

Análise espectral dos sistemas físicos associados à precipitação em Alagoas

Sandro Correia de Holanda ¹
Natália Fedorova ²
Jerusa Goes Aragão Santana ¹
Heliofábio Barros Gomes ²
Rosiberto Salustiano da Silva Junior ²

¹ Centro de Ciências Agrárias – CECA/UFAL
Br 104, sn, Km 85 - Zona Rural, Rio Largo-AL, Brasil, CEP: 57100-000
{sandrocholanda@gmail.com, jerusaaragao@hotmail.com}

² Instituto de Ciências Atmosféricas – ICAT/UFAL
Avenida Lourival de Melo Mota, s/n – Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL, Brasil, CEP
57072-970
{nataliabras, heliofab, rosibertojr}@gmail.com

Abstract. The Rainfall is a non-stationary climatological variable, so that, the studies on the spatio-temporal variability is of great importance to economic and social development, and therefore, it is of great interest of organized society and governments. In this context, time series analysis is of importance fundamental, such that the performance of nonlinear physical systems in nature are recorded by time series. Thus, this study was analyzed two precipitation time series for the cities of Maceió and Palmeira dos Índios located in the coastal region and in the waste region, respectively, of the state of Alagoas. In turn, the aim objective of this study was observe the frequency ranges with higher spectral energy at the 10% significance level. In order to achieve the objectives, was used the wavelet transformed that is a suitable tool for analyzing non-stationary variables, and whose statistical moments are fractals. The aim results of this research showed that the rainfall maximum for the two cities are in phase and occur in typical months of the rainy season, which occurs in May and/or June. It was also observed that the rainy season in both these cities, is associated with fluctuations in variable rainfall in the annual and intraseasonal scales which seem to be produced by the same physical systems, which are the Perturbations in the trade winds fields, acronym in portuguese, POAs and Madden-Julian Oscillations, acronym in portuguese, OMJ.

Palavras-chave: Rainy season, Wavelet transformed, significance level, Estação chuvosa, Transformada em Ondetas, Nível de significância.

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade espaço-temporal da variável não-estacionária precipitação pluvial é de grande interesse aos diversos segmentos da sociedade. Em Alagoas estudos sobre a distribuição da precipitação é de grande interesse ao setor de produção vegetal e animal, ao setor energético, à indústria, ao turismo e ao planejamento estratégico dos governos. Noutras, palavras, a identificação e caracterização dos fenômenos físicos de escalas variadas ligados às estações chuvosa e seca é de fundamental importância ao desenvolvimento sócio-econômico de uma região, em especial, do estado de Alagoas localizado no Nordeste do Brasil NEB. São diversos os sistemas físicos que estão ligados à estação chuvosa no estado. Por sua vez, a periodicidade e a superposição destes sistemas físicos dinâmicos e termodinâmicos de escalas temporais variadas (diária, intrassazonal, anual, interanual, etc) parecem modular a variável precipitação nas duas cidades analisadas neste trabalho: Maceió e Palmeira dos Índios. Neste sentido, é de grande importância analisar as séries temporais ST's de precipitação pluvial a fim de identificar padrões de escala. Segundo Moura e Vitorino (2012), na região tropical, a variação tempo-espaço das variáveis meteorológicas, em especial a precipitação, está relacionada à atuação de fenômenos meteorológicos de diferentes escalas de tempo, que modulados por mecanismos oceano-atmosfera de escala interanual, sazonal e intrassazonal determinam a quantidade pluviométrica de determinadas regiões equatoriais.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado como ferramenta a Transformada em Ondeletas, aplicadas a duas séries temporais para as cidades de Maceió-AL e Palmeira dos Índios-AL, a fim de identificar as oscilações dos sistemas físicos de maiores energias associadas à precipitação. De modo que os espectros globais de energias, também conhecidos como *Global Wavelets Spectrum* GWS, filtraram as escalas de frequências de maiores energias totais acumuladas durante todo o período de análise das ST's de precipitação. Por outro lado, os escalogramas mostraram a variabilidade do espectro de energia localizada no tempo, ao nível de significância de 10% que é representado pelo cone de influência. Vale ressaltar que a TO foi inicialmente utilizada para a análise de sinais sísmicos na geofísica (Morlet, 1983).

Fazendo-se uma compilação dos resultados mais relevantes deste trabalho pôde-se evidenciar que os máximos de precipitação ocorreram nos meses de maio e/ou junho, ou seja, durante a estação chuvosa, de modo que, nenhuma anomalia foi observada. Foi observado ainda, que as oscilações do ciclo intrassazonal e anual apresentaram as maiores energias espectrais ao nível de significância de 10%, e cujos ciclos parecem estar em fase nas duas cidades analisadas. As Perturbações Ondulatórias no Campo dos Ventos Alísios POAs e as Oscilações Madden-Julian OMJ parecem ser os sistemas físicos mais relevantes à precipitação na duas cidades analisadas. Vale ressaltar que as POAs são perturbações produzidas mediante a interação dos sistemas frontais com os ventos alísios e/ou as brisas marítimas podendo causar eventos de precipitação no leste do nordeste do Brasil ENE, durante a estação chuvosa (Bernardo e Molion, 2000). Por sua vez, as Oscilações Madden-Julian OMJ é um fenômeno de escala global, definido como uma onda que se propaga para leste ao longo da faixa equatorial com periodicidade entre 30 e 60 dias (Weickmann e Khalsa, 1990; Kousky e Molion, 2000; Cohen et al., 1989; Yamazaki e Rao, 1977). Noutras palavras, as OMJ é o modo que domina a variabilidade nas regiões tropicais em escalas de tempo intrasazonal. Esta oscilação foi divulgada após estudos feitos na ilha Canton (3°S e 172°W) (Madden & Julian, 1971; Madden & Julian, 1972), que indicavam um comportamento peculiar da convecção com uma oscilação de 30 a 60 dias. Segundo Kayano (1994) e Weickmann et. al. (1985), dentre os fenômenos atmosféricos que afetam a variabilidade intrasazonal das chuvas sobre o Nordeste estão os sistemas transientes como oscilações de 30-60 dias. Em particular, a atuação das OMJ em suas diferentes fases podem intensificar ou não as atividades convectivas em

regiões tropicais (Madden e Julian, 1994; Ramirez e Cavalcanti, 2006; Souza e Ambrizzi, 2006; Moura e Vitorino, 2012).

Em geral, o principal objetivo deste trabalho consistiu em analisar as escalas de frequências dos sistemas físicos que modulam a precipitação nas duas cidades analisadas.

2. DADOS E METODOLOGIA

2.1 DADOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizadas duas séries temporais ST's de dados de precipitação média horária para as cidades de Maceió e Palmeira dos Índios localizadas nas regiões litorânea e agreste do estado de Alagoas no Nordeste do Brasil, respectivamente. Os dados das ST's foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, cuja a localização e período são expostos na Tabela 1.

Tabela 1: Informações sobre a localização e o período de análise dos dados de precipitação em Alagoas.

Cidade	Latitude	Longitude	Período da ST
Maceió	-9,55111	-35,77	Set/2008 – Out/2010
Palmeira dos Índios	-9,4206	-36,6203	Jan/2008 – Out/2010

2.2 METODOLOGIA

Em geral, o estudo de sinais não-estacionários exige a utilização de técnicas matemáticas robustas de análise para poder observar, caracterizar e compreender os fenômenos atmosféricos que estão atuando. Nesta perspectiva, a Transformada em Ondeletas TO foi aplicada às ST's de dados de precipitação a fim de observar a periodicidade e o espectro de potência (energia) destes eventos.

Para o desenvolvimento desta pesquisa utilizou-se como ondeleta mãe a função Morlet, a qual constitui uma onda plana de frequência modulada por um envelope gaussiano de largura unitária. Segundo Vitorino (2003), esta função é complexa e possui características semelhantes àquelas do sinal meteorológico ao qual desejamos analisar, tais como simetria ou assimetria, e variação temporal brusca ou suave. Portanto essas características nos levam à usá-la neste trabalho. Por sua vez, a TO é uma operação de convolução definida na forma:

$$Wf(t-b, a) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\psi(t-b, a)dt \quad (1)$$

de modo que $f(t)$ representa a série temporal dos dados originais e $\psi(t-b, a)$ é a função ondeleta morlet já normalizada imbuída dos coeficientes de escala (**a**) e posição (**b**) sendo definida pela expressão:

$$\Psi(t-b, a) = \frac{1}{\sqrt{a}} \pi^{-1/4} e^{i w_0 \left(\frac{t-b}{a}\right)} e^{-\left(\frac{t-b}{a}\right)^2 / 2} \quad (2)$$

onde o *vetor de onda* adotado $w_0=6$ traz a implicação de que a periodicidade é equivalente a escala. Segundo, Alcântara (2007) é importante ressaltar que a normalização é feita para que

as escalas possam ser comparáveis umas com as outras e para que a transformada em ondeletas tenha energia unitária.

Por sua vez, a energia de ondeleta é calculada pela seguinte expressão:

$$E = [\Psi_{a,b}]^2 \quad (3)$$

É salutar observar que neste trabalho foi usado apenas a parte real dos coeficientes de ondeletas. Embora, na busca dos objetivos deste trabalho, caso fosse usado também a parte imaginária dos coeficientes os resultados seriam equivalentes.

O cálculo do *espectro global de energia GWS* nas diversas escalas e efetuado ao somar toda a energia (variância) associada a cada escala (período) que é definido pela seguinte expressão:

$$GSW(t-b, a) = \int [W_{t-b,a}]^2 dt \quad (4)$$

É importante salientar que o *Espectro Global de Energia GWS* é ponderado pela confiança estatística de 90%, onde a *Hipótese nula H₀* para a significância estatística está associada ao pico de energia que por sua vez é entendido como sendo um sinal de ruído vermelho.

A Figura 1 mostra sinteticamente os processos e métodos empregados para utilização da TO aplicadas às ST's de dados de precipitação. Neste trabalho a TO é executada em ambiente Matlab com uso de uma rotina devidamente ajustadas aos dados de entrada (input).

A Figura 1 mostra detalhadamente que as ST's de dados de precipitação, individualmente, são os dados de entrada (input) da Rotina TO em ambiente Matlab. De modo que o algoritmo contempla a ondeleta mãe Morlet, a normalização das escalas, os coeficientes de ondeletas, o cone de influência com a delimitação da região de confiança estatística, etc. Com o uso da rotina TO e dos dados de input é possível gerar como resultado (output) o Espectro Global de Energia GWS e o Escalogramas das partes reais dos coeficientes de ondeletas. Em suma, deseja-se observar e caracterizar os picos de energia espectral global e localizado no tempo ponderados pela confiança estatística de 90%.

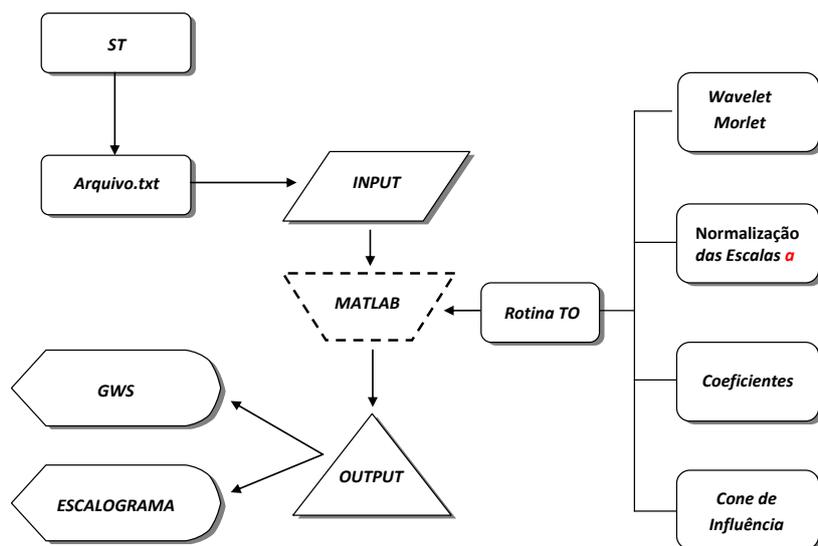


Figura 1: Diagrama sintetizando os métodos e processos da Transformada em Ondeletas.

Para Torrence e Compo (1998), antes de determinar o nível de significância do espectro de ondeletas, é preciso, à priori, escolher o espectro de fundo apropriado. Especificamente neste trabalho, o espectro de fundo (espectro teórico) utilizado é o ruído vermelho, que representa a hipótese nula na distribuição qui-quadrada e cuja energia cresce com o decrescimento da frequência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluvial é uma variável de momentos estatísticos fractais. Noutras palavras, a precipitação é um evento que está associado à sistemas físicos dinâmicos e termodinâmicos não-estacionários, e cujo o entendimento de suas oscilações no espaço-tempo é de grande importância aos mais diversos segmentos da sociedade. Nesta perspectiva, neste trabalho a fim de analisar as ST's de precipitações para as cidades de Maceió e Palmeira dos Índios fez-se uso da transformada em ondeletas que é um método adequado para a análise do sinal não-estacionário. Contudo, antes de analisarmos os resultados da transformada em ondeletas aplicadas as duas ST's de precipitação, é importante analisar e identificar as estações chuvosa e seca das duas cidades analisadas. Neste sentido, vamos observar as Figuras 2 e 3.

A Figura 2 apresenta a distribuição temporal da precipitação relativa total observada para um período de 32 meses e 24 meses, respectivamente, para a cidades de Palmeira dos Índios e Maceió. Neste sentido, é observado para as duas cidades que os máximos de precipitação relativa estão em fase ocorrendo, predominantemente, nos meses de maio e julho para toda a ST. Vale ressaltar que a ocorrência de máximos de precipitação em fase para as duas cidades localizadas no litoral (Maceió) e no agreste (Palmeira dos Índios) de Alagoas nos leva a crer que os mais relevantes sistemas físicos associados à precipitação atuantes nas duas cidades separadas por uma distância de aproximadamente 100km devem ser potencialmente os mesmos. Segundo Mollion e Bernardo (2000), os sistemas físicos ligados à precipitação na região nordeste no Brasil podem ser classificados em sistemas de escalas: micro, meso e grande. Na microescala observam-se as circulações orográficas e pequenas células convectivas. Na mesoescala aparecem as Perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios, complexos convectivos e brisas marítima e terrestre, e por fim, na grande escala temos os sistemas frontais e a zona de convergência intertropical (ZCIT).

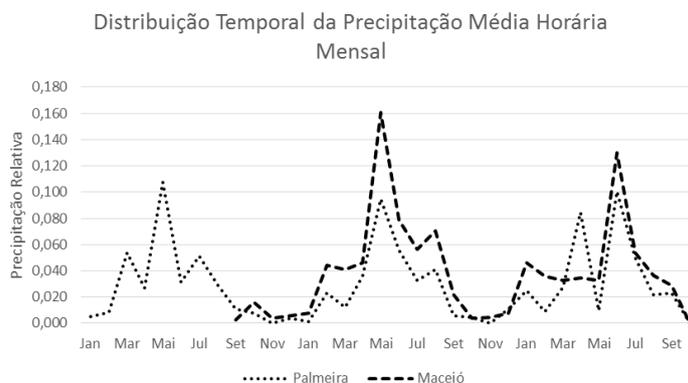
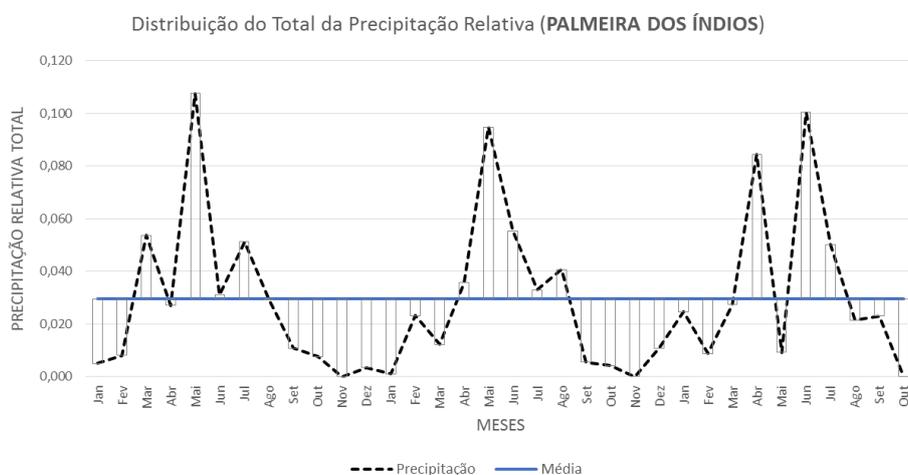


Figura 2: Distribuição temporal das ST's de precipitação para as cidades de Maceió e Palmeira dos Índios-AL.

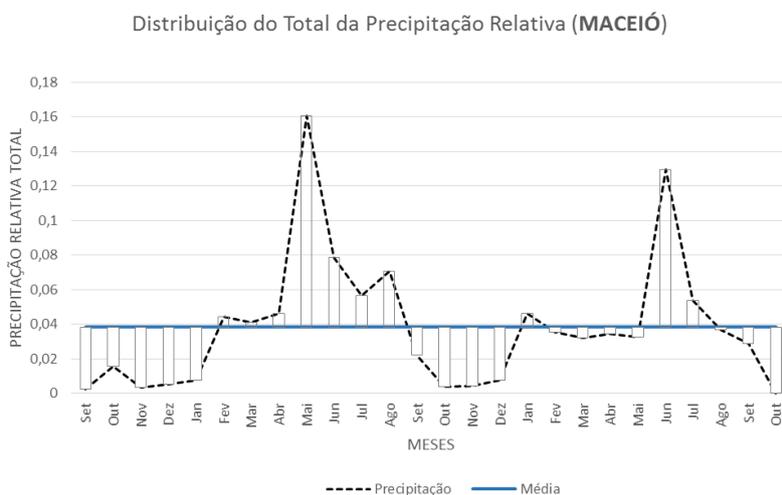
Por sua vez, a Figura 3a e a Figura 3b, apresentam as distribuições das precipitações médias horárias mensais em torno das médias para todos os períodos das duas ST's. Onde as

precipitação média relativa mensal considerando toda a ST correspondeu a 0,0294, ou ainda, 2,94% do total precipitado mensalmente para a cidade de Palmeira dos Índios (Figura 3a). Já para a cidade de Maceió a precipitação média relativa foi de 0,0384, ou ainda, 3,84% do total precipitado (Figura 3b).

Em particular a Figura 3a, mostra que os máximos de precipitação acima da média que é de (0,0294 ou 2,94%), considerando o total observado, ocorre nos períodos de entre maio-agosto (2008 e 2009) e abril-agosto (2010). Já na Figura 3b, são observados máximos de precipitação acima da média de (0,0384 ou 3,84%) nos períodos entre maio-setembro (2009) e junho-agosto (2010). De acordo com Kousky (1980), o máximo de precipitação no leste do Nordeste do Brasil, ocorre entre os meses de maio a julho. Mais recentemente, Carvalho e Souza (2011), observaram que a estação chuvosa tem início no mês de março na cidade de Rio Largo-AL, que localiza-se na região metropolitana de Maceió-AL.



(a)



(b)

Figura 3: Distribuição temporal da precipitação média horária mensal para as cidades de Maceió-AL e Palmeira dos Índios-AL.

Em suma, a análise das Figuras 2 e 3 mostraram que os máximos de precipitação ocorreram nos meses de maio ou junho para as duas cidades analisadas, e estão em fase. Tudo isso nos leva a acreditar que os sistemas físicos que atuam nas duas cidades associados à

máxima precipitação devem ser, potencialmente, os mesmos. Vale ressaltar que a os índices pluviométricos em Maceió-AL (Litoral) foi 73% maior comparado à Palmeira dos Índios-AL (Agreste) analisando as duas ST's desde setembro/2008 até outubro/2010, fato que já era esperado.

Após a análise das Figuras citadas acima, podemos dar início à discussão sobre os resultados apresentados nas Figuras 4 e 5 com base na transformada em ondeletas, que é uma ferramenta útil para análise de fenômenos físicos não-estacionários de diferentes resoluções (tempo x frequência). A Figura 4 apresenta o espectro global de energia ao nível de significância estatística de 10% para as duas cidades analisadas. Já a Figura 5 mostra, por meio dos escalogramas, o espectro de energia localizado no tempo, e cujo efeito de borda da ST é balizado pelo cone de influência.

Fazendo uma análise qualitativa com base na Figura 4a e na Figura 4b, fica evidente que os resultados são semelhantes. Ou seja, nestas duas Figuras existem dois picos de energias espectrais para as duas ST's de precipitação associados a fenômenos físicos de escalas anual e intrasazonal.

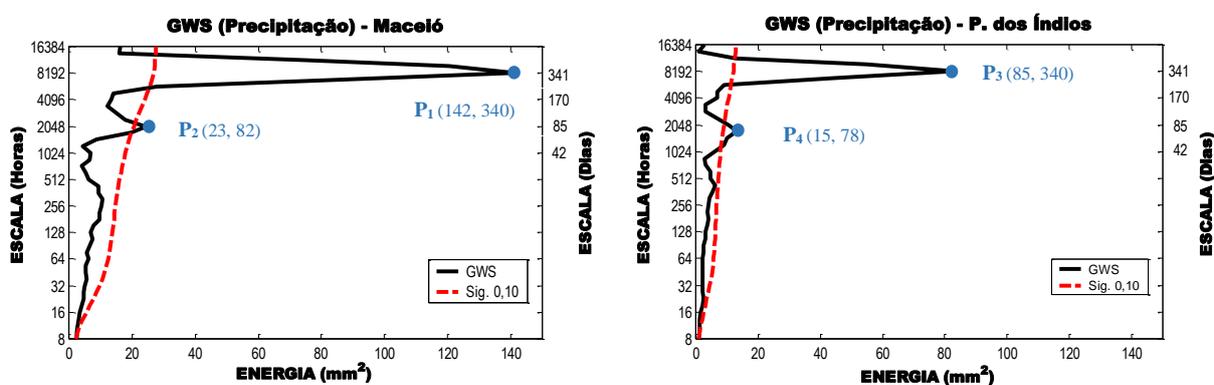


Figura 4: Espectro Global de Energia - GWS (linha preta) ao nível de significância de 10% (linha vermelha) dos dados de precipitação para as cidades de (a) Maceió-AL e (b) Palmeira dos Índios-AL.

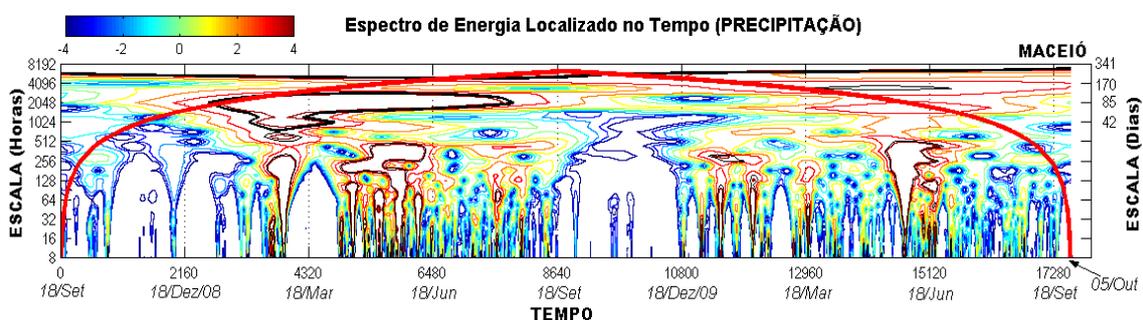
A Tabela 2 sumariza melhor os resultados apresentados nas Figuras 4a e 4b. Nesta, ficam evidentes que os picos de energias observados ao nível de significância de 10% são comuns às duas cidades (Maceió-AL e Palmeira dos Índios-AL). Ou seja, em cada uma destas duas cidades foram observados apenas dois picos de energias ($P_1 \sim P_3$ e $P_2 \sim P_4$), associados aos Ciclos Anual e Intrassazonal, respectivamente.

Tabela 2: Picos Máximos de Energias, ao nível de significância estatística de 10%, associados à sistemas físicos com base nas Análises de dados horários mensais anuais de precipitação considerando toda a ST. Os valores dentro dos parênteses representam a energia e a escala de ocorrência dos eventos.

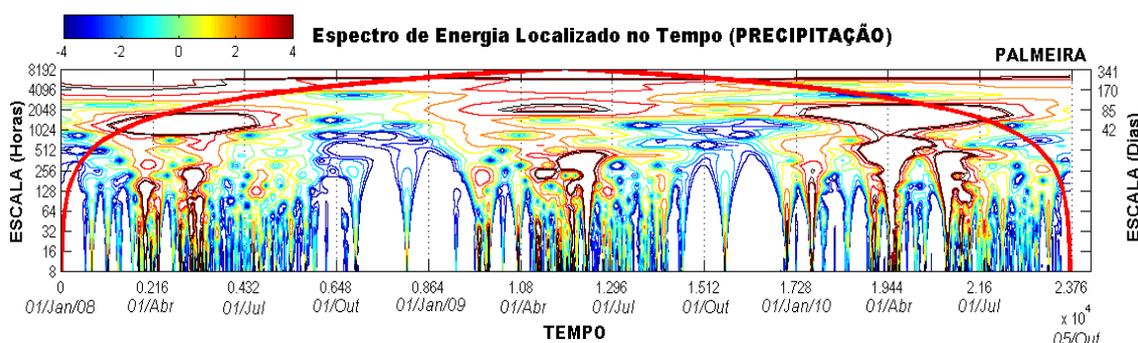
PICO DE ENERGIA (Sig. 10%)	MACEIÓ (Energia, Escala)	P. DOS ÍNDIOS (Energia, Escala)	ESCALA
P_1 e P_3	(142mm ² , 340dias)	(85 mm ² , 340 dias)	Ciclo Anual
P_2 e P_4	(23 mm ² , 82 dias)	(15 mm ² , 78 dias)	Ciclo Intrassazonal

Sendo que, para estes dois ciclos observados, a cidade de Maceió-AL apresentou uma maior energia espectral global relativamente a cidade de Palmeira dos Índios-AL. Esse fato, é um elemento adicional que corrobora com o que já foi discutido mais acima, onde sugere-se que os sistemas físicos que atuam nas duas cidades são, em geral, os mesmos, porém sendo mais intensos em Maceió-AL. Noutras palavras, embora os sistemas físicos moduladores da precipitação parecem ser os mesmos, no entanto estes perdem energia ao penetrar no continente. Esse fato leva a crer que os sistemas físicos que se deslocam do oceano para o continente são de grande importância aos eventos de precipitação na região, os quais podem-se destacar: as brisas marítima e os ventos alísios. Em particular, as oscilações observadas na escala intrassazonal são típicas das Oscilações Madden-Julian (Oscilações de 30-60dias), que é um fenômeno de escala global descoberto no início da década de 1970. De acordo com Weickmann e Khalsa (1990); Kousky e Kayano (1994) as OMJ trata-se de um fenômeno de escala global, definido como uma onda número 1 (um cavado e uma crista em volta do globo) que se propaga para leste ao longo da faixa equatorial com periodicidade entre 30 e 60 dias.

É sabido que são diversos os sistemas físicos de escalas variadas que modulam a precipitação no Nordeste do Brasil. De acordo com Kousky (1979), a ocorrência de uma maior atividade de circulação de brisa marítima, que é responsável pela advecção de nebulosidade para o continente, somada à ação das frentes frias remanescentes que se propagam ao longo da costa são os principais sistemas causadores de chuvas no leste do NEB, durante a estação chuvosa. Mais recentemente, Silva, B. F. P. et al. (2011) apud Bernardo e Molion (2002), concordam que as Perturbações Ondulatórias no Campo dos Ventos Alísios POAs, que são geradas pela convergência dos ventos que acompanham os Sistemas Frontais com os ventos alísios, são de grande importância à precipitação em Alagoas.



(a)



(b)

Figura 5: Escalogramas das Energias Espectrais Localizadas no Tempo de dados de precipitação para as cidades de (a) Maceió-AL e (b) Palmeira dos Índios-AL. Cone de influência com 10% de significância (linha vermelha).

Em suma, pode-se afirmar em tese que a estação chuvosa em Alagoas (Abril - Julho) é modulada pela fase mais forte da interação entre as perturbações geradas nos campos de vento e pressão, devido a aproximação das Frentes Frias, com os ventos alísio e/ou a Brisa Marítima. Agora vamos analisar o espectro de energia do espectro de ondeletas localizado no tempo, como mostram os escalogramas da Figura 5.

Vale ressaltar que as áreas mais avermelhadas/azuladas tem maior/menor energia espectral ao nível de significância de 10%, como indica a barra horizontal de cores localizada na parte superior esquerda dos escalogramas. Os escalogramas das Figuras 5a e Figura 5b deixam evidentes o ciclo anual da estação chuvosa, no qual a o espectro de energia significativa localizado no tempo vai desde a escala horária até a escala anual. Contudo, isso não pôde ser observado no espectro global de energia espectral GWS (Figura 4). Vale ressaltar que o domínio tempo x frequência(escala) nos escalogramas é mediado pelo Princípio da Incerteza de Heisemberg, segundo o qual não se pode ganhar simultaneamente em resolução no domínio do tempo e da frequência(escala). Neste sentido, as ondeletas buscam o equilíbrio balanceando as incertezas entre o domínio do tempo e o domínio da frequência.

Embora imbuídos com o Princípio da Incerteza de Heisemberg, os Escalogramas das Figuras 5a e 5b deixam evidentes os ciclos alternados entre a Estação Chuvosa com maiores energias espectrais (área mais avermelhada) e a Estação Secas com as menores energias espectrais (área mais azulada). A Figura 5a apresenta duas Estações Chuvosas considerando a toda a ST, sendo que a primeira ocorreu entre, aproximadamente, (fevereiro e julho/2009) e a segunda ocorreu entre, (janeiro e junho/2010). Já a Figura 5b, apresenta três Estações Chuvosas em toda a ST, onde a primeira ocorreu entre, aproximadamente, (fevereiro e julho/2008), a segunda entre (março e junho/2009) e a terceira entre (Jan e Jul/2010). Em suma, a análise dos escalogramas evidenciam o ciclo anual da estação chuvosa típica para o Leste do Nordeste do Brasil LNEB (Kousky, 1980; Carvalho e Souza, 2011).

Em resumo, os resultados até agora apresentados sugerem que a estação chuvosa e/ou a precipitação mais intensa, nas duas cidades analisadas, está associada à oscilações na variável precipitação nas escalas anual e intrassazonal e parecem ser produzidas pelos mesmos sistemas físicos, os quais são: POAs e as OMJ.

4. CONCLUSÕES

Estudos de variáveis não-estacionárias, a exemplo da precipitação pluvial, necessitam de ferramentas adequadas que levem em consideração o caráter fractal dos momentos estatísticos das séries temporais ST's. Isso motivou o uso, neste trabalho, da transformada em ondeletas que é mais apropriada para analisar sistemas físicos na naturais de interação oceano-atmosfera. Nesta perspectiva, os resultados reunidos neste trabalho, a partir das ST's de precipitação para as cidades de Maceió-AL e Palmeira dos Índios-AL convergem para as seguintes conclusões:

- Os sistemas físicos que intensificam a precipitação pluvial em Maceió-AL e em Palmeira dos Índios-AL parecem ser os mesmos e estar em fase, mas em Maceió o volume total precipitado é relativamente maior;
- Os espectros globais de energias GWS para a variável precipitação apresentaram dois picos de energias nas escalas anual e intrassazonal, tanto para Maceió-AL quanto para Palmeira dos Índios-AL;
- Os escalogramas mostram a alternância temporal das estações seca e chuvosa;

- A estação chuvosa, nas duas cidades analisadas, está associada à oscilações na variável precipitação nas escalas anual e intrassazonal e parecem ser produzidas pelos mesmos sistemas físicos, os quais são: POAs e as OMJ;
- Os eventos extremos de precipitação no NEB, podem ser o resultado da superposição de sistemas físicos de escalas espaço-temporal variadas.

AGRADECIMENTOS

Ao INMET pelo fornecimento dos dados e aos organizadores do Geoalagoas IV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cohen, J. C. P., Silva Dias, M.A F., Nobre, C.A.. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidades da Amazônia. *Climanálise*, 4(11), p. 34-39, 1989.
- Carvalho, A. Luiz e Souza, J. Leonaldo. Determinação do início da estação chuvosa e de cultivo na região de Rio Largo, Alagoas. In: Anais XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Guarapari – ES, 2011.
- Kousky, V.E., Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. *Mon. Weather Rev*, 108, 488-498, 1980.
- Kousky, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Mon. Wea. Ver.*, 107(9), p.1140-1153, 1979.
- Kousky, V. E. & M. T. Kayano. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. *J. Climate*, 7, 1131-1143, 1994.
- Morlet, J.. *Sampling theory and wave propagation*. Springer, 1983.
- Moura, M. do N. E Vitorino, M. I.. Variabilidade da Precipitação em Tempo e Espaço Associada à Zona De Convergência Intertropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.27, n.4, 475 - 483, 2012.
- Molion, L. C. B. ; Bernardo, S. O.. Dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro (RJ). Anais XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000.
- RAMIREZ GUTIERREZ, E. M. A. ; Cavalcanti I. F. A. . Preliminary results of comparisons between CPTEC/COLA GCM and observations in terms of convectively coupled equatorial waves. In: Workshop on the organization and Maintenance of Tropical Convection and the Madden Julian Oscillation, 2006, Trieste. *ictp* 1672, 2006.
- Silva, B. F. P.; Fedorova, N., Levit, V.; Peresetsky, A. e Brito, B. M.. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, n.3, 323 - 338, 2011.
- Weickmann, K. M., e J. S. Khalsa, The Shift of Convection from the Indian Ocean to the Western Pacific Ocean during a 30-60 Oscillation. *Mon. Wea. Rev*, 118, p.964, 1990.
- Yamazaki, Y.; Rao, V.B. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Tokyo, v.55, p.205-207, 1977.