

# CICLOS DE NEGÓCIO E SINCRONIZAÇÃO NA AMÉRICA LATINA: UMA ANÁLISE WAVELET

JOSÉ WELIGTON FÉLIX GOMES (UFC/SOBRAL/CAEN)<sup>1</sup>  
CRISTIANO DA COSTA DA SILVA (UFC/CAEN)<sup>2</sup>

## RESUMO

O presente artigo utilizou a análise *Wavelet* para investigar a sincronização dos ciclos de negócios entre as dez maiores economias da América Latina (AML-10) com destaque para o Mercosul. Através da transformação *Wavelet* identificou-se o espectro, a coerência, as dissimilaridades e as diferenças de fases entre os países. Para avaliar o grau de integração econômica foram utilizados dados do Banco Mundial sobre a produção industrial, a preços (US\$) constantes de 2010, no período de fevereiro de 2002 a setembro de 2013. Aplicou-se o método de Monte Carlo para avaliar a significância estatística das dissimilaridades a partir de um modelo ARMA (1,1). Os resultados obtidos apontam fortes evidências de sincronização entre os ciclos de negócios do Brasil, Bolívia, Colômbia, México e Uruguai, contudo exclui evidências de sincronização para a América Latina como um todo e entre os países do Mercosul. A Colômbia e o México são fortes candidatas a ingressarem no Mercosul e Brasil e Uruguai apresentaram ciclos de negócios mais similares dentro do bloco. Ademais, observou-se que após a crise financeira de 2008 os países da AML-10 exibiram um comportamento mais dissimilar em comparação com o período anterior.

Palavras-chave: Análise *Wavelet*, Similaridade dos Ciclos de Negócios e Sincronização, Mercosul.  
Classificação ANPEC: ÁREA 6  
JEL: F15, F42, C13, E3.

## ABSTRACT

We use wavelet analysis to study business cycle synchronization among the top ten Latin America's countries (AML-10) and the Mercosur's member. The wavelet transform recognize the spectrum, coherence, dissimilarities and phase differences between countries. We used World Bank data of Industrial Production from February 2002 to September 2013 to assess the economic integration degree. The Monte Carlo method was conducted to evaluate the statistical significance of dissimilarities through an ARMA (1,1). Our results seem to suggest strong evidence of synchronization business cycles between Brazil, Bolivia, Colombia, Mexico and Uruguay, but exclude synchronization evidence for Latin America and the Mercosur countries, respectively. Colombia and Mexico are strong candidates to join the Mercosur and Brazil and Uruguay were more similar business cycles within the block. Moreover, after the financial crisis of 2008 the countries of AML-10 exhibited a more dissimilar behavior compared to the previous period.

Keywords: Wavelet Analyses, Business cycle similarity and synchronization, Mercosur.  
ANPEC Classification: AREA 6  
JEL: F15, F42, C13, E3.

---

<sup>1</sup> Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Economia CAEN/UFC e Professor Assistente I dos Cursos de Economia e Finanças na Universidade Federal do Ceará – Campus Sobral, E-mail: [weligtongomes@gmail.com](mailto:weligtongomes@gmail.com).

<sup>2</sup> Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Economia CAEN/UFC, Universidade Federal do Ceará, E-mail: [cristiano.dacostadasilva@hotmail.com](mailto:cristiano.dacostadasilva@hotmail.com).

## 1. Introdução

O estudo de ciclo de negócios tem sido extensivamente relacionado à análise da construção de blocos econômicos, uma vez que acordos de livre comércio e adoção de políticas comuns causam efeitos não triviais sobre as economias contempladas, sendo um assunto controverso dentro da literatura econômica. É unânime, entretanto, que o sucesso de acordos de cooperação econômica internacional exige um nível significativo de homogeneidade entre os países (Arnaudo e Jacobo, 1997).

Na esfera da América Latina, desde a fundação do Mercosul<sup>3</sup>, em 1991, alguns estudos tem destinado atenção a análise dos ciclos de negócios internacional, no intuito de avaliar o grau de sincronização – e consequentemente homogeneidade – das atividades econômicas de curto prazo, ou seja, análise das flutuações em torno do componente permanente.

Engle e Issler (1993) analisaram a presença de ciclos e tendências comuns entre o PIB anual da Argentina, Brasil e México durante o período de 1948-1988. A hipótese de integração dos mercados foi confirmada tanto no longo quanto no curto prazo através da existência de dois vetores de cointegração e um ciclo comum, respectivamente. O estudo, apesar de levar em conta um número muito restrito de países, foi importante ao trazer uma abordagem multivariada<sup>4</sup> de decomposição das séries econômicas entre componentes permanentes e transitórios.

Já Cerro e Pineda (2002) utilizaram a abordagem de co-dependência para investigar os co-movimentos no PIB Real entre onze países da América Latina<sup>5</sup> usando dados trimestrais para o período entre 1960 até 2000. Os autores também encontraram evidências de tendências e ciclos comuns entre as atividades reais, porém uma grande dispersão em termos de flutuações cíclicas foi encontrada entre os países contemplados na análise, com os países mais representativos (Brasil, México e Argentina) possuindo uma baixa correlação de relacionamento com os outros países da América Latina.

Utilizando uma amostra anual do PIB das cinco principais economias da América Latina – Brasil, Argentina, México, Peru e Chile –, Hecq (2005) investigou as interações de curto e longo prazo. A hipótese de integração entre os mercados novamente não foi rejeitada – foram encontrados dois vetores de cointegração – e os principais resultados encontrados foram a existência de alto nível de correlação entre os componentes cíclicos do Brasil e Peru, o caráter pró-cíclico da relação entre as flutuações da Argentina e Chile, além da característica de independência entre os ciclos do Brasil e Argentina.

Um problema comum em ambas às análises expostas acima é a mensuração do grau de homogeneidade entre os componentes cíclicos através da medida de correlação. A lacuna empírica reside no fato de que a correlação fornece uma métrica estática, não sendo possível inferir sobre a persistência dos co-movimentos de curto prazo, tornando os resultados encontrados não robustos.

No intuito de suprir essa deficiência de análise, Gutierrez e Gomes (2008) obtiveram os ciclos de negócios, através da decomposição de Beveridge-Nelson-Stock-Watson em componentes cíclicos e permanentes, e analisaram a sincronização entre o PIB Real per-capita dos países membros do Mercosul no domínio do tempo e frequência, através do conceito de correlação temporal, coerência e fase, respectivamente. Os autores identificaram que, apesar de haver um nível considerável de correlação temporal entre os ciclos de negócios do Brasil e Argentina, a hipótese de sincronização foi rejeitada através da análise do domínio da frequência.

A técnica de análise no domínio da frequência utilizada pelos autores foi obtida pela transformada de Fourier que fornece uma relação direta entre o domínio do tempo e o domínio da frequência e representa o diferencial do tempo como o diferencial de fase ou ângulo da fase. O

---

<sup>3</sup> Em 1991, foi criada a Organização Intergovernamental do Mercado Comum do Sul – Mercosul – fundada no tratado de Assunção.

<sup>4</sup> O método utilizado por Engle e Issler (1993) foi uma expansão do método de decomposição multivariada de Beveridge-Nelson com a imposição da presença de tendências e ciclos comuns entre as séries temporais.

<sup>5</sup> Os países latinos americanos da amostra são Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, México, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela.

problema da transformada de Fourier é que os ciclos dos negócios são analisados sob uma janela tempo-frequência fixa, não fornecendo resolução adequada a todas as frequências.

Nessa linha, o presente artigo dá um passo à frente na análise dos ciclos de negócios da América Latina ao utilizar a transformada de *Wavelet*. A análise *Wavelet* é vista como um refinamento da análise de Fourier, na medida em que permite uma resolução flexível na frequência e no tempo (RUA, 2012), permitindo analisar a persistência de ciclos de curto e longo prazo sobre as séries temporais ao longo do tempo.

Para realizar este trabalho, utilizaram-se dados mensais da produção industrial dos 10 principais países América Latina (AML-10), coletados diretamente do Banco Mundial, em unidades de dólar e a preços constantes de 2010. Compreende um total de 10 países da América Latina entre o período de fevereiro de 2002 e setembro de 2013, totalizando 140 observações. Por falta de informações não foi incluído o Paraguai<sup>6</sup> no bloco de países da América do Sul. Portanto, na base de dados constam, exatamente, os Países: Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, México, Peru, Uruguai e Venezuela. Para testar a significância estatística da sincronização entre a produção industrial dos países, realizou-se uma simulação de Monte Carlo com 5000 amostragens e um nível de significância de 10%. Analisaram-se, além dos *spectrums* individuais, as dissimilaridades, através do calculado de uma matriz de distância, assim como a coerência e a diferença de fase a fim de estudar, de forma detalhada, como e em que frequência estes países estão sincronizados.

Este artigo subdivide-se em quatro seções. A seguir, na seção 2, será realizada uma breve explanação da teoria por trás do uso das *wavelet*. A seção 3 apresenta os resultados para a sincronização dos ciclos de negócio para a AML-10, a partir da análise do spectrum, da dissimilaridade, da coerência e da diferença de fase. A quarta seção, por sua vez, mostra as principais conclusões encontradas e por fim estão as referências utilizadas neste trabalho.

## 2. Background Teórico

### 2.1. A *Wavelet*<sup>7</sup>

Uma *Wavelet* significa, literalmente, uma pequena onda que possui características de crescimento e decrescimento em um período de tempo limitado. Uma definição mais formal para *wavelet* é uma função com média zero que está localizada no domínio da frequência e do tempo. A análise *wavelet* apresenta uma semelhança com a análise de Fourier que estabelece que qualquer forma de onda, no domínio do tempo e razoavelmente contínua, pode ser representada pela soma ponderada de senos e cossenos.

A representação de uma função periódica no domínio do tempo nos dá a amplitude do sinal num determinado instante de tempo, contudo, em muitos casos há a necessidade de conhecermos o conteúdo da frequência de um sinal, ou seja, determinar com que frequência determinado sinal ocorre. Para tal, a transformada rápida de Fourier (FFT)<sup>8</sup> fornece um método que transforma um sinal (função periódica) no domínio do tempo para o domínio da frequência e vice-versa.

O teorema de Fourier afirma que qualquer função  $f(x)$  periódica, de período  $p$ , pode ser expressa como uma série de Fourier da seguinte forma:

$$f(x) = \sum_{j=0}^{\infty} \left\{ a_j \cos\left(\frac{2\pi j}{p} x\right) + b_j \sin\left(\frac{2\pi j}{p} x\right) \right\} \quad (1)$$

<sup>6</sup> A 43ª Cúpula do Mercosul, realizada em junho de 2012, resolveu suspender o Paraguai do bloco do Mercosul.

<sup>7</sup> Pode ser do tipo discreto ou contínuo. Exemplos de *Wavelets*: Daubechies, Haar, Symlet, Morlet, Mexican hat, Hermitian, entre outros.

<sup>8</sup> É uma das mais importantes transformações e amplamente utilizada em tarefas computacionais. Suas aplicações são as mais diversas, desde equações diferenciais até processamento de sinais, comunicações, compressão de áudio/vídeo/imagem, entre outros.

Semelhante aos senos e cossenos da análise de Fourier, as *wavelet* são, na verdade, funções básicas representativas de outras funções. Seja  $\psi(x)$  uma função com valores reais definida no eixo real  $(-\infty, \infty)$ , considerada uma *wavelet* principal (*wavelet mother*), que satisfaz as seguintes condições:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (2)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt = 1 \quad (3)$$

Por outro lado, também é comum e indispensável uma condição adicional denominada de condição de admissibilidade. Uma *wavelet*  $\psi(x)$  é dita ser admissível se sua transformada de Fourier, a saber,

$$\Psi(f) \equiv \int_{-\infty}^{\infty} \psi(u) e^{-i2\pi fu} du \quad (4)$$

é tal que,

$$C_\psi \equiv \int_0^{\infty} \frac{|\Psi(f)|^2}{f} df \quad (5)$$

Satisfaz  $0 < C_\psi < \infty$ .

Entretanto, a função  $\psi(x)$  não assume necessariamente valores reais, mas também pode assumir valores complexos.

A partir da *wavelet* mãe, é possível a realização de translações e dilatação do tipo:

$$\left\{ \psi\left(\frac{x-b}{a}\right), (a, b) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R} \right\}. \quad (6)$$

Assim, como definido por Blandari e Kamaiah (2016) a análise *wavelet* inicia com a consideração da função conhecida como *wavelet* mãe, que é dada por:

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \quad (7)$$

Onde  $a \neq 0$  e  $b$  são constantes reais. O parâmetro  $a$  é conhecido como parâmetro de escala que determina o tamanho das janelas, enquanto que o parâmetro  $b$ , conhecido como o parâmetro de translação, determina a posição da janela.

## 2.2. Wavelet e a decomposição dinâmica do tempo

Tal como destaca Aguiar-Conraria, Azevedo e Soares (2008), na literatura econômica o uso da análise de Fourier é comum para revelar relações em diferentes frequências. Exemplifica que o uso de técnicas espectrais pode ser utilizado para identificar alguns ciclos de negócios estilizados, componentes sazonais ou para destacar diferentes relações entre as variáveis econômicas em distintas frequências.

As *wavelet* são funções matemáticas que ampliam intervalos de dados, separando-os em diferentes componentes de frequência, permitindo a análise de cada componente em sua escala correspondente. Elas empregam a ideia de aproximação, mediante a superposição de funções. Esta

ideia tem sua origem no trabalho de Joseph Fourier que, no século XIX descobriu que poderia utilizar senos e cossenos para representar outras funções (MISITI et al, 1997).

A transformação de Fourier, apesar de ser útil, apresenta limitações no que concerne às informações temporais de uma série de dados. Aguiar-Conraria, Azevedo e Soares (2008) explicam que essas limitações tornam difícil distinguir as relações transitórias, bem como identificar mudanças estruturais. Além disso, essa técnica somente é apropriada para a aplicação em séries temporais com propriedades estáveis, o que não se aplica ao caso de variáveis econômicas que na maioria das vezes são fortemente não estacionárias.

Enquanto que a análise de Fourier transforma uma série temporal em diferentes frequências, a transformação *wavelet* expande a série temporal em versões escaladas e deslocadas de uma função cujas bandas espectrais e duração de tempo são limitadas.

Rua (2012) ressalta que para uma série temporal no domínio do tempo cada ponto contém informações a respeito de todas as frequências. Em contrapartida, no caso da transformação de Fourier, cada ponto no domínio da frequência contém informações de todos os pontos no domínio do tempo.

Outra vantagem no uso da transformação *wavelet* deve-se ao fato de que, no curto prazo, a transformação de Fourier quando avaliada no plano frequência-tempo só leva em conta o uso de janelas de mesmo tamanho ou constantes, enquanto que na transformação *wavelet* o comprimento da janela é ajustado de acordo com a frequência.

A transformação *wavelet* contínua (CWT) de uma série temporal  $x(t)$  com relação a  $\psi(x)$  é uma função de duas variáveis,  $W_x(\tau, s)$ :

$$W_x(\tau, s) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \left[ \frac{1}{\sqrt{|s|}} \overline{\psi}_{t,s} \left( \frac{t-\tau}{s} \right) \right] dt \quad (8)$$

Onde a  $\overline{\psi}_{t,s}(t)$  denota o conjugado complexo,  $s$  é o parâmetro de escala que controla o comprimento da wavelet e  $\tau$  é o parâmetro de translação que controla a localização. O dimensionamento de uma wavelet significa alongamento, no caso de  $|s| > 1$ , ou compressão, para  $|s| < 1$ . Já a translação significa os deslocamentos de sua posição no tempo.

Para auxiliar a análise serão consideradas quatro ferramentas importantes, a saber: escalograma ou periodograma (*wavelet power spectrum*), coerência (*wavelet coherency*) e diferença de fase (*phase difference*) e a matriz de distâncias *wavelet spectrum* (Aguiar-Conraria e Soares (2011)).

- i) O espectro, ou escalograma, mede a distribuição da variância da série temporal no plano frequência-tempo e é definido como:

$$(WPS)_x(\tau, s) = |W_x(\tau, s)|^2 \quad (9)$$

- ii) A coerência (*wavelet coherency*) representa as regiões no espaço frequência-tempo onde duas séries temporais co-variam em cada tempo e frequência, ou seja, mostra as inter-relações entre as séries. Dado duas séries temporais  $x(t)$  e  $y(t)$ , a coerência será dada por:

$$R_{xy}(\tau, s) = \frac{|S(W_{xy}(\tau, s))|}{\sqrt{S(|W_{xx}(\tau, s)|)S(|W_{yy}(\tau, s)|)}} \quad (10)$$

Onde  $S$  representa o operador de suavização,  $W_{xy}(\tau, s) = W_x(\tau, s) \overline{W_y(\tau, s)}$  é a transformação wavelet cruzada,  $\overline{W_y(\tau, s)}$  indica o conjugado complexo.

iii) O uso do *wavelet* com valores complexos tem a vantagem de computar a fase da transformação *wavelet* de cada série proporcionando informações em relação aos atrasos das oscilações entre duas séries como função da frequência. A diferença de fase, portanto, mostra a posição relativa entre duas série indicando se as mesmas se movem conjuntamente ou se há alguma relação de liderança. É definida da seguinte maneira:

$$\phi_{x,y} = \tan^{-1}\left(\frac{\Im(W_{xy}(\tau, s))}{\Re(W_{xy}(\tau, s))}\right) \quad (11)$$

Onde  $\phi_{x,y} \in [-\pi, \pi]$ . Nos casos em que  $\phi_{x,y} \in (0, \frac{\pi}{2})$  as séries se movem em fase com a série temporal  $y$  conduzindo  $x$ ; se  $\phi_{x,y} \in (-\frac{\pi}{2}, 0)$ , então  $x$  está conduzindo  $y$ ; uma diferença de fase de  $\pi$  (ou  $-\pi$ ) representa uma relação anti-fase; se  $\phi_{x,y} \in (\frac{\pi}{2}, \pi)$ , então  $x$  está conduzindo e se  $\phi_{x,y} \in (-\pi, -\frac{\pi}{2})$  a série  $y$  é que conduz as oscilações.

iv) A matriz de distância *wavelet spectrum* é uma medida de distância entre pares de *spectrum wavelet* (conforme equação 8). Esta medida foi proposta por Aguiar-Conraria and Soares (2011a) e tem como objetivo comparar o *wavelet spectrum* entre dois países. Seja os países  $x$  e  $y$ , a distância *wavelet spectrum* será calculada, a partir da decomposição em valores singulares (SVD), da seguinte forma:

$$\text{dist}(W_x, W_y) = \frac{\sum_{k=1}^K \sigma_k^2 [d(I_x^k, I_y^k) + d(u_x^k, u_y^k)]}{\sum_{k=1}^K \sigma_k^2} \quad (12)$$

Onde:  $I_x^k$  e  $I_y^k$  são as lideranças padrão,  $u_x^k$  e  $u_y^k$  são os vetores singulares e  $\sigma_k^2$  são as ponderações valores singulares. A distância entre os dois vetores é dada pelo ângulo entre cada par do componente correspondente, definido pelos pontos consecutivos dos dois vetores e tomando a média desses valores. Assim, quanto mais próximo de zero for essa medida de distância, mais similares são as transformações *wavelet* de  $x(t)$  e  $y(t)$ .

### 3. Sincronização dos Ciclos de Negócio na América Latina (AML-10)

Para analisar a sincronização dos ciclos de negócio na América Latina (AML-10), utilizou-se a transformação *wavelet* contínua a fim de apresentar evidências concretas das similaridades e sincronização entre os países desta região, em termos de co-movimentos, em nível de frequência e tempo, e de possíveis defasagens nas fases dos ciclos.

#### 3.1. Decomposição das séries em componente de tendência e de ciclo

Visto que a análise *wavelet* demanda dados de alta frequência e estamos interessados em analisar ciclos de curto e longo prazo é fundamental possuir uma base de dados com um intervalo relativamente extenso de tempo e principalmente com observações mensais. O uso de tal estrutura torna possível descrever a dinâmica temporal de uma determinada região, verificando a existência de tendências, ciclos e variações sazonais (MORETTIN; TOLOI, 1981).

A base de dados de Estatísticas Financeiras Internacionais – FMI – disponibiliza informações mensais sobre o Produto Industrial Doméstico em preços constantes de 2010 para as principais economias da América Latina. O período analisado no presente estudo foi de 2002:2 até 2013:9, totalizando 140 observações, esse intervalo temporal justifica-se pela homogeneidade de

dados para os 10 países em análise. As séries foram ajustadas sazonalmente<sup>9</sup>, do ponto de vista empírico a alta frequência de observações torna o índice ideal para observar a dinâmica de curto prazo das atividades industriais.

Escolhida a base de dados, o problema inicial da análise de ciclos é a escolha do método estatístico de decomposição das séries em componentes permanente e transitório, tal problema se acentua dado à falta de consenso sobre qual tipo de filtro utilizar – univariado ou multivariado –. Visto a existência de uma série de trabalhos que rejeitaram a hipótese nula de inexistência de integração entre os mercados da América Latina, foi escolhido o método de decomposição multivariado de Beveridge-Nelson, que considera a existência de cointegração no processo de decomposição das séries (*vide* seção 5.7 em JOHANSEN, 1996). Uma vez que a utilização de filtros univariados em casos como este, ao não levar em conta a existência de fatores comuns entre as séries temporais, levam a diferenças não triviais na estimação dos ciclos (Harvey; Jarger, 1993; ENGLE; ISSLER, 1993).

Uma vez que a decomposição de Beveridge-Nelson assume que as séries são integradas de ordem 1 -  $I(1)$  -, é necessário analisar a existência de raiz unitária para as séries em nível. Nós aplicamos o teste augmented Dickey-Fuller (ADF) e o teste KPSS, que alternativamente possui estacionariedade como hipótese nula. Os testes foram realizados levando em conta intercepto e tendência, de modo a verificar se as séries não eram estacionárias em tendência.

Os resultados para todos os países não rejeitaram a hipótese nula de raiz unitária, a um nível de 5% de significância, segundo o teste ADF. Já o teste KPSS rejeitou a hipótese nula de estacionariedade para todas as séries, a um nível de 5% de significância. Analisando a primeira diferença o resultado foi o inverso, logo os resultados sugerem que as séries são um processo estocástico de ordem 1, permitindo a utilização da decomposição multivariada de Beveridge-Nelson.

O passo seguinte foi verificar a hipótese de integração entre as atividades econômicas dos países da AML-10, o procedimento de Johansen (1988) foi realizado, verificando a presença de cinco vetores de cointegração. Tal resultado se alinha aos encontrados em trabalhos anteriores, atestando existência de integração econômica na América Latina. A partir daí, a decomposição de Beveridge-Nelson foi realizada levando em conta os cinco vetores de cointegração e os ciclos individuais extraídos.

### 3.2. O Spectrum Power Wavelet

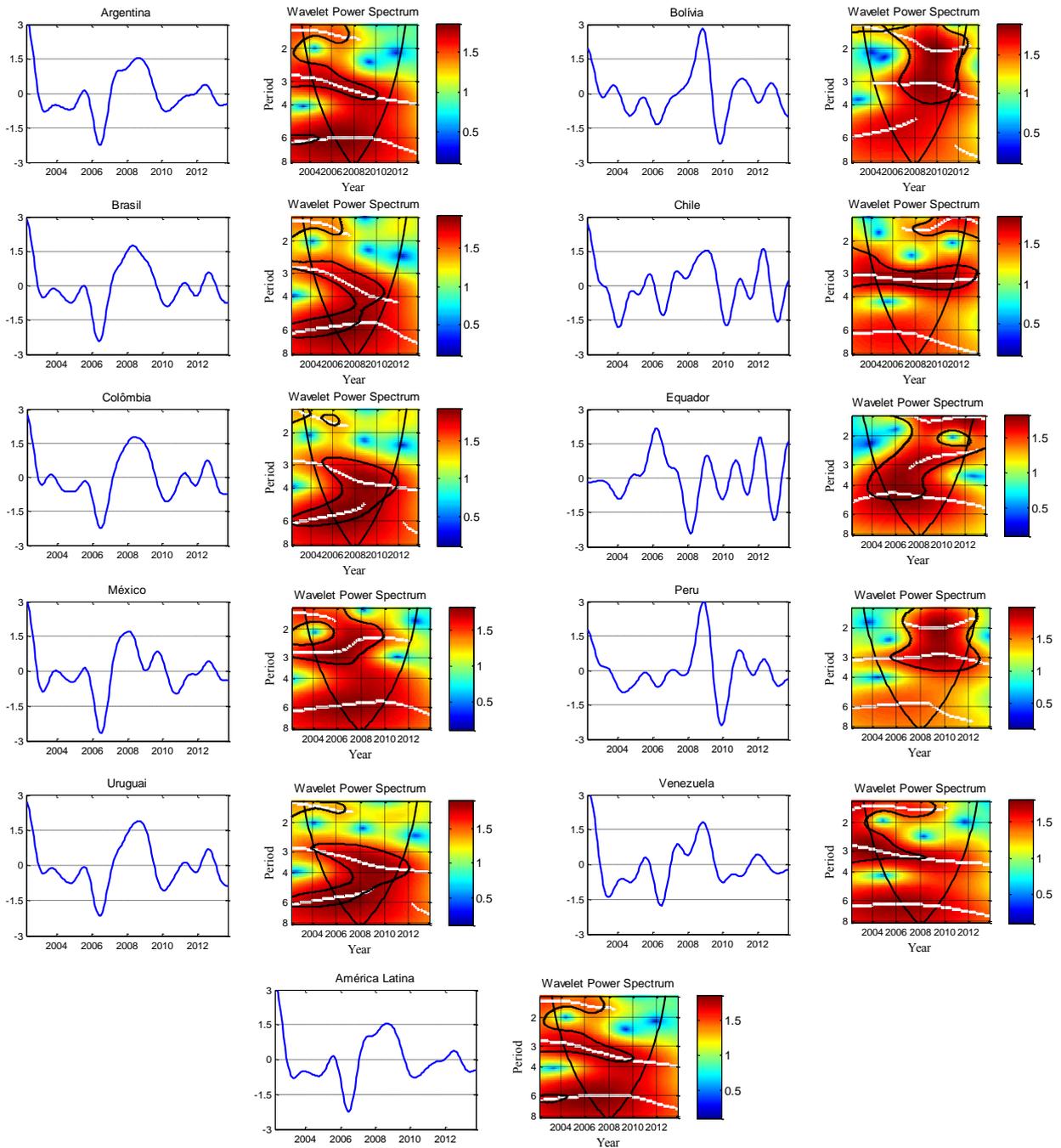
A Figura 1 apresenta, inicialmente, o *wavelet power spectrum* da produção industrial para todas as séries temporais, inclusive para a América Latina (AML-10), ou seja, a variância das séries para cada *locus* tempo-frequência..

O lado esquerdo de cada figura apresenta as flutuações do produto industrial dos países da América Latina entre os períodos de 2002 e 2013. A alta e a baixa volatilidade estão apresentadas no lado direito da figura por meio de uma escala de cores que associa a cor mais forte à alta volatilidade da série ou do *spectrum*.

De maneira geral, a figura 1 apresenta os pontos de maior oscilação ou variabilidade do produto industrial para cada *locus* tempo *versus* frequência. A linha branca em cada *spectrum* mostra o comportamento dos ciclos ou as frequências de maior variação, se de curto ou longo prazo juntamente com sua evolução ao longo do tempo. A linha preta, por sua vez, está associada ao nível de significância que foi calculado a partir de 5000 simulações de Monte Carlo de um modelo do tipo ARMA (1,1)<sup>10</sup> a fim de obter os valores estatísticos críticos.

<sup>9</sup>O ajuste sazonal das séries foi obtido utilizando-se o software X-13 ARIMA, U.S. Census Bureau. Considera-se, além dos efeitos sazonais, tratamento específico para o efeito calendário (Trading Day - TD) e identificação de *outliers*.

<sup>10</sup> Um modelo ARMA (1,1) foi ajustado para a realização de amostragens através de uma distribuição gaussiana dos erros e com as mesmas variâncias que o termo de erro. Para cada país de países foram realizadas 5000 amostragens a fim de calcular os valores críticos de 1%, 5% e 10%, tal como Aguiar-Conraria e Soares (2011).

Figura 1: *Spectrum Power Wavelet*

Nota: A primeira parte de cada figura esboça as oscilações do Índice de Produção Industrial. Na segunda parte encontra-se o *wavelet spectrum power*, o cone de influência indicando a área com nível de significância de 10%, dividida pela linha preta. A escala de cores varia entre as cores azuis (baixa energia) e vermelhas (alta energia). Fonte: Elaborado pelos autores.

As flutuações do produto industrial para o índice conjunto da América Latina (AML-10) mostraram-se mais evidentes no período dentre 2006 até 2010. Neste período houve um aumento não apenas da variabilidade como também da intensidade de variação do produto industrial. Como destacado no *spectrum*, a América Latina apresentou um ciclo de curto prazo com menor intensidade até o final de 2007, conjuntamente com um ciclo de longo prazo (6 anos) e de maior intensidade (2002-2004) e um ciclo entre 3 e 4 anos até o final de 2010.

Conjuntamente, todas as séries temporais apresentaram um pico de oscilação nas proximidades do ano de 2008, o que pode estar associado à crise financeira internacional iniciada no final do ano de 2007. Dado que a decisão de investimentos na indústria ocorre em período

anterior, o impacto da crise só veio a influenciar os países, de fato, no período subsequente. Países como Argentina, Brasil, Bolívia, Chile, Peru e Uruguai tiveram uma variação negativa do produto industrial somente um ano após a crise financeira. Observe que México e Equador foram os países com oscilações mais bem comportadas após o ano de 2008, assim como a América Latina como um todo, embora os períodos de queda e recuperação se apresentaram mais prolongado, ou seja, com uma menor frequência.

Em relação à predominância dos ciclos nos países, pode-se verificar que, em geral, os países apresentam um ciclo, ou ponto de maior variabilidade, de curto e médio prazo. Em geral esse ciclo ocorre entre 3 e 4 anos para a maioria dos países. Importante notar que o Chile é o país que possui ciclos mais bem comportado, em torno de 3 anos durante todo o período da amostra. Contudo, vale ressaltar que após a crise de 2008 ciclos de curtíssimo prazo também estiveram presente no Chile, como destaca a linha superior esquerda no *spectrum*.

Dada à inconstância da política industrial no Brasil nos últimos anos, assim como a presença de um ambiente desfavorável ao investimento, quais sejam: juros altos, déficits comerciais, falta de infraestrutura física e humana, baixo investimento público e privado, entre outros..., o produto industrial do Brasil apresentou ciclos tanto de curto, médio e de longo prazo. Isto é um reflexo da incerteza no ambiente de negócio, assim como a falta de uma política de governo consistente e indutora do desenvolvimento industrial do país<sup>11</sup> de longo prazo.

As economias do Brasil, Colômbia e Uruguai apresentam, a partir do *spectrum* individual, semelhanças em relação à presença de ciclos de curto, médio e longo prazo. Para constatar se tais similaridades são realmente fruto de sincronização entre estes países, serão utilizadas outras ferramentas na análise *wavelet* capaz de distinguir entre diferentes séries temporais a partir de seus respectivos *spectrums*. Por exemplo, o cálculo das dissimilaridades (ou distância *wavelet*) e a diferença de fases.

### 3.3. Dissimilaridades (*Wavelet Distances*)

Nesta seção serão analisados os co-movimentos entre o produto industrial dos 10 países que compõem a amostra para a América Latina (AML-10). Uma matriz de distâncias foi calculada a fim de mapear os países com maiores similaridades em termos de sincronização dos ciclos de negócios. A Tabela 1 mostra o quanto dois *spectrums* estão próximos, ou co-variam, e foi calculada a partir da comparação entre os respectivos *spectrums* individuais. Na tabela os valores mais próximos de zero indicam que os ciclos de negócios são sincronizados e apresentam um nível de significância estatística de 10%.

Tabela 1 – Matriz de Distâncias ou Dissimilaridades dos Ciclos de Negócios entre os Países (2002-2013)

	ARG	BOL	BRA	CHL	COL	ECU	MEX	PER	URY	VEN
ARG	0	0.2896	0.3147	0.3150	0.3366	0.3215	0.3318	0.1754	0.3361	0.3569
BOL	0.2896	0	0.1707	0.3284	0.1592	0.2472	0.2103	0.2200	0.1637	0.2562
BRA	0.3147	0.1707	0	0.2743	0.0501	0.2283	0.1158	0.2718	0.0413	0.1817
CHL	0.3150	0.3284	0.2743	0	0.2772	0.3271	0.3451	0.2428	0.2479	0.1492
COL	0.3366	0.1592	0.0501	0.2772	0	0.2414	0.1441	0.2839	0.0275	0.2091
ECU	0.3215	0.2472	0.2283	0.3271	0.2414	0	0.2601	0.3081	0.2481	0.3168
MEX	0.3318	0.2103	0.1158	0.3451	0.1441	0.2601	0	0.3210	0.1414	0.2361
PER	0.1754	0.2200	0.2718	0.2428	0.2839	0.3081	0.3210	0	0.2721	0.3275
URY	0.3361	0.1637	0.0413	0.2479	0.0275	0.2481	0.1414	0.2721	0	0.1943
VEN	0.3569	0.2562	0.1817	0.1492	0.2091	0.3168	0.2361	0.3275	0.1943	0

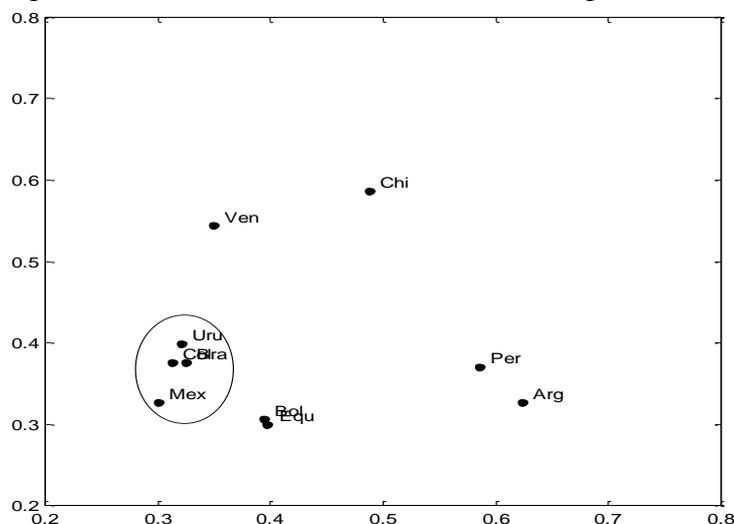
Nível de Significância de 10%.

Fonte: Elaborado pelos autores.

<sup>11</sup> Para maiores detalhes ver o artigo “Política Industrial e Desenvolvimento” de SUZIGAN e FURTADO (2006).

Na Tabela 1, identificam-se pelos menos quatro subgrupos ou clusters de países com maior proximidade dos ciclos de negócios. O primeiro e mais amplo subgrupo, circulado na Figura 2, destaca os países Brasil, Bolívia, Colômbia, México e Uruguai como sendo os mais similares quanto às oscilações do produto industrial. Do segundo ao quarto subgrupo os países Brasil e Uruguai estão presentes ao lado da Colômbia, do México e da Venezuela, respectivamente.

Figura 2 – Dissimilaridades dos Ciclos de Negócios da AML-10 (2002-2013)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dividindo a amostra em duas partes é possível avaliarmos a integração ou sincronização entre os países ao longo de dois períodos consecutivos. A primeira metade da amostra compreende o período anterior ao ano de 2008 e a segunda de 2008 até o restante da amostra. O objetivo desta divisão foi capturar o comportamento da produção industrial diante da crise financeira e econômica internacional.

Com base na Tabela 2, constatam-se fortes evidências de similaridades dos ciclos de negócios entre os países Bolívia, Brasil, Colômbia e Uruguai, antes do ano de 2008. Diferentemente do que foi apresentado na amostra completa. Cabe ressaltar, inclusive, que os ciclos do Brasil são mais próximos dos ciclos do Uruguai comparativamente com os demais países. Estes países registraram uma distância ou similaridade dos ciclos de apenas 0,0153, ou seja, muito próximo de zero.

Tabela 2 – Matriz de Distâncias ou Dissimilaridades dos Ciclos de Negócios entre os Países antes da Crise Financeira e Econômica de 2008

	ARG	BOL	BRA	CHL	COL	ECU	MEX	PER	URY	VEN
ARG	0	0.1741	0.1719	0.1075	0.188	0.2594	0.1324	0.0956	0.1688	0.1253
BOL	0.1741	0	0.0981	0.2316	0.0968	0.1895	0.1593	0.1462	0.0938	0.1562
BRA	0.1719	0.0981	0	0.1952	0.0301	0.1612	0.0947	0.1888	0.0153	0.133
CHL	0.1075	0.2316	0.1952	0	0.2193	0.2446	0.1511	0.2032	0.1976	0.0905
COL	0.188	0.0968	0.0301	0.2193	0	0.1408	0.1204	0.1928	0.0215	0.1621
ECU	0.2594	0.1895	0.1612	0.2446	0.1408	0	0.2508	0.2587	0.1529	0.2565
MEX	0.1324	0.1593	0.0947	0.1511	0.1204	0.2508	0	0.1768	0.1056	0.1333
PER	0.0956	0.1462	0.1888	0.2032	0.1928	0.2587	0.1768	0	0.1825	0.1929
URY	0.1688	0.0938	0.0153	0.1976	0.0215	0.1529	0.1056	0.1825	0	0.1435
VEN	0.1253	0.1562	0.133	0.0905	0.1621	0.2565	0.1333	0.1929	0.1435	0

Nível de Significância de 10%.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No período pós- crise econômica e financeira de 2008, conforme a Tabela 3, os países mantiveram um comportamento mais dissimilar, ou seja, passaram a apresentar ciclos de negócios de forma mais divergentes uns dos outros. Observe que o único grupo que continuou similar foi aquele composto por Brasil, Colômbia e Uruguai tal como indicado pela análise do *spectrum* na seção anterior.

Tabela 3 – Matriz de Distâncias ou Dissimilaridades dos Ciclos de Negócios entre os Países após a Crise Financeira e Econômica de 2008

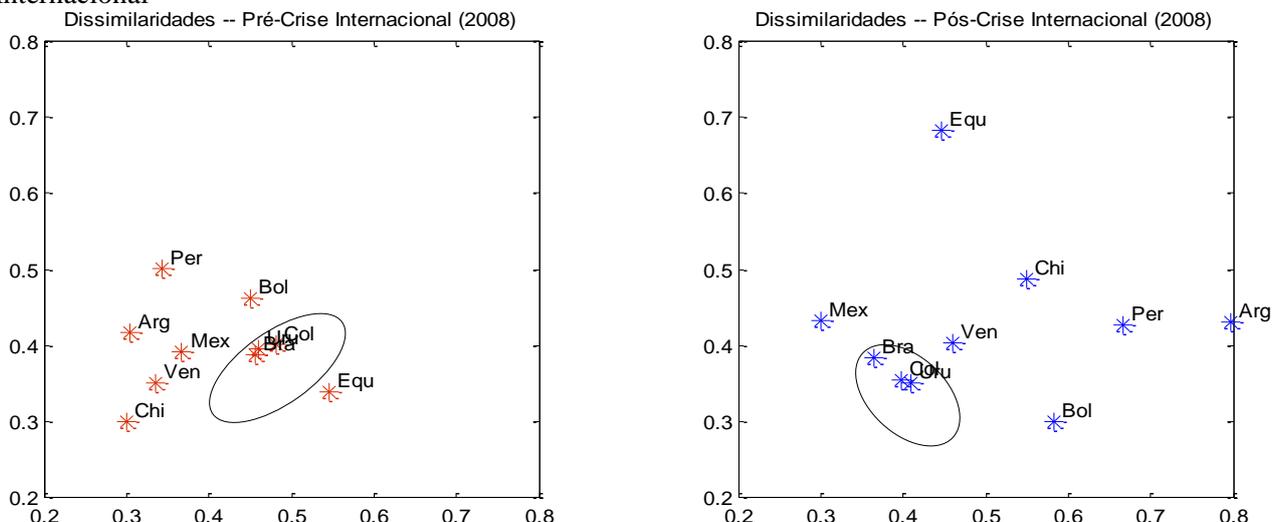
	ARG	BOL	BRA	CHL	COL	ECU	MEX	PER	URY	VEN
ARG	0	0.1523	0.4394	0.2956	0.4202	0.4165	0.4856	0.1712	0.41	0.3508
BOL	0.1523	0	0.1898	0.224	0.1716	0.4018	0.2683	0.1866	0.1644	0.1827
BRA	0.4394	0.1898	0	0.2487	0.056	0.298	0.1174	0.3085	0.0599	0.1505
CHL	0.2956	0.224	0.2487	0	0.21	0.2528	0.3322	0.2084	0.2011	0.1914
COL	0.4202	0.1716	0.056	0.21	0	0.3338	0.1626	0.2719	0.0144	0.1694
ECU	0.4165	0.4018	0.298	0.2528	0.3338	0	0.2706	0.342	0.3362	0.3064
MEX	0.4856	0.2683	0.1174	0.3322	0.1626	0.2706	0	0.406	0.1678	0.1953
PER	0.1712	0.1866	0.3085	0.2084	0.2719	0.342	0.406	0	0.2606	0.2574
URY	0.41	0.1644	0.0599	0.2011	0.0144	0.3362	0.1678	0.2606	0	0.1628
VEN	0.3508	0.1827	0.1505	0.1914	0.1694	0.3064	0.1953	0.2574	0.1628	0

Nível de Significância de 10%.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Graficamente, tem-se a seguinte composição dos grupos mais similares antes e depois da crise financeira internacional, e ressalta o aumento da dispersão entre os ciclos de negócios do produto industrial.

Figura 3 – Dissimilaridades entre os Países nos períodos Pré-Crise e Pós-Crise Financeira e Econômica Internacional



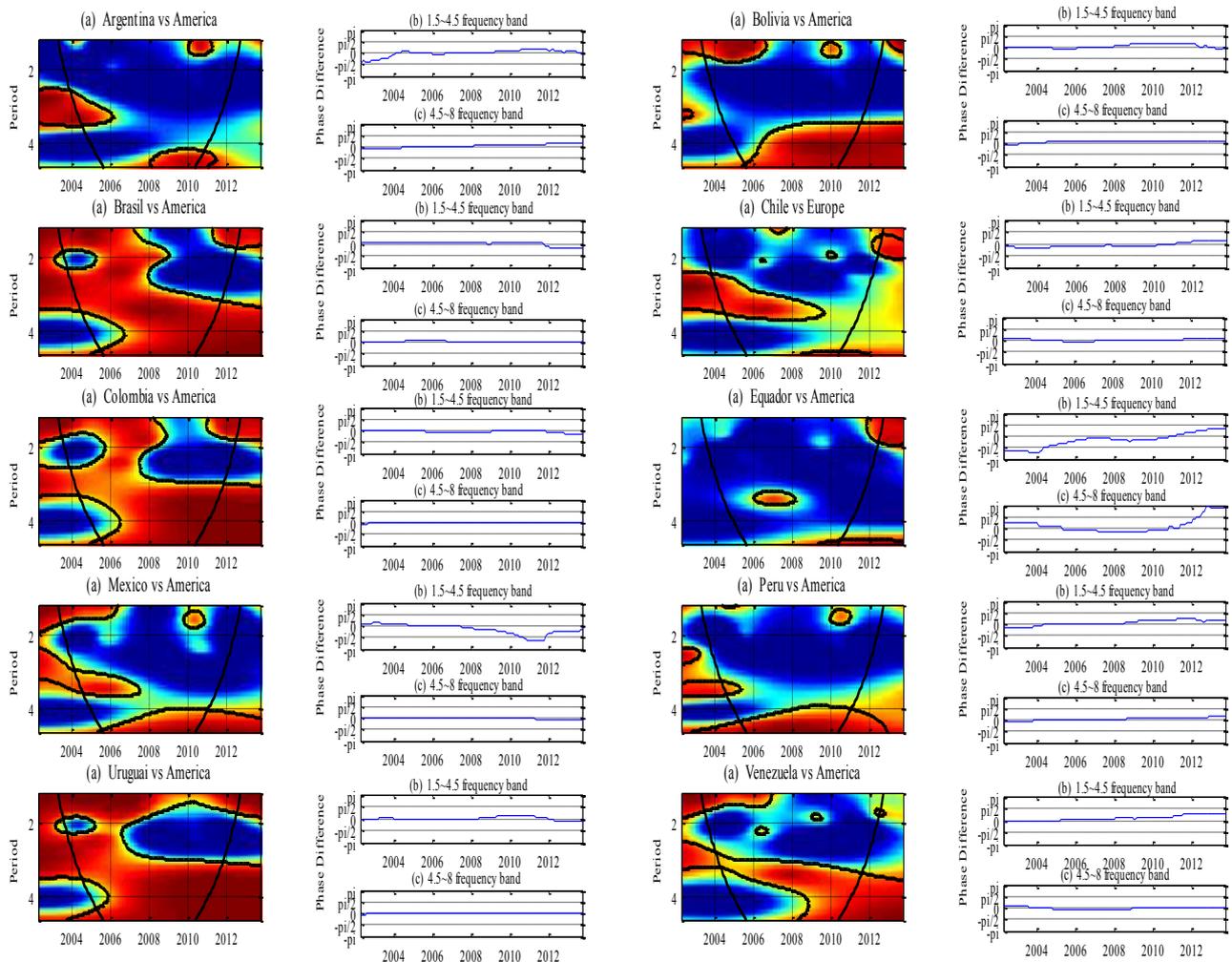
Fonte: Elaborado pelos autores.

Vale ressaltar a forte similaridade dos ciclos de negócios do Brasil e do México, embora este não se apresente tão próximo aos demais países que fazem parte do mesmo grupo que o Brasil, como por exemplo, Colômbia e Uruguai.

### 3.4. Coerência e Diferença de Fase

Uma característica comum para todos os países após o advento da crise mundial, quando comparados ao índice construído para a América Latina, é o alto nível de coerência para ciclos de longo prazo, com exceção de Peru e Chile. Tal característica surgiu em decorrência do fato de que a crise atingiu todos de forma análoga, o que contribuiu para a sincronização dos ciclos (Ver Figura4).

Figura 4: Coerência e Diferença de Fase



Fonte: Elaborado pelo Autor.

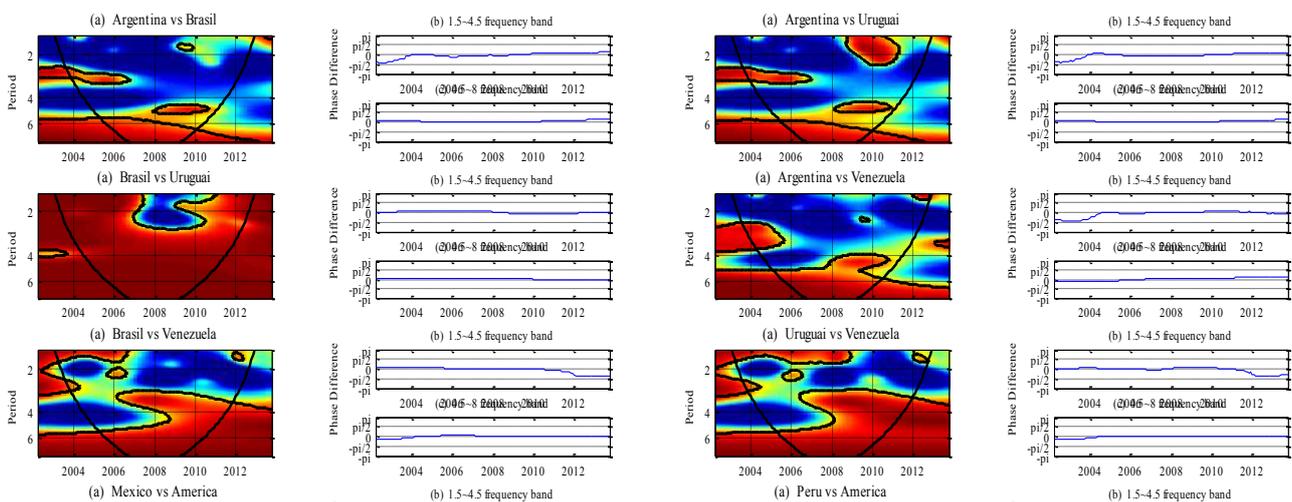
Globalmente, observa-se o alto nível de sincronização do Brasil, Colômbia e Uruguai com o índice da AML-10 durante todo o período amostral, com a predominância de ciclos de 3 a 6 anos para o período posterior a crise. Observa-se também que Argentina e Equador são os países que apresentam comportamento mais assimétrico com relação ao índice comum da AML-10, com o primeiro possuindo um ciclo de médio prazo durante os primeiros anos amostrais – até 2006 – e a predominância de um curto ciclo de longo prazo durante o período posterior a crise econômica e um ciclo de curtíssimo prazo em 2010. Já o Equador apresenta também diferença de fase durante todo o período amostral para ciclos de frequência de 1,5 até 4,5 anos, apresentando um comportamento defasado até o advento da crise e certo grau de precedência temporal para o período posterior.

Analisando a trajetória do México observa-se a predominância de alta variabilidade até o ano de 2006, com um ciclo de curtíssimo prazo (até dois anos) e outro de médio prazo. Porém de 2006 em diante o país apresenta alta sincronização com a AML-10 somente em ciclos de longo prazo. Subjacente à diferença de fase, o país demonstrou-se defasado para o período pós-crise mundial.

Olhando para o núcleo do continente latino americano, conclui-se então que Brasil, Colômbia e Uruguai são as nações com maior nível de coerência. Com relação às fases, conclui-se que seja em frequência de ciclos de curto prazo ou de longo prazo, os países apresentam-se sincronizados com o núcleo da AML-10.

Adicionalmente, a figura abaixo denota os níveis de coerência e fase do *spectrum* entre os países membros do Mercosul, de modo a notar se a zona de livre comércio do Mercado Comum do Sul implica na homogeneidade dos ciclos de negócios de Argentina, Brasil, Uruguai e Venezuela. Como já fora visto segundo as dissimilaridades e o *wavelet power spectrum* é provável que a hipótese de sincronização entre os ciclos seja somente sustentado para a relação entre Brasil e Uruguai.

Figura 5: Coerência e diferença de fase entre os países do Mercosul



Fonte: Elaborado pelo Autor.

De acordo com a figura 5, confirma-se o alto nível de sincronização entre os ciclos de negócios do Brasil e Uruguai. O mais notável é que, exceto para o período de ápice de crise mundial, verifica-se alto nível de coerência mesmo em ciclos de curtíssimo prazo, a figura da diferença de fase corrobora com a hipótese de sincronização. Portanto, pode-se inferir que o alto nível de sincronização do Uruguai com o núcleo da América Latina decorre do fato do mesmo ser similar ao ciclo brasileiro.

Referente aos outros países nota-se que Brasil e Argentina possuíam forte coerência de curto prazo (2 a 3 anos) até meados de 2007. Após esse período somente restou a coerência em ciclos de longo prazo (acima de 6 anos), e um breve momento de coerência de curtíssimo prazo na época da crise mundial, após 2011. No entanto, nenhum nível considerável de coerência foi encontrado, denotando independência entre o ciclo de negócios brasileiro e o argentino.

Referente à Venezuela observa-se que esta possui forte nível de coerência de longo prazo com todos os países e um nível elevado de coerência de médio prazo com Brasil e Uruguai. Olhando para a análise de diferença de fases, tem-se que a partir de 2010 os ciclos de até 4,5 anos da Venezuela passaram a possuir defasagem temporal com relação aos ciclos do Brasil e Uruguai.

#### 4. Conclusão

Neste artigo, utilizou-se a ferramenta Wavelet para estudar as similaridades e a sincronização dos ciclos de negócios, entre os países da América Latina, no domínio da frequência e do tempo conjuntamente através do uso de dados da produção industrial entre os anos de 2002 e 2013.

A hipótese de sincronização entre os ciclos de negócios da AML-10 foi rechaçada, somente Brasil, Colômbia e Uruguai possuíram fortes níveis de coerência e sincronização de fase com AML-10. A análise das dissimilaridades, por sua vez, reforçou a existência de fortes semelhanças entre os ciclos dos países Brasil, Bolívia, Colômbia, México e Uruguai durante todo o período da amostra, ou seja, com a maioria dos países fora do bloco do Mercosul.

Outro fator preponderante foi a forte independência entre os ciclos do Brasil e Argentina, principais negociadores do bloco. Esta evidência enfraquece o Mercosul, uma vez que a falta de harmonia e similaridade entre as duas principais economias do tratado tende a acentuar as disparidades, o que pode tornar mal sucedida a existência de um bloco de comércio comum, como argumentou Backus and Kehoe (1992) and Chistodoulakis and Dimelis (1995) apud Gutierrez e Gomes (2009).

A Colômbia, por outro lado, seria uma forte candidata a ingressar no Mercosul, juntamente com o México. Estes países apresentaram bons níveis de sincronização e similaridade dos ciclos de negócios.

Dentro do Mercosul, apenas o Brasil e o Uruguai se apresentaram fortemente sincronizados. Esta evidência é corroborada pela ampliação, nos últimos anos, das relações comerciais entre os dois países. Conforme destaca o Ministério das Relações Exteriores do Brasil, entre 2004 e 2012 o comércio bilateral apresentou um crescimento de 236%, totalizando US\$ 4 bilhões e com tendência de crescimento ao longo dos demais anos.

## Referências

- AGUIAR-CONRARIA, L.; MARTINS, M. M. F.; SOARES, M. J. **Synchronization of Economic Sentiment Cycles in the Euro Area: a time-frequency analysis**. 2011. 1-27p. (CEF. UP Working Papers).
- AGUIAR-CONRARIA, L.; AZEVEDO, N.; SOARES, M. J. Using wavelets to decompose the time-frequency effects of monetary policy. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 387, n. 12, p. 2863–2878, 2008.
- AGUIAR-CONRARIA, L.; JOANA SOARES, M. Business cycle synchronization and the Euro: A wavelet analysis. **Journal of Macroeconomics**, v. 33, n. 3, p. 477–489, 2011.
- AGUIAR-CONRARIA, L.; MARTINS, M. M. F.; SOARES, M. J. The yield curve and the macro-economy across time and frequencies. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 36, n. 12, p. 1950–1970, 2012.
- ARNAUDO, A. A.; D. JACOBO, A. D. (1997). “Macroeconomic homogeneity within Mercosur: an overview”, *Estudios Económicos*, El Colegio de México, 12(1), 37-51.
- ARTIS, M.; CHOULIARAKIS, G.; HARISCHANDRA, P. K. G. Business Cycle Synchronization Since 1880\*. **Manchester School**, v. 79, n. 2, p. 173–207, 2011.
- BEVERIDGE, S.; NELSON, C. R. A new approach to decomposition of economic time series into permanent and transitory components with particular attention to measurement of the “business cycle”. **Journal of Monetary Economics**, v. 7, n. 2, p. 151–174, 1981.
- BHANDARI, A.; KAMAIAH, B. A WAVELET BASED APPROACH FOR MULTI-SCALE ANALYSIS AND PREDICTABILITY Introduction: - Literature review: - Methodology: -. **International Journal of Advanced Research**, v. 4, n. 2, p. 1299–1308, 2016.
- CERRO, A. M.; PINEDA, J. Latin American Growth Cycles. Empirical Evidence 1960-2000. **Growth (Lakeland)**, v. c, 2002.
- ENGLE, R. F.; ISSLER, J. V. Common Trends and Common Cycles in Latin America. **Revista Brasileira de Economia**. v. 47, p. 149 -176, 1993.
- GUTIERREZ, C. E. C; GOMES, F. A. R. Evidence on Common Feature and Business Cycle Synchronization in. n. May 2009, p. 37–58.
- HARVEY, A.; JAEGER, A. Detrending, Stylized Facts and the Business Cycle, **Journal of Applied Econometrics**, 8, issue 3, p. 231-47, 1993.
- HECQ, A. **Common Cycles and Common Trends in Latin America**. Working Paper, 2005.
- JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 12, n. 2-3, p. 231–254, 1988.
- JOHANSEN, S. **Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models**. Oxford University Press, Oxford, 1996.

- LEE, J. Measuring business cycle comovements in Europe: Evidence from a dynamic factor model with time-varying parameters. **Economics Letters**, v. 115, n. 3, p. 438–440, 2012.
- MASSET, P. Analysis of Financial Time-series using Fourier and Wavelet Methods. ... )-Faculty of Economics and Social Science, n. October, p. 1–36, 2008.
- MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M.C. Modelos para previsão de séries temporais. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada, Vols. 1 e 2, 1981, 623p.
- PAPAGEORGIOU, T.; MICHAELIDES, P. G.; MILIOS, J. G. Business cycles synchronization and clustering in Europe (1960-2009). **Journal of Economics and Business**, v. 62, n. 5, p. 419–470, 2010.
- PAPERS, D. An intuitive guide to wavelets for economists. **Policy**, n. February, p. 1–68, 2005.
- POMĚNKOVÁ, J.; FIDRMUC, J.; KORHONEN, I. **China and the World economy : Wavelet spectrum analysis of business cycles Institute for Economies in Transition**. 2014. 22p.
- RUA, A. Money Growth and Inflation in the Euro Area: A Time-Frequency View. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, v. 74, n. 6, p. 875–885, 2012.
- RUA, A. **Wavelets Em Economia \***. Working Paper, 2002. 77-86p.
- VAHID, F.; ENGLE, F. Common Trends and Common Cycles. **Journal of Applied Econometrics**, v. 8, n. 4, p. 341–360, 1993.