

ESTUDO DO CO-MOVIMENTO DOS MERCADOS LATINOS: UMA ANÁLISE DE *WAVELETS*

Fernanda Maria Müller¹

Paulo Sergio Ceretta²

RESUMO

O estudo do co-movimento das séries financeiras é uma importante fonte de informação para a análise dos benefícios da diversificação das carteiras e para o gerenciamento do risco de portfólios internacionais. Tendo por base essa ideia, o presente trabalho procurou analisar o co-movimento de seis mercados latino-americanos e do mercado mundial, fazendo uso da abordagem de *wavelets*. Essa técnica decompõe a série em diferentes frequências ao longo do tempo, permitindo resultados mais consistentes que a tradicional análise do coeficiente de correlação. Foi possível concluir, por meio deste trabalho, que a associação entre os mercados latinos e o mercado mundial aumenta em frequências mais baixas, demonstrando que o comportamento da volatilidade e dos retornos é muito semelhante dentre os mercados latinos em investimentos de longo prazo.

Palavras Chave: *Wavelets*; Mercados Latinos; Correlação; Volatilidade.

1 INTRODUÇÃO

A análise do co-movimento entre séries financeiras é uma relevante fonte de informação para o gerenciamento de riscos e formação de portfólios internacionais. Do ponto de vista prático, em muitos trabalhos, o co-movimento do mercado acionário é analisado por meio do comportamento do coeficiente de correlação dos retornos ao longo de um período pré-estabelecido. Para Barberis, Shleifer e Wurgler (2002) o co-movimento é explicado por um coeficiente de correlação positivo. Já Baur (2003) associa o termo a mercados que se movem para a mesma direção.

Conforme exposto por Mendes e Moretti (2005), o co-movimento analisa as intercorrelações entre os retornos dos ativos ou retornos de diferentes mercados.

Para melhor compreender como diferentes economias se relacionam, muitos estudos se dedicam a analisar a correlação dos retornos e da volatilidade entre distintos mercados financeiros internacionais (ver Jang, Sul (2002); Baur (2003); Sharkasi, *et al.* (2005); Berben, Jansen (2005); Rua, Nunes (2009); Bergmann, *et al.* (2011); Pimentel, Silva (2011)).

Em contrapartida, Rua (2010) ressalta que apesar da grande aplicabilidade do coeficiente de correlação para a análise do co-movimento entre os mercados, o coeficiente fornece uma medida estática da variabilidade do mercado financeiro, uma vez que não é possível avaliar seu desdobramento ao longo de um período. Candelon, Piplack e Straetmans (2008) e Rua e Nunes (2009) sugerem que em uma análise de co-movimento deve-se ter o cuidado de considerar a distinção entre investimentos de curto e de longo prazo, com a finalidade de identificar quais desses investimentos serão mais afetados em crises financeiras ou econômicas.

Uma importante técnica para se estabelecer essa distinção é a análise do domínio da frequência. A frequência indica o número de oscilações de um evento por unidade de tempo. Em termos de frequências, as escalas baixas, isto é, altas frequências, permitem aferir flutuações de curta duração, enquanto escalas altas, ou baixas frequências, captam movimentos mais lentos. Remetendo a análise de frequência a séries financeiras, as frequências altas permitem ponderar investimentos de curto prazo e as baixas frequências permitem analisar os investimentos de longo prazo. Deste modo, a análise do co-movimento do retorno das ações por meio de frequências fornece uma valiosa fonte de informação aos investidores.

Uma técnica que permite decompor uma variável em frequências é a análise de *wavelets*. Essa técnica possibilita ao pesquisador a identificação de áreas (escalas de tempo) onde dois mercados de ações co-variam (RAMSEY, 2002). Desse modo, a técnica de *wavelets* decompõe os dados em diversas escalas de frequência, o que viabiliza diferenciar a análise em investimentos de curto e longo prazo.

Diante disso, o presente trabalho buscará analisar o co-movimento entre os seis principais mercados latino-americanos - Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México e Peru – e uma *proxy* que representa o mercado mundial. Para isso, será

estimada uma estrutura de correlação entre os retornos e entre a volatilidade desses mercados, que serão decompostas em *wavelets*. O período selecionado compreende 11 de julho de 2002 a 13 de julho de 2011, perfazendo um total de 2612 observações diárias. Este período foi escolhido por conter distintos momentos econômicos, envolvendo crises e períodos estáveis, de forma que é preciso analisá-lo por meio de métodos condicionais. Os países foram escolhidos por serem os mais representativos mercados latinos.

Uma vez que é provável que haja diferente co-movimento entre os mercados analisados, nas diferentes frequências consideradas no estudo, esse trabalho possibilitará identificar se os investimentos de curto ou de longo prazo são mais afetados em períodos de turbulência, além de fornecer informações que auxiliarão na diversificação de carteiras nos mercados latino-americanos. Ainda, se acredita que o trabalho irá contribuir com novas investigações que vem sendo realizadas em relação à temática em mercados emergentes.

O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção subsequente apresenta o embasamento teórico, que está dividido em dois itens. O primeiro apresentará a análise de *wavelets*, e a segundo aplicações da técnica de *wavelets* em finanças. Na Seção 3, apresentar-se-ão os procedimentos metodológicos do estudo; na Seção 4 os resultados obtidos e por fim as considerações finais do trabalho.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Nessa seção será elucidado a análise de *wavelets* que dará suporte para a análise do co-movimento dos mercados latinos e da *proxy* do mercado mundial, e apresentará alguns estudos empíricos realizados com essa técnica na área financeira.

2.1 Análise de *Wavelets*

A análise de *wavelets* vem expandindo sua aplicação nas diversas áreas de pesquisa. Comumente utilizada na matemática, física, geofísica, mecânica quântica, análise de imagens, ganhou espaço em áreas como finanças e economia, na

medida em que a teoria foi difundida (ARNÉODO; MUZY; SORNETTE, 1998; PERCIVAL, 1995; GENÇAY; SELÇUK; WHITCHER, 2002; RIGHI; VIEIRA, 2012).

Essa ferramenta matemática decompõe os dados em diferentes escalas de tempo associadas com diferentes horizontes de investimento. Dessa forma, essa técnica permite uma análise condicional da série temporal ao invés de uma medida estática. O primeiro pesquisador a propor os fundamentos matemáticos da análise, foi Fourier em 1808, com suas teorias a respeito da análise de frequências. Um século mais tarde, em 1909, Alfred Haar em sua tese fez algumas contribuições à abordagem. Todavia, somente em 1982 o termo *wavelet* foi utilizado pela primeira vez, por Morlet, *et al.* (1982) na literatura de geofísica.

A análise de Fourier, que motivou alguns pesquisadores na investigação a respeito da análise de *wavelets*, decompõe a série analisada em senoidais, cada um em uma diferente frequência. Depois de o sinal ser transformado em frequência, as propriedades inviabilizam a análise temporal do sinal, já que não é possível determinar o momento em que o evento ocorreu. Sua aplicação torna-se somente relevante para a análise da periodicidade dos dados, sendo inapropriada para séries não estacionárias ou problemas não lineares.

Em 1946, Gabor propõe uma melhoria à análise, com a técnica denominada de *Short-Time Fourier Transform* (STFT) ou Transformada de Fourier em Intervalos Curtos. Essa proposta permite mapear o sinal em função do tempo e da frequência, o que viabilizou identificar quando e em qual frequência o sinal ocorre. Entretanto essa nova abordagem veio acompanhada com algumas incertezas sobre a validade dos resultados obtidos.

Como inovação a essas propostas iniciais, a análise de *wavelets* permitiu flexibilizar o tamanho da “janela” temporal. Esse procedimento aplica menores larguras ao conteúdo de alta frequência, associado a variações rápidas ou no caso de finanças aos investimentos de curto prazo, e maiores larguras as baixas frequências, associado às variações lentas ou a investimentos de longo prazo. Desse modo, a técnica de *wavelets* não permite uma medida estática da série como a análise de Fourier, pois analisa a frequência da série via dilatação e o do tempo via translação.

As *wavelets* podem ser descritas como ondas curtas, ou de duração limitada, concentradas em um intervalo de tempo. São obtidas por meio da dilatação das

wavelets mãe $\psi_{i,j}$, que decompõe as frequências e na translação da série que diferenciam a série no tempo. Equação 1 representa a *wavelets* mãe.

$$\psi_{i,j}(x) = 2^{1/2} \psi(2^j x - i), \quad [1]$$

onde, j e i são o índice escala e de translação, respectivamente, que ao dilatar geram a onda. A escala de índice j indica a largura e o índice i dá posição da *wavelet*.

Outra maneira de gerar as *wavelets* é em função da escala, representada pela *wavelet* pai, $\phi_{i,j}$ expressa na Equação 2.

$$\phi_{i,j}(x) = 2^{1/2} \phi(2^j x - i) \quad [2]$$

Por meio da Equação 1 e 2 a série pode ser decomposta. Assim, as *wavelets* são geradas a partir da *wavelets* pai e da mãe, mudando a escala e a translação no tempo, como representado na Equação 3.

$$f(x) = \sum_i S_{0,i} \phi_{0,i}(x) + \sum_{j \geq 0} \sum_i D_{j,i} \psi_{i,j}(x), \quad [3]$$

em que, S e D são os coeficientes de *wavelets*.

A ideia central da técnica consiste em decompor um sinal em diferentes níveis de resolução e diferentes frequências. Desse modo, o processo fornece informações de tempo e de frequência para interpretação da série temporal. Essa é a principal característica que distingue a análise de *wavelets* de metodologias como a análise de Fourier, onde a análise baseia-se somente na distinção entre frequências e não de tempo.

As *wavelets* podem ser representadas em dois tipos, as discretas e as contínuas. A primeira é utilizada para a decomposição e filtragem de uma série temporal. Já a segunda é comumente usada para analisar a relação entre componentes de diferentes frequências em função da escala temporal. Ressalta-se que existem inúmeras famílias conhecidas de *wavelets*, entretanto nesse trabalho far-se-á uso das *wavelets* de Daubechies, $D(2)$, ou *wavelets* de Haar, e $D(8)$, ou $L(8)$, todas essas *wavelets* discretas.

2.1 Estudos Empíricos

Como destacado por Raihan, Wen e Zeng (1998) a análise de *wavelets* permite compreender não só o tempo em que ocorrem os choques financeiros e econômicos, mas também em que situações a frequência ocorre. Como destaca Gallegati (2012) a técnica de *wavelets* é um método de filtragem que transforma os dados originais em diferentes componentes de frequência com uma resolução correspondente à sua escala. De acordo com Ramsey e Lampart (1998) essa análise é apropriada para séries econômicas que não apresentam o mesmo comportamento ao longo da série. Para melhor elucidar essa técnica, essa subseção será utilizada para apresentar algumas aplicações da abordagem em finanças.

Arnéodo, Muzy e Sornette (1998), por meio da análise de *wavelets* analisaram a correlação da volatilidade dos retornos *intradays* do índice S&P 500¹. Conclui-se, com a análise realizada, a existência de correlação entre a volatilidade dos retornos dos ativos que compõe o índice. Esses resultados, segundo os autores, além de serem relevantes para a compreensão dos mercados financeiros têm profundas implicações para a análise do risco dos ativos que compõe esse índice, visto que em situações de alta volatilidade (maior risco) a interdependência entre os ativos provavelmente aumentará. De maneira similar, Tang, Tang e Sheng (2009) utilizam a abordagem a fim de prever a volatilidade dos índices de mercado, DAX, FRCAC40, FTSE100, JAPDOWA e SPCOMP. Como melhorias, utilizam as *wavelets* de Kernel associado ao modelo GARCH (*General Autoregressive Conditional Heterocedasticity*) comparando-o ao tradicional modelo gaussiano de Kernel com SVM (*Support Vector Machine*). Conclui-se que a combinação da teoria de *wavelet* com SMV é significativa para a previsão da volatilidade, no entanto, identificou-se desempenho superior de previsão da *wavelet* kernel associado ao modelo GARCH.

Outro linha de pesquisadores, utiliza a análise de *wavelets* para avaliar o co-movimento dos retornos de ações em diferentes países. Rua e Nunes (2009), por exemplo, avaliam o co-movimento dos retornos dos principais países desenvolvidos: Alemanha, Japão, Reino Unido e Estados Unidos, para o período de janeiro 1973 a dezembro de 2007. Além do índice agregado principal, os autores decompuseram o índice em 10 setores econômicos: petróleo e gás, materiais básicos; industriais;

¹ Índice composto por quinhentos ativos (ações) qualificados devido ao seu tamanho de mercado, sua liquidez e sua representação de grupo indústria.

bens de consumo; saúde; serviços aos consumidores; telecomunicações; utilitários; finanças e tecnologia. Com base na análise concluíram que o co-movimento entre mercados é mais intenso em baixas frequências, sugerindo que os benefícios da diversificação entre ativos desses mercados é menos apropriada no longo prazo, do que no curto prazo. Com enfoque semelhante, Graham, *et al.* (2013) analisaram o co-movimento de mercados financeiros emergentes pertencentes ao Oriente Médio e África do Norte (MENA), com o mercado de ações dos Estados Unidos. Identificou-se que as dependências com o mercado de ações dos EUA intensificam-se no final da série analisada. Além disso, identificou-se elevado co-movimento entre os mercados de ações da região MENA em frequências mais baixas em todo o período analisado. Com objetivos análogos, Jang e Sul (2002) por meio da abordagem de *wavelets* analisaram o co-movimento dos mercados de ações dos países que sofreram diretamente os impactos da crise asiática. Para capturar a tendência dos mercados, antes, durante e após a crise, utilizou-se testes de cointegração e de causalidade. Convergindo com resultados obtidos em outros trabalhos, se observa que houve um drástico aumento da co-movimento entre os países analisados durante o período de crise.

Com enfoque distinto aos demais trabalhos apresentados, Gençay, Selçuk e Whitcher (2005) utilizam a abordagem para analisar o risco sistêmico (representado pelo do modelo de precificação de ativos financeiros (CAPM)). Identificou-se no estudo, que à medida que aumenta a escala a relação entre o retorno da carteira e seu beta se torna mais forte. Outra perspectiva para avaliação do risco de mercado com base na transformação de *wavelets* contínua é proposta por Rua e Nunes (2012). Nesse modelo o risco se modifica tanto no tempo e no nível de frequência dentro de uma estrutura unificada. Para isso utilizaram índices de 23 países emergentes e 23 países desenvolvidos, para o período de janeiro de 1988 a dezembro de 2008. Como resultados, percebeu-se que em frequências baixas o beta é estável, todavia em frequências altas o beta varia consideravelmente para as séries pertencentes aos mercados emergentes. Desse modo, verifica-se que a análise *wavelet* pode ser uma valiosa ferramenta para obter dados adicionais da análise do risco, além de fornecer informações relevantes para a tomada de decisão do investidor. Corroborando, Cifter (2011) utiliza a abordagem de *wavelets* para estimar o VaR (*Value at Risk*) de dois mercados emergentes da Europa, Turquia e

Hungria, durante o período de 10 de maio de 2002 a 30 de abril de 2010, perfazendo 1.986 observações diárias. Pode-se concluir que a análise de *wavelets* aumenta o desempenho de previsão do VaR, visto que é possível capturar movimentos extremos e melhor desempenho de previsão comparado a modelos estáticos de volatilidade.

Com outra perspectiva, Gallegati (2012) analisa o contágio e a interdependência entre mercados por meio da abordagem de *wavelets*. Segundo os autores as escalas mais baixas, ou de alta frequência, estão associadas ao efeito contágio e escalas mais altas ou baixas frequências estão associados à interdependência entre os mercados. Com a análise foi possível concluir que todos os mercados de ações foram afetados pela crise Subprime dos Estados Unidos, todavia Brasil e Japão foram os únicos países em que se observou o efeito contágio em todas as escalas analisadas. Sharkasi, *et al.* (2005) compararam as matrizes de covariância de índices de 13 mercados emergentes a um conjunto de índices de 14 mercados maduros, para o período de janeiro de 1997 a março de 2004. Identificou-se que os mercados maduros se movem na mesma direção em momentos de crises, e os mercados emergentes apresentam maior variação interna e menor movimento conjunto.

Com um enfoque diferente Aguiar-Conraria e Soares (2010) empregam a análise de *wavelets* para estudar a sincronização do ciclo de negócios dos países que adotaram, poderiam, ou irão adotar o euro como moeda. Os resultados indicam que o ciclo de negócios está altamente correlacionados com proximidade física, ou seja, países vizinhos têm maior sincronismo do ciclo econômico. De forma distinta, Caetano e Yoneyama (2012) fazem uso da teoria de gráficos para analisar as mudanças bruscas ocorridas no mercado de ações, em diferentes frequências. Desse modo, enquanto a decomposição de *wavelets* é analisada em uma única série, a representação em redes permitiu analisar a interdependência de vários mercados. Para validar o modelo os autores utilizam 12 índices do mercado de ações dos seguintes países, Estados Unidos, Brasil, Hong-Kong, Reino Unido, Japão, Cingapura, Itália, Irlanda, México, Rússia e Índia, para o período de 2008 a 2009. Os resultados subjacentes a essa análise permitem identificar o movimento de compra e venda das ações em um *link* de redes interligadas, além de obterem

resultados mais consistentes para a análise de mudanças bruscas no mercado acionário.

Outra aplicação da análise foi realizada por Righi e Vieira (2012). Esses autores utilizam a técnica para analisar a relação entre liquidez e retornos das ações no mercado brasileiro. Para a análise, utilizaram 2.049 observações diárias, para o período compreendido entre janeiro de 2002 a abril de 2010. Identificaram que no mercado financeiro brasileiro se exige um prêmio pela liquidez em distintas escalas de negociação, o que indica a necessidade de pagar um retorno extra para manter as carteiras com liquidez.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo analisou o co-movimento entre os principais mercados latinos americanos - Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México e Peru - e uma *proxy* que representa o mercado mundial. Para atingir o objetivo proposto analisou-se a correlação entre os índices financeiros de cada mercado, bem como a correlação da volatilidade desses mercados por meio da análise de *wavelets*, apresentada na Subseção 2.1.

Como índice representativo de cada mercado financeiro utilizou-se o índice da *Morgan Stanley Capital International (MSCI)*, que é um valor-índice ponderado de cada mercado. Os dados analisados compreendem o período de 11 de julho de 2002 a 13 de julho de 2011, perfazendo 2612 observações diárias. Este período foi escolhido por conter distintos momentos econômicos, envolvendo períodos de crises e períodos estáveis. A escolha dos países foi realizada em virtude de serem os mais representados da América Latina.

Dada às séries temporais, primeiramente analisou-se a estacionariedade das séries estudadas. Para tanto, utilizou-se o teste KPSS. Com base no teste, identificou-se que os índices de cada mercado são não estacionários (p-valor <0,05). Dessa forma, calcularam-se os retornos para os índices financeiros dos seis mercados latino-americanos e para o mercado mundial, pela diferença logarítmica dos preços, conforme demonstrado na Equação 4.

$$r_t = \ln p_t - \ln p_{t-1}, \quad [4]$$

em que, r_t é log-retorno da série analisada no período t , $\ln p_t$ é o logaritmo natural do preço em t e $\ln p_{t-1}$ o logaritmo natural do preço no período em $t-1$. Para confirmar, que os lo-retornos são estacionários realizou-se novamente o teste KPSS.

A fim de obter uma medida da correlação em diferentes frequências usou-se a análise de *wavelets*. A vantagem dessa abordagem é a capacidade de analisar sinais com espectro variante no tempo e frequência, ao invés de uma medida estática tradicionalmente utilizada (RUA, 2010). Para decompor a correlação da volatilidade e dos retornos em *wavelets* utilizou-se a Equação 3 (com base nos coeficientes $S_{0,i}$ e $D_{j,i}$). Para estimar a correlação dos retornos e da volatilidade da *wavelet* j,i , fez-se uso da Equação 5.

$$\text{Correlação}_{j,i} = \frac{\frac{1}{M_j} \sum_{i=L_j-1}^{N-1} D_{j,i}^{f(x)} D_{j,i}^{g(x)}}{\sqrt{\left(\frac{1}{M_j} \sum_{i=L_j-1}^{N-1} D_{j,i}^{2,f(x)}\right) \left(\frac{1}{M_j} \sum_{i=L_j-1}^{N-1} D_{j,i}^{2,g(x)}\right)}} \quad [5]$$

Na Equação 5, $\frac{1}{M_j} \sum_{i=L_j-1}^{N-1} D_{j,i}^{f(x)} D_{j,i}^{g(x)}$ é a covariância da *wavelet*, $\frac{1}{M_j} \sum_{i=L_j-1}^{N-1} D_{j,i}^{2,f(x)}$ é a variância da *wavelet*, N número de observações, j indica a largura da *wavelet* e i representa a posição da *wavelet*. Como medida de volatilidade utilizou-se o retorno ao quadrado, que pode ser compreendida como uma *proxy* instantânea da volatilidade.

Para explicitar a correlação dos retornos e da volatilidade (retorno ao quadrado= r_t^2) dos seis mercados latinos e da *proxy* que representa o mercado mundial, a série foi decomposta em 7 *wavelets* ou 7 níveis (1-128 dias). Ressalta-se que na análise serão apresentados somente os valores referentes às escalas ímpares, devido o comportamento crescente de correlação manter-se ao longo das escalas observadas, conforme se verificará nos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma melhor compreensão das variáveis em estudo, a Tabela 1 apresenta algumas estatísticas descritivas para os log-retornos dos mercados

financeiros latino americanos analisados e para a *proxy* que representa o mercado mundial.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos log-retornos dos mercados financeiros da Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México, Peru e da *proxy* que representa o mercado internacional, para o período de 11 de julho de 2002 a 13 de julho de 2012 (2612 observações diárias)

Estatística	Argentina	Brasil	Chile	Colômbia	México	Peru	Mundo
Mínimo	-0,184	-0,183	-0,116	-0,130	-0,109	-0,165	-0,073
Máximo	0,130	0,166	0,164	0,165	0,152	0,130	0,091
1º Quartil	-0,010	-0,011	-0,006	-0,006	-0,007	-0,008	-0,005
3º Quartil	0,012	0,014	0,009	0,010	0,009	0,011	0,006
Média	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
Desvio Padrão	0,022	0,024	0,015	0,018	0,017	0,021	0,011
Assimetria	-0,590	-0,288	-0,333	-0,371	-0,091	-0,498	-0,367
Curtose	6,573	7,301	12,813	10,040	6,979	6,861	7,612

Nota: Na Tabela 1 são apresentados o mínimo, o máximo, o 1º quartil e 3º quartil, a média, o desvio padrão, a assimetria e a curtose, para os log-retornos dos mercados financeiros analisados e para a *proxy* que representa o mercado internacional.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, observa-se que as médias dos log-retornos diários dos mercados latinos e da *proxy* mundial são próximas à zero. O valor da curtose superior a 3 sinaliza que as distribuições das séries analisadas apresentam comportamento leptocúrtico. Sugerindo a presença de caudas mais pesadas que a distribuição normal. A assimetria negativa indica maior probabilidade de altos retornos negativos serem seguidos por retornos negativos. Os resultados de assimetria negativa e o excesso de curtose são indícios de que os mercados latinos não apresentam distribuição normal, característica comum observada em séries financeiras.

Em relação ao desvio padrão, verifica-se que os maiores valores para essa estatística são apresentados pelos mercados financeiros do Brasil, da Argentina e do Peru. O desvio padrão é um indicador estático de risco, que mensura a dispersão dos retornos em relação ao valor esperado. Um resultado interessante observado, é que os valores do desvio padrão dos mercados latinos são superiores a *proxy* que representa o mercado mundial. Possivelmente, esse resultado se deve ao fato da *proxy* ser composta por muitos mercados desenvolvidos que apresentam menor risco que os países latinos analisados. Corroborando, Bali e Cakici (2010)

identificaram que em comparação aos mercados desenvolvidos, os retornos de mercados emergentes exibem maior volatilidade (risco).

Após a análise das estatísticas descritivas procedeu-se a estimação das matrizes de correlação das séries dos retornos e da correlação das séries da volatilidade para os seis mercados latinos analisados e para o mercado mundial. Na Tabela 2 estão expostos os resultados referentes à correlação dos retornos das séries não decompostas em *wavelets*.

Tabela 2 - Correlação dos log-retornos das séries não decompostas em *wavelets* da Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México, Peru e mercado mundial, para o período de 11 de julho de 2002 a 13 de julho de 2012 (2612 observações diárias)

	Argentina	Brasil	Chile	Colômbia	México	Peru	Mundo
Argentina	1,000						
Brasil	0,591	1,000					
Chile	0,482	0,639	1,000				
Colômbia	0,379	0,458	0,439	1,000			
México	0,528	0,737	0,643	0,445	1,000		
Peru	0,507	0,598	0,494	0,389	0,573	1,000	
Mundo	0,567	0,708	0,648	0,445	0,777	0,585	1,000

Fonte: Dados da Pesquisa

Conforme os resultados expostos na Tabela 2 constata-se que os maiores coeficientes de correlação para a série não decomposta são exibidos pelos log-retornos do Brasil e México, Brasil e o mercado mundial, bem como México e a o mercado mundial. Esse resultado, possivelmente, é explicado por esses mercados possuírem características semelhantes em relação ao seu nível de maturidade econômica.

Com o intuito de investigar se esse comportamento se mantém nas séries decompostas, na Tabela 3 é apresentada à análise da correlação dos retornos decompostos em *wavelets*. Em que, w_j representa a j -ésima escala da *wavelet*, onde $w = 1, 2, \dots, 7$. Quanto menor for o w , mais alta a frequência e quanto maior for o w , mais baixa a frequência.

De acordo com os resultados apresentados, observa-se que à medida que aumenta a escala, os mercados apresentam maiores coeficientes de correlação. Assim, nota-se que em altas frequências (investimentos de curto prazo ou baixas

escalas) há baixa associação entre os mercados latino-americanos, diferentemente do que observado nas baixas frequências (investimentos de longo prazo ou altas escalas). Desse modo, pode-se concluir que em frequências mais altas (investimentos de curto prazo), ou seja, menores escalas, os mercados latinos e o mercado mundial apresentam menor deslocamento conjunto, entretanto na medida em que as escalas aumentam e a frequência diminui, esses mercados apresentam comportamentos semelhantes.

Tabela 3 - Correlação dos log-retornos da Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México, Peru e mercado mundial decompostas em *wavelets*, para o período de 11 de julho de 2002 a 13 de julho de 2012 (2612 observações diárias). As *wavelets* w_1 representam os retornos de alta frequência e w_7 os retornos de baixa frequência

		Argentina	Brasil	Chile	Colômbia	México	Peru	Mundo
w_1	Argentina	1,000						
	Brasil	0,570	1,000					
	Chile	0,442	0,606	1,000				
	Colômbia	0,350	0,397	0,397	1,000			
	México	0,479	0,716	0,611	0,358	1,000		
	Peru	0,473	0,537	0,439	0,316	0,511	1,000	
	Mundo	0,543	0,687	0,602	0,358	0,731	0,538	1,000
w_3	Argentina	1,000						
	Brasil	0,610	1,000					
	Chile	0,561	0,691	1,000				
	Colômbia	0,431	0,518	0,508	1,000			
	México	0,572	0,777	0,711	0,539	1,000		
	Peru	0,567	0,682	0,547	0,449	0,629	1,000	
	Mundo	0,606	0,705	0,714	0,534	0,814	0,640	1,000
w_5	Argentina	1,000						
	Brasil	0,603	1,000					
	Chile	0,496	0,655	1,000				
	Colômbia	0,341	0,577	0,413	1,000			
	México	0,641	0,757	0,635	0,523	1,000		
	Peru	0,512	0,703	0,627	0,487	0,684	1,000	
	Mundo	0,578	0,782	0,692	0,501	0,815	0,668	1,000
w_7	Argentina	1,000						
	Brasil	0,790	1,000					
	Chile	0,677	0,749	1,000				
	Colômbia	0,514	0,592	0,527	1,000			
	México	0,655	0,701	0,607	0,754	1,000		

Peru	0,638	0,707	0,511	0,355	0,480	1,000	
Mundo	0,693	0,797	0,635	0,712	0,859	0,495	1,000

Fonte: Dados da Pesquisa

Apesar da maior associação identificada em altas escalas (investimentos de longo prazo), ainda observam-se baixos coeficientes de correlação na w_7 , principalmente entre Peru e Colômbia, Peru e México e Peru e a *proxy* mundial, com os respectivos valores, 0,355, 0,480 e 0,495. Outro ponto que merece atenção, é que os maiores coeficientes de correlação em todas as escalas observadas e até mesmo para as séries não decompostas em *wavelets*, é observado entre o Brasil e a *proxy* mundial e México e o mercado mundial. Isso sinaliza que Brasil e México, comparado aos demais países latino-americanos analisados, possivelmente apresentam maior integração com o mercado mundial.

Harris e Küçüközmen (2001) ressaltam que o conhecimento da associação entre os retornos pode ser utilizado para prever as mudanças no valor da carteira e assim ser útil para a gestão do risco financeiro do portfólio. Os autores argumentam que as características dos mercados emergentes são muito diferentes as observados nos mercados desenvolvidos, assim, é de extrema importância o estudo da gestão de riscos financeiros nesses mercados. Ainda, como apontando por Berben e Jansen (2005), é relevante a avaliação do co-movimento entre os mercados internacionais e a compreensão da correlação dos retornos das ações, a fim de dar subsídios para a diversificação de uma carteira. Além da estabilidade do sistema financeiro global poder ser afetada, devido à propagação dos choques quando identificada alta associação entre os mercados acionários.

Após a apresentação dos resultados subjacentes a matriz de correlação dos retornos da série procedeu-se a estimação da correlação da volatilidade não decomposta em *wavelets*. Como *proxy* de volatilidade utilizou-se o retorno ao quadrado de cada série. A volatilidade é interpretada como a sensibilidade da carteira de ações ou de determinada ação às variações dos mercados financeiros. A Tabela 4 apresenta os resultados referentes a essa análise.

Tabela 4 - Correlação das volatilidades dos log-retornos da Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México, Peru e mercado mundial, para o período de 11 de julho de 2002 a 13 de julho de 2012 (2612 observações diárias), para as séries não decompostas em *wavelets*

	Argentina	Brasil	Chile	Colômbia	México	Peru	Mundo
Argentina	1,000						
Brasil	0,481	1,000					
Chile	0,374	0,536	1,000				
Colômbia	0,337	0,357	0,321	1,000			
México	0,417	0,675	0,551	0,349	1,000		
Peru	0,388	0,485	0,405	0,314	0,480	1,000	
Mundo	0,488	0,662	0,558	0,305	0,710	0,488	1,000

Fonte: Dados da Pesquisa

Como observado na Tabela 4, os maiores coeficientes de correlação da volatilidade são apresentados entre Brasil, México e a *proxy* mundial. Tais resultados indicam que a oscilação dos retornos (maior volatilidade) em um desses mercados provavelmente impelirá efeitos a esses mercados. Dessa forma, em momentos de crise os impactos que assolarão o mercado financeiro mundial provavelmente afetarão o mercado financeiro brasileiro e mexicano.

Esse resultado diminuiu consideravelmente os benefícios de redução do risco proveniente da diversificação dos portfólios entre esses mercados. Sendo mais intensificada essa redução em investimentos de longo prazo (baixas frequências ou altas escalas). Segundo Markowitz (1952), a diversificação permite a diminuição do risco associado a um mesmo nível de retorno. De tal modo, os investidores buscam a diversificação de suas carteiras a fim de estabelecer uma relação de equilíbrio entre risco e retorno.

Dessa maneira, os mecanismos de transmissão de risco propagarão o aumento da variabilidade de retornos de um país, no qual é originada a crise, para os demais países da América Latina em que estão associados. Possivelmente, em consequência dos mercados estarem interligados por manterem investidores em comum e apresentarem economias semelhantes em volume de transações e maturidade econômica.

Após a estimação da correlação da volatilidade dos seis países latinos e da *proxy* mundial, procedeu-se a estimação da correlação da volatilidade decomposta

em *wavelets*. Em que, d_j representa a j -ésima escala da *wavelet*, onde $j=1,2,\dots,7$. Quanto mais baixo for o j , mais alta a frequência.

Como verificado na Tabela 5, percebe-se que em geral a correlação da volatilidade cresce conforme aumenta a escala, ou seja, as volatilidades em baixa frequência apresentam maior correlação e a volatilidade em altas frequências apresentam menores coeficientes de correlação. Isso implica que em momentos de alta volatilidade investimentos de curto prazo não são afetados de maneira semelhante entre os países latinos e o mercado mundial. Contudo, em momentos de grande oscilação (alta volatilidade no mercado) os investimentos de longo prazo serão afetados, em virtude da alta correlação identificada na volatilidade em baixas frequências (altas escalas).

Tabela 5 - Correlação da volatilidade dos log-retornos dos mercados da Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México, Peru e mercado mundial decomposta em *wavelets*, para o período de 11 de julho de 2002 a 13 de julho de 2012 (2612 observações diárias). A *wavelet* d_1 representa a volatilidade de alta frequência e d_7 a volatilidade de baixa frequência

		Argentina	Brasil	Chile	Colômbia	México	Peru	Mundo
d_1	Argentina	1,000						
	Brasil	0,373	1,000					
	Chile	0,249	0,468	1,000				
	Colômbia	0,252	0,227	0,242	1,000			
	México	0,314	0,591	0,482	0,186	1,000		
	Peru	0,329	0,393	0,281	0,199	0,349	1,000	
	Mundo	0,398	0,589	0,483	0,231	0,655	0,426	1,000
d_3	Argentina	1,000						
	Brasil	0,413	1,000					
	Chile	0,314	0,354	1,000				
	Colômbia	0,294	0,255	0,236	1,000			
	México	0,207	0,520	0,369	0,223	1,000		
	Peru	0,134	0,312	0,243	0,178	0,322	1,000	
	Mundo	0,383	0,530	0,399	0,263	0,539	0,346	1,000
d_5	Argentina	1,000						
	Brasil	0,521	1,000					
	Chile	0,450	0,666	1,000				
	Colômbia	0,298	0,423	0,406	1,000			
	México	0,514	0,776	0,674	0,362	1,000		
	Peru	0,464	0,566	0,619	0,302	0,574	1,000	
	Mundo	0,439	0,720	0,568	0,260	0,698	0,567	1,000
d_7	Argentina	1,000						
	Brasil	0,788	1,000					
	Chile	0,786	0,859	1,000				
	Colômbia	0,747	0,728	0,687	1,000			
	México	0,818	0,947	0,913	0,764	1,000		
	Peru	0,841	0,890	0,770	0,698	0,854	1,000	

Mundo	0,756	0,958	0,885	0,669	0,952	0,826	1,000
--------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Fonte: Dados da Pesquisa

Também, se destaca que com exceção dos coeficientes de correlação da Colômbia com os demais países latinos e a *proxy* mundial, exceto Colômbia e México, todos os mercados latinos apresentaram coeficientes de correlação da volatilidade superiores a 0,75. Esse resultado é um indício de que a Colômbia possivelmente será menos afetada em momentos de alta volatilidade.

Com base na análise realizada, percebeu-se que a força do co-movimento, adotada nesse trabalho como a correlação entre os retornos ou a correlação da volatilidade dos mercados latinos e o mercado mundial, depende da frequência ou escala em que se encontra. Os resultados obtidos por meio dessa análise implicam que a diversificação das carteiras é mais apropriada para investimentos de curto prazo, comparado aos de longo prazo entre esses mercados. Visto que para diversificação eficaz do portfólio é necessário que os ativos ou os mercados apresentem baixa correlação ou correlação negativa. Além disso, o aumento da correlação entre os mercados latinos são um indicativo que uma maior integração dos mercados emergentes tem ocorrido em investimentos de longo prazo. Dessa forma, a diversificação de uma carteira com índices de países latinos torna-se menos atraente no longo prazo.

Além disso, demais trabalhos empíricos utilizando a abordagem de *wavelets*, identificaram resultados que confirmam a ideia de que em baixas frequências a associação entre os mercados ou ativos é mais forte. Rua e Nunes (2009) ao analisarem o co-movimento das séries financeiras em países desenvolvidos e Graham, *et al.* (2013) ao verificar o co-movimento em mercado emergentes com os Estados Unidos, identificaram maior associação entre os retornos das ações em frequências mais baixas. Corroborando, Rua (2010) ao avaliar o co-movimento dos principais países da área do euro, identificaram a existência de maior co-movimento em frequências mais baixas, ou seja, em investimentos de longo prazo. Desse modo, percebe-se que a diversificação das carteiras em investimentos de longo prazo torna-se inapropriada, em virtude da maior associação dos mercados em baixas frequências. A menor integração entre investimentos de curto prazo, comparado aos investimentos de longo prazo, possivelmente, pode ser explicado pelo capital especulativo e pela assimetria de informação entre os investidores de

curto prazo (PIMENTEL; SILVA, 2011). Com relação à volatilidade, de maneira semelhante a esse trabalho, Gençay, Selçuk e Whitcher (2005) e Pimentel e Silva (2011) identificaram maior associação do coeficiente de risco em escalas mais altas.

Desse modo, destaca-se que a análise *wavelets* possibilitou evidenciar resultados que não seriam identificados de forma agregada, uma vez que se observou menor associação entre os mercados, quando os resultados não foram decompostos em *wavelets*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve o objetivo de analisar o co-movimento dos mercados da Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México e Peru, e uma *proxy* do mercado mundial, por meio de uma estrutura de correlação dos retornos e da volatilidade desses mercados. A correlação dessas economias foi descomposta em *wavelets*, com o intuito de avaliar a correlação em diferentes frequências e sua evolução ao longo do tempo. Dessa forma, com a análise foi possível identificar regiões (escalas das *wavelets*) onde a diversificação das carteiras internacionais para o gerenciamento do risco são menores.

Investimentos de curto prazo, ou alta frequência, representadas pelo capital especulativo, apresentaram menor índice de associação, todavia investimentos de longo prazo ou de baixa frequência apresentaram maior nível de associação. Dessa forma, conclui-se que os seis mercados latinos e o mercado mundial apresentam algum grau de interdependência; entretanto, observa-se que esta inter-relação é mais acentuada em frequências baixas comparado aos resultados obtidos em altas frequências. O que implica em maiores ganhos com a diversificação para investimentos de curto prazo, comparada aos investimentos de longo prazo.

Além disso, a fim de validar os resultados obtidos por meio da análise de *wavelets*, se estimou a correlação dos retornos e da volatilidade não decompostas em *wavelets*. Essa análise evidenciou menor associação entre os mercados latinos e o mercado mundial, comparado aos resultados identificados em altas escalas. Desse modo, esses resultados ressaltam a importância de se analisar os dados em diferentes frequências ao longo do tempo, uma vez que permite analisar os benefícios da diversificação da carteira internacional de forma não negligenciável.

ABSTRACT

The study of co-movement of financial time series is an important source of information for the analysis of the portfolios diversification benefits and risk management of international portfolios. Based on this idea, the study sought to analyze, through the wavelet approach, the comovement of six Latin American markets and the world market. This technique decomposes the series at different frequencies over time, allowing more consistent results than traditional analysis of the correlation coefficient. It was concluded, through this study, the association between the Latin markets and the world market increases at lower frequencies, showing that the behavior of volatility and of returns is very similar among Latin markets in long-term investment.

Key-words: Wavelets; Latin Markets; Correlation; Volatility.

NOTAS

¹ Mestranda em Engenharia da Produção (UFSC)

² Doutor em Engenharia da Produção (UFSC) e Professor Associado na Universidade Federal de Santa Maria.

REFERÊNCIAS

ARNÉODO, A.; MUZY, J. F.; SORNETTE, D. "Direct" causal cascade in the stock market. *The European Physical Journal B*, v. 2, p. 277-282, jan. 1998.

AGUIAR-CONRARIA, L.; SOARES, M. J. Business cycle synchronization and the Euro: A wavelet analysis. *Journal of Macroeconomics*, v. 33, n. 3, p. 477-489, set. 2011.

BALI, T. G.; CAKICI, N. World market risk, country-specific risk and expected returns in international stock markets. *Journal of Banking & Finance*, v. 34, n. 6, p. 1152-116, jun. 2010.

BARBERIS, N.; SHLEIFER, A.; WURGLER, J. *Comovement*. NBER Working, 2002. Disponível em: < <http://www.nber.org/papers/w8895.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2012.

BAUR, D. G. *What Is Co-movement?* EUR Working Paper n. 20759 EN, 2003. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.570585>>. Acesso em: 22 dez. 2012.

BERBEN, R.P.; JANSEN, W. J. Comovement in international equity markets: a sectoral view. *Journal of International Money and Finance*, v. 24, n. 5, p. 832–857, set. 2005.

BERGMANN, D. R. *et al.* Analysis of co-movements between the capital markets in Brazil and the United States. *Brazilian Business Review*, v. 8, n. 4, p. 94-108, out/dez. 2011.

CAETANO, M. A. L.; YONEYAMA, T. A method for detection of abrupt changes in the financial market combining wavelet decomposition and correlation graphs. *Physica A*, v. 391, n. 20, p. 4877–4882, out. 2012.

CANDELON, B.; PIPLACK, J.; STRAETMANS, S. On measuring synchronization of bulls and bears: The case of East Asia. *Journal of Banking and Finance*, v.32, n. 6, p. 1022–1035, jun. 2008.

CIFTER, A. Value-at-risk estimation with wavelet-based extreme value theory: Evidence from emerging markets. *Physica A*, v. 390, n. 12, p. 2356–2367, jun. 2011.

GABOR, D. Theory of Communication. *J. IEE*, v. 93, pt. III, p. 429-457, 1946.

GALLEGATI, M. A wavelet-based approach to test for financial market contagion. *Computational Statistics and Data Analysis*, v. 56, n. 11, p. 3491–3497, nov. 2012.

GENÇAY, R.; SELÇUK, F.; WHITCHER, B. *An Introduction to Wavelets and Other Filtering Methods*. London: Finance and Economics Academic Press, 2002.

GENÇAY, R.; SELÇUK, F.; WHITCHER, B. Multiscale systematic risk. *Journal of International Money and Finance*, v. 24, n. 1, p. 55–70, fev. 2005.

GRAHAM, M. *et al.* Global and Regional Co-Movement of the Mena Stock Markets: new Evidence using Wavelet Squared Coherency. *Journal of Economics and Business*, v. 65, p. 86-100, jan/fev. 2013.

HARRIS, R. D. F.; KÜÇÜKÖZMEN, C. C. Linear and nonlinear dependence in Turkish equity returns and its consequences for financial risk management. *European Journal of Operational Research*, v. 134, n. 3, p. 481-486, nov. 2001.

HAAR, A. Theorie der Orthogonalen Funktionen-Systeme. *Mathematische Annalen*, v. 69, p. 331-371, 1910.

JANG, H.; SUL, W. The Asian financial crisis and the co-movement of Asian stock markets. *Journal of Asian Economics*, v. 13, n. 1, p. 94–104, jan/fev. 2002.

KIM, S., IN, F. The relationship between stock returns and inflation: new evidence from wavelet analysis. *Journal of Empirical Finance*, v. 12, n. 3, p. 435–444, jun. 2005.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. *Journal of Finance*, v. 7, n. 1, p. 77-91, mar. 1952.

Revista Estudos do CEPE, Santa Cruz do Sul, n39, p.226-246, jan./jun. 2014

MENDES, B. V. M.; MORETTI, A. R. Medindo a Influência do Mercado Americano nas Interdependências observadas na América Latina. *Revista Brasileira de Finanças*, v. 3, n. 1, p. 15-29, 2005.

MORLET, J.; ARENS, G.; FOURGEAU, E.; GIARD, D. Wave propagation and sampling theory—Part I: complex signal and scattering in multilayered media. *Geophysics*, v. 47, n. 2, p. 203–221, fev. 1982.

PERCIVAL, D. B. On estimation of the wavelet variance. *Biometrika*, v. 82, p. 619-631. 1995.

RAIHAN, S.; WEN, Y.; ZENG, B. *Wavelet*: a new tool for business cycle analysis. Working Paper 2005-050A, Federal Reserve Bank of St. Louis, jun. 2005.

RAMSEY, J. B. Wavelets in Economics and Finance: Past and Future. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, vol. 6, n. 3, art. 1, 2002.

RAMSEY, J. B.; LAMPART, C. Decomposition of economic relationships by time scale using wavelets. *Macroeconomic Dynamics*, v. 2, n. 1, p. 49–71, 1998.

RIGHI, M. B.; VIEIRA, K. M. Verifying the presence of the liquidity premium in the Brazilian market through different time scales. *African Journal of Business Management*, v. 6, n. 17, p. 5792-5798, mai. 2012.

RUA, A. Measuring comovement in the time-frequency space. *Journal of Macroeconomics*, v. 32, n. 2, p. 685–691, jun. 2010.

RUA, A.; NUNES, L. C. A wavelet-based assessment of market risk: The emerging markets case. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, v. 52, n. 1, p. 84–92, fev. 2012.

_____. International comovement of stock market returns: A wavelet analysis. *Journal of Empirical Finance*, v. 16, n. 4, p. 632–639, set. 2009.

SHARKASI, A. *et al.* The reaction of stock markets to crashes and events: A comparison study between emerging and mature markets using wavelet transforms. *Physica A*, v. 368, n. 2, p. 511-521, 2006.

TANG, L.-B.; TANG, L.-X.; SHENG, H.-Y. Forecasting volatility based on wavelet support vector machine. *Expert Systems with Applications*, v. 36, n. 2, part. 2, p. 2901–2909, mar. 2009.