALEEM, 2008).

Com base nessa ótica, o presente artigo analisa a presença de transmissão de volatilidade no mercado brasileiro durante a crise financeira de 2008. Será utilizado o modelo *GARCH* com parametrização *BEKK* a fim de analisar as transmissões de volatilidade que permeiam mercados distintos. Estará em foco a transmissão bilateral de volatilidade entre o mercado brasileiro para com os EUA, Argentina, México e China. Visando estudar o efeito de transmissão, a amostra será dividida em pré-crise, durante a crise e pós-crise de 2008.

De forma sucinta, os resultados obtidos permitem concluir que, durante a crise de 2008, de forma geral, houve mudança na direção da transmissão de volatilidade entre o mercado brasileiro e os demais estudados, de forma ao Brasil passar a exercer maior influência na volatilidade condicional desses, por ter sofrido menores consequências com a crise financeira. Além disso, após o período de turbulência causado pela crise de 2008, o relacionamento da volatilidade entre o mercado brasileiro com os demais passou a ser menos assimétrico do que no período anterior a crise.

O restante do trabalho está estruturado da seguinte forma: A seção 2 contém um breve histórico acerca dos efeitos da transmissão de volatilidade entre diferentes mercados, bem como da modelagem utilizada. A seção 3 exhibe a natureza dos dados pesquisados e expõe a metodologia aplicada. A seção 4 apresenta e discute os resultados obtidos por meio dos aspectos metodológicos empregados. Por fim a Seção 5 expõe as conclusões do estudo e sugestões para futuras pesquisas.

1 ARCABOUÇO TEÓRICO

1.1 Transmissão de Volatilidade

O contágio financeiro é um aumento significativo das ligações entre mercados após um choque para um indivíduo ou grupo de países (FORBES e RIGOBON, 2002). Uma

distinção deve ser feita entre contágio e interdependência. É importante notar que um aumento de variância em determinado mercado, após choques em outros mercados relacionados, pode ser devido à interdependência e não a transmissão. Uma característica de integração financeira é que co-movimentos entre mercados podem acontecer mesmo durante os tempos de tranqüilidade (CARVALHO, 2007). Isso é chamado de interdependência.

Os vários possíveis mecanismos de transmissão de choques, como o comércio, e a integração dos mercados financeiros, estão ativos em todos os momentos. Conforme Carvalho (2007), contágio implica necessariamente uma mudança nas ligações entre mercados, levando a um aumento de interação dos mesmos, acompanhado de incremento em suas respectivas volatilidades. Interdependência, por outro lado, significa que aumentos da volatilidade nos mercados globais podem acontecer mesmo se os vínculos entre os mesmos não se alterarem.

Corroborando com essa ideia, Kamisky *et al.* (1998) enfatizam que a explicação de contágio, entre mercados financeiros de diversos países, ocorre por meio de canais transmissores específicos, tais como ligações comerciais ou financeiras. Especificamente, quando um país credor é altamente exposto a uma crise, é provável que reduza substancialmente a concessão de crédito, reduzindo financiamentos a outros países, a fim de restaurar a sua adequação de capital (SCHINASI e SMITH, 1999). Conforme sugerido por Sbracia e Zaghini (2000), o efeito advindo do país credor também pode afetar valores para cauções (ações ou títulos governamentais) fornecidas por mutuários.

Nesse sentido, considerável atenção tem sido focada para o fato de que notícias sobre determinado mercado afetam a volatilidade de outro mercado (KARMAKAR, 2008). A esse respeito, foram realizados diversos estudos considerando vários mercados internacionais de ações (HAMAO *et al.* (1990); LIN *et al.* (1994); KOUTMOS e BOOTH (1995); BOOTH *et al.* (1997); CHRISTOFI e PERICLI (1999). Tais pesquisas possuem como base a modelagem GARCH, seguindo o trabalho pioneiro desta abordagem realizado por Engle *et al.* (1990).

1.2 Modelagem Multivariada de Volatilidade

Conforme Tsay (2010), um modelo *GARCH* (p, q) pode ser definido conforme [1].

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2; \quad a_t = \sigma_t \epsilon_t. \quad [1]$$

Onde σ_t^2 é a variância de uma série no instante t , a_t é a inovação (choque) sobre o retorno de uma série no instante t , $\{\epsilon_t\}$ é uma seqüência de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas com média zero e variância igual à unidade, α_i e β_j são parâmetros, de tal forma que $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$, $\beta_j \geq 0$ e $\sum_{i=1}^{\max(p,q)} (\alpha_i + \beta_i) < 1$. Essa última

restrição tem como implicação que a variância incondicional de a_t é finita, isto é, sua variância condicional evolui com o tempo.

Entretanto, para examinar os padrões de fluxos de informação entre diferentes mercados de ações, é preciso que seja empregado um modelo *GARCH* multivariado. Dessa forma, Bollersleve (1986) enfatiza que, comparado a um modelo *GARCH* univariado, o modelo multivariado utiliza informações de duas séries históricas de preços distintas e analisa as repercussões da volatilidade entre elas. Com base nesta ótica Chan *et al.* (1991) fazem uma discussão detalhada a respeito da necessidade de focar para transmissões de volatilidade entre os mercados de ações *spot* (à vista) e futuro.

Entretanto, quando se trata da especificação de modelo *GARCH* multivariado, existe um dilema. Por um lado, o modelo deve ser flexível o suficiente para ser capaz de representar a dinâmica das variâncias e covariâncias condicionais. Por outro lado, como o número de parâmetros em um modelo *GARCH* multivariado freqüentemente aumenta rapidamente com a dimensão do mesmo, a especificação deve ser parcimoniosa o suficiente para permitir a estimação do modelo com relativa facilidade, assim como consentir uma simples interpretação dos seus parâmetros (SILVENNOINEN e TERÄSVISTRA, 2008). Contudo, parcimônia muitas vezes significa simplificação, e modelos com apenas alguns parâmetros podem não ser capazes de capturar a dinâmica relevante na estrutura de covariância.

Com base nessa ótica, outra característica que precisa ser levada em conta na especificação é a restrição de positividade (matrizes de covariância devem necessariamente ter seus determinantes definidos como positivos). Uma possibilidade é obter condições para que os determinantes das matrizes de covariância condicional, implícitas no modelo, sejam definidos como positivos, mas esse procedimento é muitas vezes inviável na prática. Uma alternativa é formular o modelo de uma forma em que a positividade seja decorrente da estrutura especificada (em adição a algumas restrições simples).

Tendo por fundamento essa idéia, considera-se o modelo *GARCH* multivariado com parametrização *VECH*, representado por [2].

$$vech(H_t) = A_0 + \sum_{j=1}^q \beta_j vech(H_{t-1}) + \sum_{j=1}^p A_j vech(\varepsilon_{t-j}, \varepsilon'_{t-j}). \quad [2]$$

Na formulação [2], *vech* é o operador que contém o triângulo inferior de uma matriz simétrica em um vetor, H_t descreve a variância condicional e o termo de erro é $\varepsilon_t = H_t^{1/2} \eta_t, \eta_t \sim iidN(0,1)$. A desvantagem deste modelo é que ele possui um grande número de parâmetros e, visando garantir a positividade de H_t , restrições precisam ser impostas.

Dessa forma, emerge como alternativa a parametrização *BEKK*, sugerida por Engle e Kroner (1995). A parametrização *BEKK*, que cuida essencialmente dos problemas acima mencionados acerca do modelo *VECH*, é definida como exibido em [3].

$$H_{t+1} = C'C + B'H_tB + A'\epsilon_t\epsilon_t'. \quad [3]$$

As matrizes *A*, *B* e *C*, que contém os coeficientes para o caso com dois ativos, são definidas como especificado em [4].

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} e C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ 0 & c_{22} \end{bmatrix}. \quad [4]$$

Em [3], H_{t+1} é uma matriz de covariância condicional. No caso bivariado, o parâmetro *B* explica a relação entre as variâncias condicionais passadas com a atual (*GARCH*). O parâmetro *A* mede a extensão em que as variâncias condicionais estão correlacionadas com os erros ao quadrado passados, ou seja, ele capta os efeitos de choques ou volatilidade (*ARCH*).

Assumindo a relação entre a volatilidade de dois ativos, o número total de parâmetros estimados é onze. Neste caso, da parametrização *BEKK*, as volatilidades da equação [3] possuem as formas [5] e [6].

$$h_{11,t+1} = c_{11}^2 + b_{11}^2 h_{11,t} + 2b_{11}b_{12}h_{12,t} + b_{21}^2 h_{22,t} + a_{11}^2 \epsilon_{1,t}^2 + 2a_{11}a_{12}\epsilon_{1,t}\epsilon_{2,t} + a_{21}^2 \epsilon_{2,t}^2. \quad [5]$$

$$h_{22,t+1} = c_{12}^2 + c_{22}^2 + b_{12}^2 h_{11,t} + 2b_{12}b_{22}h_{12,t} + b_{22}^2 h_{22,t} + a_{12}^2 \epsilon_{1,t}^2 + 2a_{12}a_{22}\epsilon_{1,t}\epsilon_{2,t} + a_{22}^2 \epsilon_{2,t}^2. \quad [6]$$

As equações [5] e [6] evidenciam como os choques de volatilidade são transmitidos ao longo do tempo através dos índices. Tais equações são estimadas para um par de séries de cada vez. Assumindo que os erros são normalmente distribuídos, buscando estimar os parâmetros do modelo proposto, maximiza-se, através do algoritmo *BHHH* (Berndt, Hall, Hall e Hausman), a função de verossimilhança, representada por [7].

$$L(\theta) = -T \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \ln(|H_t| + \epsilon_t' H_t^{-1} \epsilon_t). \quad [7]$$

Onde θ é o vetor de parâmetros estimados e *T* é o número de observações. Engle e Kroner (1995) sugeriram que esse algoritmo deve ser empregado para obter as condições iniciais desejadas.

2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Os dados primários do presente estudo correspondem ao número de pontos dos índices da bolsa de valores de São Paulo (Ibovespa), do mercado de valores de Buenos Aires (Merval), do *índice de priesos y cotizaciones* da bolsa de valores do México (IPC), da

Efeito da crise de 2007/2008 na transmissão internacional de volatilidade no mercado de capitais brasileiro

Shanghai stock exchange composite (SSEC) e *Standard & Poor's 500* (S&P500). Esses dados foram obtidos através das cotações disponíveis na página de internet *Yahoo finance*, compreendendo o período de 4 de janeiro de 2000 até 31 de março de 2010. A amostra totaliza 2667 cotações diárias para todos os índices escolhidos. Todos os valores considerados na amostra correspondem às cotações diárias de fechamento. No caso de não ter ocorrido negociação em determinado dia, adotou-se a última cotação. Visando identificar o efeito da transmissão financeira, a amostra foi dividida em três categorias: i) pré-crise (04/01/2000 a 15/04/08); ii) durante a crise (16/04/08 a 15/04/2009); iii) pós-crise (16/04/2009 a 31/03/2010). Tais datas foram selecionadas com base no trabalho efetuado por Khan (2010), que identifica estes períodos com base na observação de picos de volatilidade e quedas nos principais índices de mercado.

A escolha do Ibovespa se dá pelo fato de esse ser o principal e mais respeitado índice de mercado brasileiro, além de sua forte ligação com mercados internacionais. Merval e IPC serão inseridos no estudo porque são índices de mercado de duas das maiores bolsas da América Latina, pertencendo, respectivamente, à Argentina e México, representando assim forte relação com a economia brasileira. O índice da SSEC está na pesquisa devido à situação de emergência econômica que seu país, a China, vive atualmente, que se assemelha com a brasileira. O índice S&P500 dos Estados Unidos da América, além de representar uma economia que possui grande impacto na economia mundial, servirá como referência no presente artigo. Dessa forma, as ligações inerentes a cada um dos mercados escolhidos para com o brasileiro deverão contribuir para a identificação das transmissões de volatilidade entre os mesmos.

Dessa forma, conforme exposto por Karmakar (2008), para possibilitar a filtragem da dependência serial dos resíduos estimados, será utilizado um vetor auto-regressivo (VAR) visando obter a estimativa média da série de retorno de cada índice. A forma matemática da modelagem VAR utilizada é representada por [8].

$$VAR(x, y) = \begin{cases} \Delta x_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta x_{t-i} + \sum_{j=1}^m \beta_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_{1,t} \\ \Delta y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \Delta x_{t-i} + \sum_{j=1}^m \alpha_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_{2,t} \end{cases} \quad [8]$$

Na formulação [8], Δx_t e Δy_t são os retornos sobre os índices dos países 1 e 2, respectivamente; α_q e β_q são parâmetros de regressão, $q=1, \dots, m, \dots, n$; $\varepsilon_{1,t}$ e $\varepsilon_{2,t}$ são os resíduos da série de retornos estimados, dos países 1 e 2, respectivamente.

Posteriormente a essa análise empírica inicial, utilizando os resíduos que serão obtidos por meio de [8], empregará-se o modelo *GARCH* multivariado com parametrização *BEKK*,

exposto anteriormente no presente artigo. Tal aplicação visará identificar a magnitude da transmissão de volatilidade entre o Ibovespa e os demais índices já citados

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente são apresentadas na Tabela 1 as estatísticas descritivas dos retornos dos mercados analisados. Percebe-se que o valor da tendência central dos índices é muito próximo de zero, conforme indicado pelas médias. Os valores máximos e mínimos, em conjunto com os desvios indicam que os mercados emergentes tiveram uma oscilação diária média um pouco superior àquela do mercado norte Americano. Os valores calculados para a curtose indicam a presença de caudas pesadas, devido a leptocurtose das séries. Com exceção do mercado mexicano, todos os índices apresentaram assimetria negativa.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos Índices

Estatística	Ibovespa	S&P500	Merval	IPC	SSEC
Mínimo	-0.1210	-0.0947	-0.1295	-0.0827	-0.0926
Máximo	0.1368	0.1096	0.1612	0.1044	0.0940
Média	0.0000	0.0006	0.0006	0.0006	0.0003
Desvio-Padrão	0.0201	0.0139	0.0223	0.0153	0.0167
Assimetria	-0.0811	-0.1074	-0.0652	0.0756	-0.0860
Curtose	3.4531	7.7578	4.8288	3.9520	4.3965

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na estimação dos modelos *GARCH* multivariados foram utilizados os resíduos de um vetor auto-regressivo (VAR), conforme evidenciado anteriormente, visando filtrar a dependência serial dos resíduos de cada relacionamento entre índices estudados no presente trabalho. A Tabela 2 apresenta a ordem da defasagem do VAR estimado para cada relação entre Bovespa e demais bolsas.

Efeito da crise de 2007/2008 na transmissão internacional de volatilidade no mercado de capitais brasileiro

Tabela 2 - Ordem da defasagem do VAR para filtragem da dependência serial

Bolsas	Pré_crise	Durante_crise	Pós_crise
Bovespa/S&P500	VAR(6)	VAR(2)	VAR(2)
Bovespa/Merval	VAR(1)	VAR(6)	VAR(1)
Bovespa/IPC	VAR(1)	VAR(1)	VAR(1)
Bovespa/Shangai	VAR(1)	VAR(1)	VAR(1)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por meio da Tabela 2 é possível identificar que a maior parte dos modelos VAR estimados obtiveram defasagem de 1 (um) dia de negociação. O número de defasagens utilizados em cada modelo variou, no caso das relações entre Bovespa e S&P500 e, Bovespa e Merval, quanto ao período temporal. Nos relacionamentos entre Bovespa e IPC e, Bovespa e Shangai não houve alteração no que tange o número de defasagens utilizadas na estimação do modelo VAR.

Após a filtragem da dependência serial dos resíduos, através dos modelos VAR exibidos na Tabela 1, foram estimados os modelos *GARCH* multivariados com parametrização *BEKK*. Os coeficientes do modelo para o relacionamento entre Bovespa e S&P500 estão contidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficientes com erros padrão ajustados a heterocedasticidade para o modelo *GARCH* Multivariado *BEKK* (Bovespa/S&P500)

Variável	Pré-crise de 2008		Durante a crise de 2008		Pós-crise de 2008	
	Coeficiente	Significância	Coeficiente	Significância	Coeficiente	Significância
C(1,1)	0,410	0,000	0,431	0,065	0,582	0,454
C(1,2)	0,073	0,015	-0,260	0,015	0,223	0,766
C(2,2)	0,069	0,005	0,000	1,000	0,606	0,000
A(1,1)	0,265	0,000	0,208	0,016	0,590	0,001
A(1,2)	-0,014	0,544	0,023	0,729	0,100	0,595
A(2,1)	-0,221	0,025	0,263	0,024	-0,659	0,001
A(2,2)	0,227	0,000	0,270	0,000	-0,022	0,905
B(1,1)	0,921	0,000	0,981	0,000	1,160	0,007
B(1,2)	-0,003	0,769	0,107	0,030	0,829	0,002
B(2,1)	0,075	0,046	-0,111	0,083	-1,840	0,000
B(2,2)	0,975	0,000	0,842	0,000	-1,251	0,003
Observações		2160		260		247
Log Likelihood		-6795,51		-1096,51		-695,08

Fonte: Elaborado pelos autores.

É possível, com base na Tabela 3, perceber que a significância estatística dos coeficientes A(1,1), A(2,1) e A(2,2) evidencia o fato de a volatilidade dos dois mercados ser afetada por seus respectivos erros ao quadrado defasados, exceto o indicador americano no período pós-crise. A variância condicional do mercado brasileiro foi afetada pelos erros ao quadrado do mercado americano durante o período analisado. Entretanto, essa relação no sentido contrário não apresentou significância. Isso não chega a surpreender, pois a solidez e a influência do mercado americano são maiores do que o nacional.

Os coeficientes da diagonal principal da matriz *B* foram significativos em todo o período analisado, indicando que a volatilidade dos dois índices é impactada pela mesma existente nos dias de negociação anteriores. Foi ainda verificado, por meio dos coeficientes fora da diagonal principal da matriz *B*, que antes da crise havia transmissão de volatilidade do S&P500 para a Bovespa. Essa transmissão cessou durante a crise e mudou de sentido, e tornou-se bilateral após a mesma.

Na Tabela 4 estão expostos os coeficientes obtidos para a relação entre Bovespa e Merval. Efetuando-se a análise da transmissão de volatilidade do relacionamento entre

Efeito da crise de 2007/2008 na transmissão internacional de volatilidade no mercado de capitais brasileiro

Bovespa e Merval, por meio dos resultados contidos na Tabela 4, verificou-se que dentre os coeficientes da matriz A , que representam o efeito $ARCH$, apenas $A(1,1)$ antes da crise, $A(1,2)$ depois da crise e $A(1,2)$ em todo período estudado, apresentaram significância estatística. Tais resultados evidenciam que para o mercado brasileiro, o erro ao quadrado defasado perdeu sua influência na volatilidade, fato que não ocorreu no mercado argentino. A variância condicional do mercado argentino passou a ser impactada, após a crise, pelos erros ao quadrado do mercado brasileiro. Novamente, tal resultado não surpreende, pois a economia brasileira sofreu menor desgaste com o advento da crise do que a Argentina, consolidando-se como uma das mais fortes e representativas da América Latina.

Tabela 4 - Coeficientes com erros padrão ajustados a heterocedasticidade para o modelo $GARCH$ Multivariado $BEKK$ (Bovespa/Merval) com *Heteroscedasticity Adjusted Standard Errors*

Variável	Pré-crise de 2008		Durante a crise de 2008		Pós-crise de 2008	
	Coeficiente	Significância	Coeficiente	Significância	Coeficiente	Significância
C(1,1)	0,370	0,000	0,811	0,224	-0,278	0,082
C(1,2)	0,359	0,000	0,827	0,001	0,007	0,982
C(2,2)	0,024	0,936	0,288	0,198	0,000	0,999
A(1,1)	0,191	0,000	0,255	0,195	0,206	0,173
A(1,2)	0,015	0,792	-0,195	0,141	0,558	0,000
A(2,1)	0,018	0,540	0,061	0,539	-0,055	0,780
A(2,2)	0,257	0,000	0,213	0,043	-0,358	0,000
B(1,1)	0,962	0,000	1,183	0,000	0,434	0,000
B(1,2)	-0,026	0,245	1,196	0,000	-0,670	0,000
B(2,1)	-0,011	0,182	-0,489	0,147	0,535	0,000
B(2,2)	0,957	0,000	-1,164	0,000	1,214	0,000
Observações	2160		260		247	
Log Likelihood	-8319,60		-1135,10		-840,24	

*Valores em negrito são significativos ao nível de 5%.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 4 expõe, ainda, os coeficientes da matriz B , que representam o efeito $GARCH$. Os elementos da diagonal principal $B(1,1)$ e $B(2,2)$ obtiveram significância em todo o período avaliado, enfatizando que a volatilidade de ambos os índices é impactada pela mesma em períodos de tempo defasados. Por outro lado, dentre os demais coeficientes da

matriz B , apenas $B(1,2)$ apresentou significância, durante e após a crise. Tal direção da transmissão de volatilidade pode ser explicada pelos diferentes impactos sofridos pelos dois países durante a crise (Brasil esteve sujeito a menor instabilidade, devido à maior solidez econômica) juntamente ao fato da proximidade geográfica entre os mesmos.

Corroborando com a análise do modelo $GARCH$ multivariado estimado, é exposta a Tabela 5, contendo os resultados computados para o relacionamento entre Bovespa e IPC.

Aufere-se, através da Tabela 5, que os elementos da diagonal principal da matriz A apresentaram significância estatística, exceto $A(1,1)$ no período pós-crise. Também foi constatado que, devido a $A(1,2)$ e $A(2,1)$ apresentarem significância no período pós-crise, os mercados brasileiro e mexicano passaram a ter suas variâncias condicionais se relacionando de forma bilateral quanto ao erro ao quadrado, o que não acontecia antes e durante a crise.

Tabela 5 - Coeficientes com erros padrão ajustados a heterocedasticidade para o modelo $GARCH$ Multivariado $BEKK$ (Bovespa/IPC)

Variável	Pré-crise de 2008		Durante a crise de 2008		Pós-crise de 2008	
	Coeficiente	Significância	Coeficiente	Significância	Coeficiente	Significância
C(1,1)	0,239	0,000	0,838	0,000	0,090	0,562
C(1,2)	0,175	0,013	-0,336	0,128	-0,191	0,078
C(2,2)	0,069	0,055	0,000	1,000	0,000	1,000
A(1,1)	0,145	0,000	0,428	0,000	-0,176	0,062
A(1,2)	0,010	0,674	0,038	0,742	-0,344	0,000
A(2,1)	0,066	0,177	0,016	0,909	0,647	0,000
A(2,2)	0,239	0,000	0,204	0,022	0,586	0,000
B(1,1)	0,983	0,000	0,779	0,000	1,173	0,000
B(1,2)	-0,006	0,438	0,114	0,340	0,338	0,000
B(2,1)	-0,020	0,114	0,170	0,169	-0,558	0,000
B(2,2)	0,963	0,000	0,822	0,000	0,542	0,000
Observações	2160		260		247	
Log Likelihood	-7430,65		-1074,03		-741,94	

*Valores em negrito são significativos ao nível de 5%.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A transmissão de volatilidade bilateral entre os dois índices ter obtido significância após a crise, como evidenciam os valores calculados de $B(1,2)$ e $B(2,1)$ nesse período. A

Efeito da crise de 2007/2008 na transmissão internacional de volatilidade no mercado de capitais brasileiro

influência da volatilidade em dias de negociação anteriores apresentou significância em ambos os índices durante todo o período estudado, como expuseram os coeficientes B(1,1) e B(2,2). Essa relação estabelecida entre os dois mercados, após a turbulência da crise, pode ser explicada, em parte, pela semelhança na situação econômica dos países (ambos são emergentes), além do fato de que os mesmos pertencem a América Latina.

Por fim, a Tabela 6 contém os resultados dos coeficientes estimados do modelo de parametrização *BEKK* para a relação entre Bovespa e Shanghai.

Tabela 6 - Coeficientes com erros padrão ajustados a heterocedasticidade para o modelo *GARCH* Multivariado *BEKK* (Bovespa/Shanghai)

Variável	Pré-crise de 2008		Durante a crise de 2008		Pós-crise de 2008	
	Coeficiente	Significância	Coeficiente	Significância	Coeficiente	Significância
C(1,1)	0,325	0,078	0,157	0,630	0,390	0,001
C(1,2)	-0,058	0,293	-2,101	0,158	0,220	0,164
C(2,2)	-0,175	0,107	0,602	0,889	-0,191	0,428
A(1,1)	0,187	0,003	0,307	0,000	0,288	0,000
A(1,2)	-0,022	0,459	-0,054	0,667	0,002	0,966
A(2,1)	-0,033	0,438	-0,063	0,330	-0,008	0,877
A(2,2)	0,257	0,001	-0,244	0,192	0,246	0,000
B(1,1)	0,964	0,000	0,973	0,000	-0,916	0,000
B(1,2)	0,008	0,550	0,300	0,008	0,068	0,667
B(2,1)	0,014	0,521	-0,130	0,475	0,295	0,000
B(2,2)	0,960	0,000	-0,325	0,301	0,939	0,000
Observações	2160		260		247	
Log Likelihood	-8009,36		-1238,39		-901,13	

*Valores em negrito são significativos ao nível de 5%.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 6 evidencia que, no que tange a relação entre choques do erro ao quadrado e variância condicional (efeito *ARCH*), apenas os coeficientes da diagonal principal da matriz A, A(1,1) e A(2,2), apresentaram significância ao nível de 5%, em todo o período estudado e, antes e depois da crise, respectivamente. Esse resultado quantitativo evidencia que, nos mesmos períodos, ambos os mercados obtiveram impactos de seus erros ao quadrado na

variância condicional. Entretanto, não ocorreu relação entre os dois índices nesse aspecto, como fica claro pela não significância dos coeficientes $A(1,2)$ e $A(2,1)$.

Relativo ao efeito *GARCH*, calculados para o relacionamento entre Bovespa e Shanghai. Os coeficientes $B(1,1)$ e $B(2,2)$ obtiveram significância em todo o período estimado e, antes e depois da crise, respectivamente. Tal significância indica que a volatilidade de ambos os índices é afetada pela mesma em períodos anteriores. O coeficiente $B(1,2)$ apresentou significância apenas durante a crise, ao passo que $B(2,1)$ foi estatisticamente diferente de zero somente no período pós-crise. Esses resultados evidenciam que não ocorreu transmissão de volatilidade no período anterior a crise. Já durante a crise, o mercado brasileiro impactou a volatilidade do mercado chinês. A direção desse impacto inverteu-se após a crise. Tal relacionamento pode ser explicado, em parte, pelo consistente relacionamento de importações/exportações entre os dois países. A direção do impacto não surpreende, pois como a economia brasileira sofreu menor impacto com a crise, se manteve mais estável, o país tornou-se atraente para um grande número de investidores internacionais. Com o final da crise, e redução da turbulência e conseqüente tendência de estabilidade, a economia chinesa, mais robusta do que a brasileira, passou a exercer influência no mercado representado pela Bovespa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho possuiu como escopo verificar a ocorrência de transmissão de volatilidade no mercado brasileiro associado ao período da crise financeira de 2008. Dessa forma, foi utilizada a modelagem *GARCH* multivariada com parametrização *BEKK* a fim de analisar as transmissões de volatilidade que permearam os distintos mercados estudados. Esteve em pauta a transmissão bilateral de volatilidade do mercado brasileiro para com os EUA, Argentina, México e China.

Visando estudar o efeito da transmissão de volatilidade, a amostra foi dividida em pré-crise, durante a crise e pós-crise. Para representar cada um dos mercados escolhidos e verificar a existência de transmissão de volatilidade, foram utilizados os índices mais representativos e consolidados de cada país presente no trabalho.

Os resultados obtidos com a estimação dos coeficientes do modelo evidenciaram que, para todos os quatro pares de conjunto de parâmetros, houve alterações nas relações de

impacto de volatilidade, seja no que tange a significância dos coeficientes, ou na direção da influência entre os mercados.

Corroborando com essa análise, observou-se também que, além das alterações nas relações ocasionadas durante o período de turbulência, após a crise, com o início do processo de estabilização dos mercados, os relacionamentos entre Bovespa e os demais índices apresentaram, no geral, significativa transmissão de volatilidade. Esse resultado evidencia que o mercado brasileiro passou a estar mais integrado com os demais mercados contidos na presente pesquisa após a crise financeira mundial. Essa integração após a crise pode ser explicada, em parte, pelo fato de o Brasil, como não sofreu grande desgaste com a crise, ter recebido amplo montante de investimentos advindos dos países integrantes deste estudo.

Não obstante, com exceção ao relacionamento entre Bovespa e IPC, a variância condicional do mercado brasileiro impactou a volatilidade dos demais mercados, sendo que, após a crise, a direção da transmissão ou se inverteu (relação entre Bovespa e Shanghai) ou tornou-se bilateral (demais relacionamentos estudados nesta pesquisa). Como foi destacado anteriormente, tal acontecimento se deve, em parte, ao fato de a economia brasileira ter sofrido menos com a crise, se comparada aos demais países presentes nesta análise. Com o aparente final da crise e, restabelecimento dos mercados, índices pertencentes a economias mais fortes passaram a exercer influência na volatilidade do mercado brasileiro.

Como limitações deste estudo, destacam-se: i) O período temporal analisado, pois o número de observações de cotações dos índices obtidas antes da crise foi bastante superior a amostra coletada para os dias de negociações posteriores à mesma; ii) A utilização de índices para aproximar o desempenho dos mercados dos países escolhidos para pertencer ao estudo, uma vez que, mesmo sendo aqueles os indicadores mais relevantes das bolsas de valores de cada país, existe a possibilidade de tal representação não se configurar precisa.

Por fim, sugere-se a aplicação do modelo *Garch* Multivariado com parametrização *BEKK* em outras aplicações, como: i) transmissão de volatilidade entre setores da economia que possuam consistente relação teórico-empírico; ii) verificação da ocorrência de transmissão de volatilidade no mercado brasileiro através de relacionamento com países distintos daqueles que integraram o presente estudo, como Alemanha, Inglaterra e Japão.

REFERÊNCIAS

BOLLERSLEV, T. Generalized autoregressive conditional heterosdasticity. **Journal of Econometrics** 31, 307–327, 1986.

BOOTH, G. G.; MARTIKAINEN, T.; TSE, Y. Price and volatility spillovers in Scandinavian stock markets. **Journal of Banking and Finance**, 21, 811-823, 1997.

CARVALHO, M. A Smooth Transition Multivariate GARCH Approach to Contagion. **Working Paper**. Dept. of Finance Stockholm School of Economics, 2007.

CHAN, K.; CHAN, K. C.; KAROLYI, G. A. Intraday volatility in the stock index and stock index futures markets. **Review of Financial Studies**, 4, 657-684, 1991.

CHRISTOFI, A; PERICLI, A. Correlation in price changes and volatility of major Latin American stock markets. **Journal of Multinational Financial Management**, 9, 79- 93, 1999.

ENGLE, R. Autoregressive conditional heterosdasticity with estimates of the variance of uk inflation. **Econometrica** 50, 987–1007, 1982.

ENGLE, R. F.; ITO, T.; LIN, W. L. Meteor showers or heat waves? Heteroskedastic intradaily volatility in the foreign exchange market. **Econometrica**, 58, pg. 525-542, 1990,

ENGLE, R.; KRONER, K. Multivariate simultaneous generalised ARCH. **Econometric Theory** 11, 122–150, 1995.

FORBES, K.; RIGOBON, R. No Contagion, Only Inter- dependence: Measuring Stock Market Co-movements. **Journal of Finance**, 57, 2002.

GOODHART, C. A. E.; O'HARA, M. High frequency data in financial markets: Issues and applications. **Journal of Empirical Finance**, 4:73-114, 1997.

HAMAQ, Y. R.; MASULIS, R. W.; NG, V. K. Correlation in price changes and volatility across international stock markets. **Review of Financial Studies**, 3, 281-307, 1990,

KAMISKY, G. L.; LIZONDO, S.; REINHART, C. M. Leading indicators of currency crises. **IMF Staff papers**, 1998.

KARMAKAR, M. Information transmission between small and large stocks in the National Stock Exchange in India: An Empirical Study, **Quarterly Review of Economics and Finance**, 2008.

KHAN, S. Measuring Volatility Spillover in Russian Equity Market: A Multivariate GARCH Approach. **Working Paper**, 2010. Disponível em

Efeito da crise de 2007/2008 na transmissão internacional de volatilidade no mercado de capitais brasileiro

http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1617714. Acesso em 30 de novembro de 2010.

KOUTMOS, G.; BOOTH, G. G. Asymmetric volatility transmission in international stock markets. **Journal of International Money and Finance**, 14, 747-762, 1995.

LIN, W. L.; ENGLE, R. F.; ITO, T. Do bulls and bears move across borders? International transmission of stock returns and volatility. **Review of Financial Studies**, 7, 507-538, 1994.

SALEEM, K. International linkage of the Russian market and the Russian financial crisis: A multivariate GARCH analysis. **Business and Finance**. 243–256, 2008.

SBRACIA, M.; ZAGHINI, A. The role of the banking system in the international transmission of shocks. **Banca d'Italia Discussion paper**, 409, 2001.

SCHINASI, G. J.; SMITH, R. T. Portfolio diversification, leverage, and financial contagion. **IMF working paper** 99/136, 2001.

SILVENNOINEN, A.; TERÄSVIRTA, T. Multivariate GARCH models. **Handbook of Financial Time Series**. Nova Iorque: Springer, 2008.

TSAY, R.S. *Analysis of financial time series*. 3 ed. John Wiley & Sons, 2010.