

ESTUDO DAS OSCILAÇÕES INTRASAZONAIS NA REGIÃO TROPICAL UTILIZANDO-SE A ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO DA TRMM

MARIA ISABEL VITORINO
isabel@cptec.inpe.br

ADELMO ANTONIO CORREIA
adelmo@ltid.inpe.br
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Av. dos Astronautas 1758, 12227-010 São José dos Campos – SP

Abstract

Meteorologists study to show that the intraseasonal oscillations of 30-60 days are atmospheric fluctuations to influence in tropical region. This study is oscillation were evaluated by from precipitation estimative obtained of TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) for the period of 1998 to 2001. The results to show that the intraseasonal oscillation of 30-60 days to insert in precipitation of variability spatial and temporal are more frequent during the fall and summer. Observe that the of El Niño year these oscillation were less intense, compared with La Niña the year.

1 - INTRODUÇÃO

A área de estudo localiza-se na região tropical, entre as latitudes de 15°S e 18°N, e as longitudes de 0° e 86°W. Nela encontra-se a parte norte da América do Sul (AS), da América Central, do oceano Atlântico e do oeste do continente Africano. Nesta área, a precipitação apresenta uma variabilidade espacial e temporal bastante significativa, como por exemplo, a região Nordeste do Brasil, que apresenta valores relativamente baixos de precipitação, quando comparada com outras áreas na mesma faixa latitudinal. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) na sua posição mais latitudinal no Atlântico Equatorial é o sistema atmosférico responsável pela precipitação da estação chuvosa, principalmente na porção mais setentrional da região (Hastenrath, 1984). Esta variabilidade espacial e temporal da precipitação pode ser modulada por processos atmosféricos de grande escala de baixa frequência (Lau e Chan, 1983; Weickmann et al., 1985).

Muitos estudos relatam a influência da variabilidade intrasazonal de 30-60 dias na região tropical (Lau e Chan, 1983; Kousky e Kayano, 1994). Estas oscilações denominadas de Madden e Julian (OMJ) se tornaram conhecidas a partir da descoberta do período de 40-50 dias, observados no espectro da componente zonal do vento na baixa troposfera, no oeste do oceano Pacífico Tropical (Madden e Julian, 1971). A amplitude dessas oscilações são mais intensas nos meses de dezembro e fevereiro, e entre junho e agosto estão associadas com a migração sazonal da convecção associada à ZCIT (Madden, 1986).

O objetivo deste trabalho é avaliar a oscilação de 30-60 dias (OMJ) inserida na variabilidade intrasazonal da precipitação na região tropical, obtida da TRMM, para o período de 1998 a 2001. Para isso, pretende-se utilizar as análises das componentes principais (ACP) (Kousky e Kayano, 1994) e a transformada wavelet (TW) (Weng e Lau, 1994).

2 - MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram o produto 3B42 da missão "Tropical Rainfall Measuring Mission" (TRMM), que foram gerados do algoritmo "3b42-TRMM-Adjusted Merged-Infrared Precipitation". Este algoritmo apresenta como saída, a estimativa diária da precipitação à superfície terrestre, com resolução de 1°x 1° de latitude

e longitude, para a faixa tropical entre 40°S e 40°N. Uma descrição detalhada dessa metodologia foi apresentada por Huffman et. al. (1995).

Os dados de precipitação obtidos da missão TRMM usados no desenvolvimento deste trabalho, compreendem a área de estudo descrita anteriormente. Consistem do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2001, excluído apenas o ciclo anual e obtido-se as anomalias diárias de precipitação. Foram aplicados aos dados de anomalia de precipitação dois métodos distintos, a ACP e a TW. Inicialmente, aplicou-se a ACP, a fim de caracterizar padrões espaciais associados à possível existência das OMJ. Em seguida, utilizou-se à TW, com o intuito de localizar no tempo as escalas dominantes naquela região. Além disso, realizou-se uma análise de dois estudos de casos, com o objetivo de analisar mais especificamente as OMJ.

2.1 - ANÁLISE EM COMPONENTES PRINCIPAIS

A ACP é uma técnica estatística multivariada utilizada para examinar a estrutura espaço-fase dos movimentos atmosféricos, que apresentam muitas dimensões, sendo necessário reduzir a dimensão dos dados. Este método reduz o número de variáveis com base na máxima explicação da variância dos dados pelas componentes principais. O comportamento espacial dos autovetores variam de componente a componente de acordo com a explicação da variância dos dados de precipitação, sendo que as primeiras componentes principais estão associadas ao campo médio, ou seja, a característica mais frequente da atmosfera. As demais componentes apresentam relação com fenômenos de escalas sub-sinótica (Vitorino, 1994).

2.2 – ANÁLISE DE WAVELET

A análise da TW é um método bastante apropriado quando se deseja detectar diferentes escalas de tempo numa determinada região (Weng e Lau, 1994; Torrence e Webster, 1999). No caso, as escalas encontradas são representativas da área média para o período de 1998 a 2001. A função wavelet Morlet foi escolhida, por possuir características similares ao sinal utilizado (Weng e Lau, 1994; Torrence e Webster, 1999), no caso, a série de anomalia de precipitação. A TW analisa um sinal $f(t) \in L^2(\mathfrak{R})$ em cada instante t sobre um intervalo de escala a . Segundo Daubechies (1992), o coeficiente da TW é definida pela expressão:

$$(W_{\psi}f)(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad a \neq 0 \in \mathfrak{R}, \quad b \in \mathfrak{R}.$$

Os parâmetros a e b são responsáveis pela dilatação e translação da função, respectivamente. A dilatação (a) atua no tamanho e na amplitude das wavelets e a translação (b) implica na localização temporal. Considerando as restrições do Princípio de Incerteza de Heisenberg, a wavelet pode ser representada pela parte real de seu coeficiente, na qual é capaz de descrever tanto a intensidade quanto a fase do sinal (Weng e Lau, 1994). Neste estudo os resultados serão mostrados a partir da fase do sinal, que indica as intensidade das flutuações por escala.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos neste estudo mostram a importância das duas metodologias aplicadas aos dados de anomalia de precipitação. Apesar dos métodos aplicados, serem originados de formulações matemáticas bastante distintas, ambas técnicas contribuem para a caracterização das oscilações intrasazonais, especificamente das OMJ.

Inicialmente, foi feita uma análise geral da precipitação obtida da ACP e da TW, para o período de 1998 a 2001. Em seguida, apresenta-se dois estudos de casos, selecionados para os dias 20/05/2000 e 23/02/2001, utilizando a sexta e décima componente principal e seus respectivos coeficientes de expansão temporal.

É interessante comentar a respeito da pouca confiabilidade das análises, em função dos poucos anos de dados de precipitação da TRMM. Entretanto, os estudos de casos analisados, podem representar o padrão espacial e temporal das OMJ. Para avaliar o padrão espacial da sexta e décima componente principal, foram feitas comparações subjetivas com os dados de precipitação observados.

3.1 – ASPECTOS GERAIS DA PRECIPITAÇÃO

A figura 1 mostra o diagrama do Hovmoller (longitude x tempo), com dados diários de precipitação para o período de janeiro a junho de 2000. Esse diagrama foi plotado para médias latitudinais entre 10°N e 5°S, para região de 80°W a 10°W. Este tipo de diagrama é útil na identificação de padrões oscilatórios. Neste caso, pretende-se exemplificar a variabilidade temporal da precipitação, obtida da TRMM, na faixa equatorial, próximo a região de atuação da ZCIT. Observa-se que os valores mais intensos de precipitação ocorrem sobre o continente, durante os meses de março a maio. Esta convecção parece estar associada à ZCIT, que nos meses de outono atua no setor norte da América do Sul.

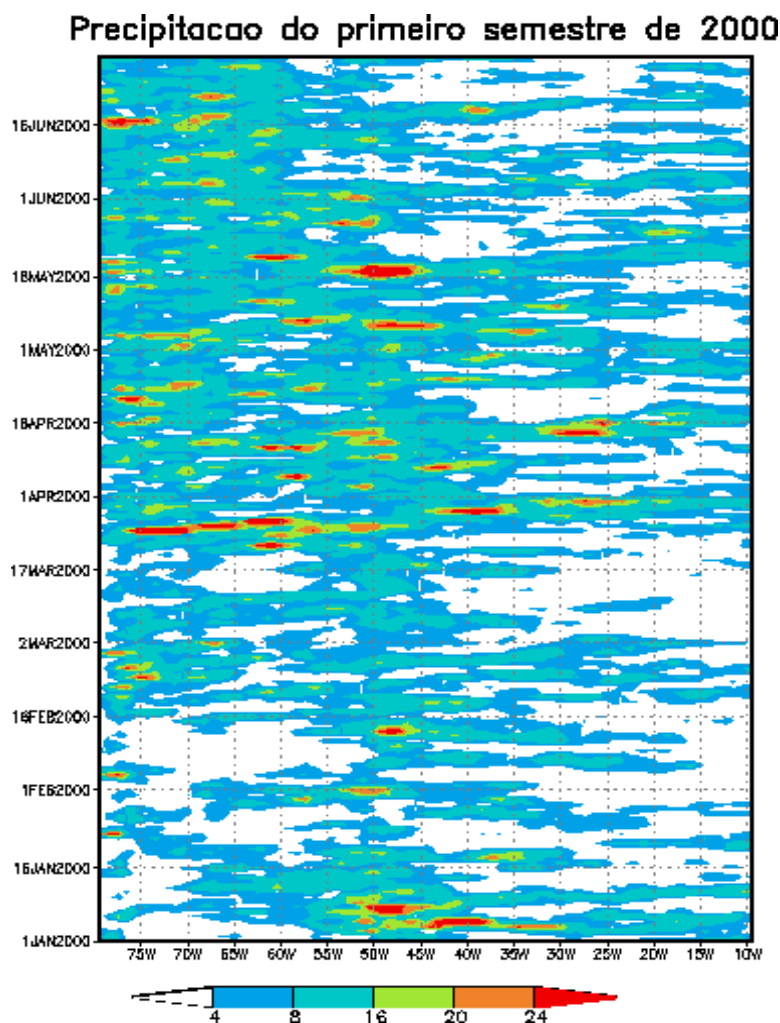


Figura 1 – Diagrama de Hovmoller da precipitação diária (mm), entre as latitudes de 10°N a 5°S, para período janeiro a junho de 2000. As regiões na cor vermelha representam os máximos valores de precipitação.

As dez primeiras componentes principais das anomalias de precipitação, explicam 43,18% da variância total dos dados observados. Os dois primeiros modos principais, mostrados na figura 2, representam 13,4% da

variância total dos dados de precipitação. Este padrão espacial de precipitação sugere uma situação de dipólo, indicando que quando chove no noroeste da AS e sul da América Central, não chove no oceano Atlântico equatorial, ou vice-versa (fig.2a). No segundo modo (fig.2b), aparece um dipólo de precipitação mais intenso entre o sul da América Central e a região noroeste do Brasil, que pode estar associado com chuva no noroeste do Brasil e ausência de chuva no sul da América Central, ou vice-versa. Este padrão de anomalia de precipitação, varia de chuva e não chuva de acordo com o sinal do coeficiente de expansão temporal, que indica um padrão de ser mais intenso, quanto maior for a amplitude do sinal.

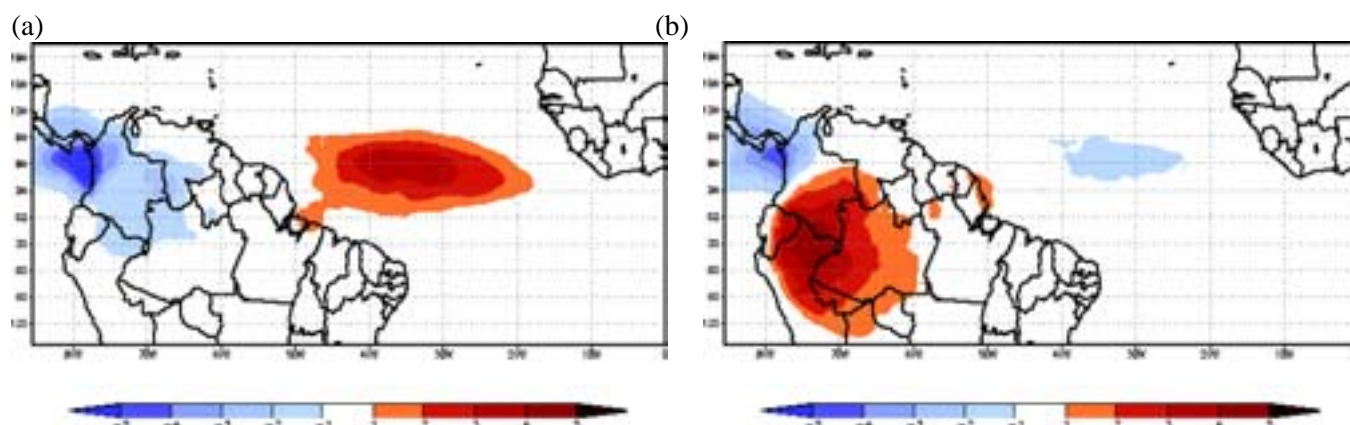


Figura 2 - Componentes principais da precipitação para o primeiro modo, com 7% da variância total (a) e para o segundo modo, com 6,4% (b).

Aplicou-se o método da TW aos dados de anomalia de precipitação para área 3°N a 12°S e 80°W a 45°W, com o objetivo de identificar a possível escala de tempo associada ao comportamento atmosférico da região. Esta área foi selecionada por apresentar os padrões atmosféricos de precipitação, obtidos pela ACP. É importante ressaltar, que a ACP apresenta os padrões espaciais de anomalia de precipitação (autovetores), a partir da máxima variância, distribuídos nos n componentes. Enquanto que a TW analisa as escalas de tempo de maneira localizada, estreitando-se quando enfoca oscilações de alta frequência e alargando-se para baixas frequências.

Assim, a figura 3 (a-d) mostra a variação da anomalia de precipitação para o período de 1998 a 2001, através da fase, obtida da parte real da wavelet. No eixo x é dado o tempo (meses) e no eixo y as escalas da wavelet, que variam de 2 a 60 dias. Em geral, observa-se um caráter não-estacionário no tempo, onde a escala de 30-60 dias aparece praticamente durante todo o período, especificamente nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e outono (março, abril e maio) sobre a região. Nesta figura só são evidenciados os resultados obtidos para as escalas de 30 a 60 dias, ou seja, para o período da OMJ. Apesar do que, percebe-se a presença das oscilações de frequências atmosféricas mais altas do que OMJ, bem como, escalas menores influenciando escalas maiores e vice-versa. É notável que cada ano apresenta uma variação tempo-escala peculiar, como por exemplo o ano de 1998. Provavelmente neste ano, o fenômeno El Niño (Climanálise, 1998) tenha influenciado a atmosfera na região, afetando as OMJ, durante os meses de janeiro e fevereiro de 1998. Neste período as escalas de tempo de 25 a 15 dias, e as escalas de frequências mais altas apresentam maior destaque. No entanto, a partir de novembro de 1998 até março de 2000, a OMJ (escala em torno de 45 dias) aparece com maior frequência, durante os meses de verão (1998/99) e outono (1999). Este comportamento da OMJ pode estar associado ao fato de que neste período o Índice de Oscilação Sul esteve positivo, ou seja, indicando características atmosféricas de ano de La Niña (Climanálise, 2000). A variabilidade temporal das escalas no ano de 2001 (fig. 3d), mostra a OMJ com escala em torno de 45 dias, praticamente durante todo o ano, com destaque com relação aos outros anos, nos meses de inverno.

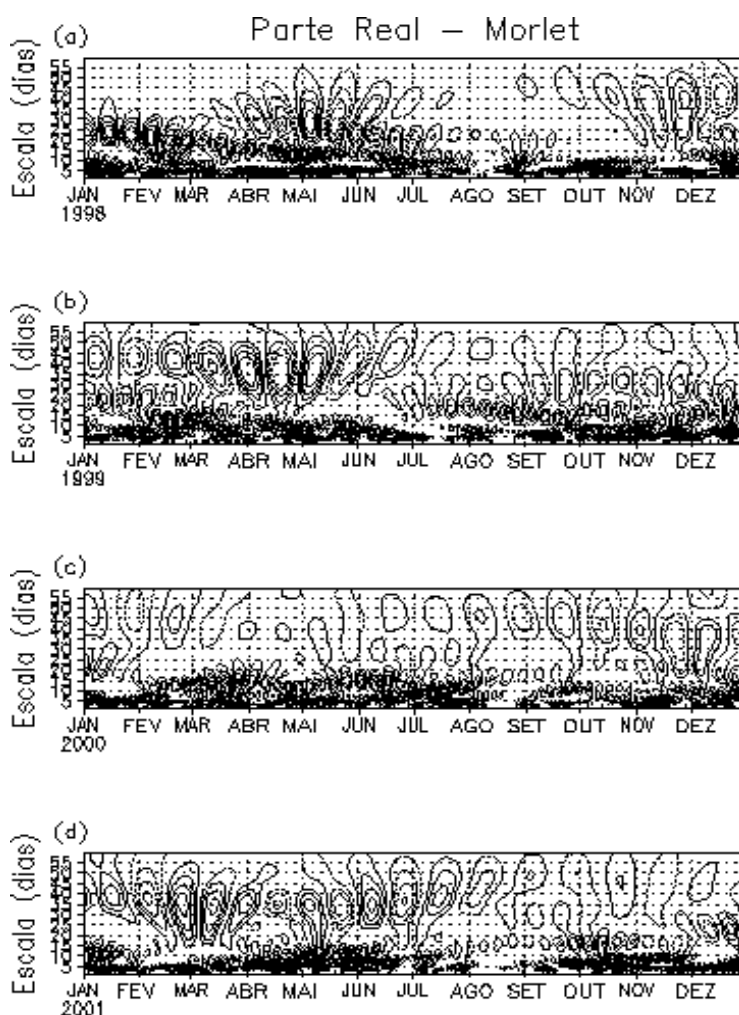


Figura 3 - Análise da variabilidade temporal da precipitação (parte real da wavelet) para o período de 1998 a 2001.

3.2 - ESTUDOS DE CASOS

Para os estudos de casos foram selecionadas a sexta componente principal, que explica 3,8% da variância e a décima componente principal, com 2,5% da variância total dos dados observados. Os padrões espaciais das componentes principais escolhidas, sugerem a propagação de uma onda, com núcleos com sinais negativos intercalados por núcleos de sinais positivos. Esta análise está baseada na escolha do coeficiente de expansão temporal que apresenta maior amplitude, como é o caso do dia 20/05/2000 com amplitude mais negativa e o caso do dia 23/02/2001 com amplitude mais positiva.

A Figura 4a mostra a sexta componente principal que indica um padrão espacial de onda, com um período de aproximadamente de 52 dias, como pode ser visto pelo coeficiente de expansão temporal (fig.4b), que mostra dois picos com amplitudes mais negativas. Essas amplitudes são observadas no final de março e entre o dia 16 maio, e 1 de junho de 2000 (20/05/2000). A amplitude negativa do dia 20/05/2000 indica que o padrão espacial (fig.4a) associado a esta componente, mostra a passagem de uma onda de 30-60 dias. Isto significa, que para este caso as áreas com contribuição negativa estão relacionadas com a ocorrência de precipitação e as positivas com a ausência (fig.4a), como pode ser comparado com o campo de precipitação observado (fig.5).

(a)

(b)

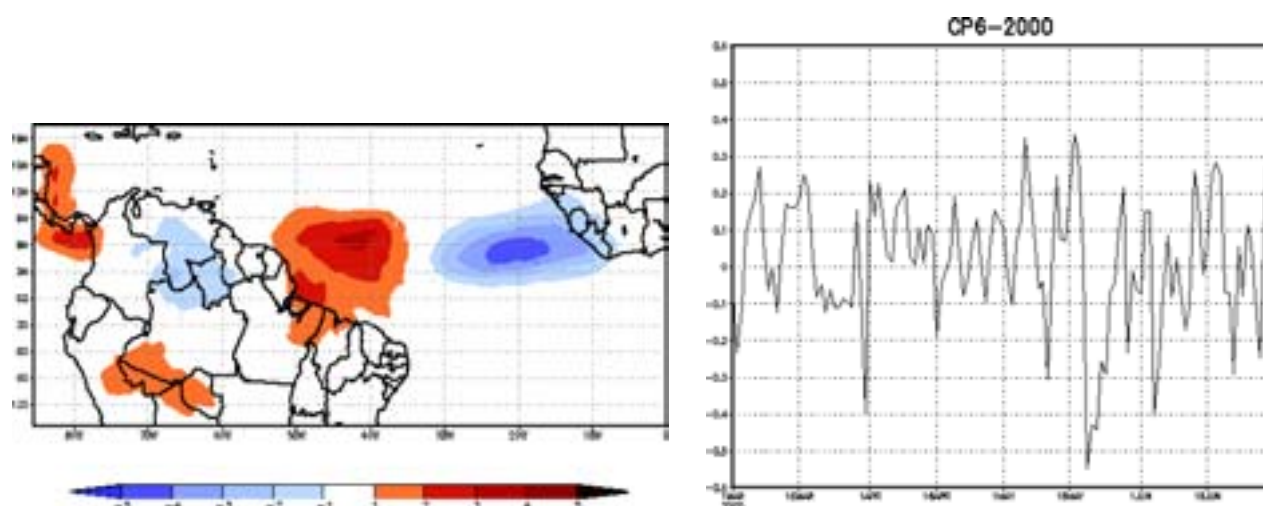


Figura 4 – Sexta componente principal da precipitação com 3,8% de explicação da variância total (a) e o respectivo coeficiente de expansão temporal (b), para o período de março a junho de 2000.

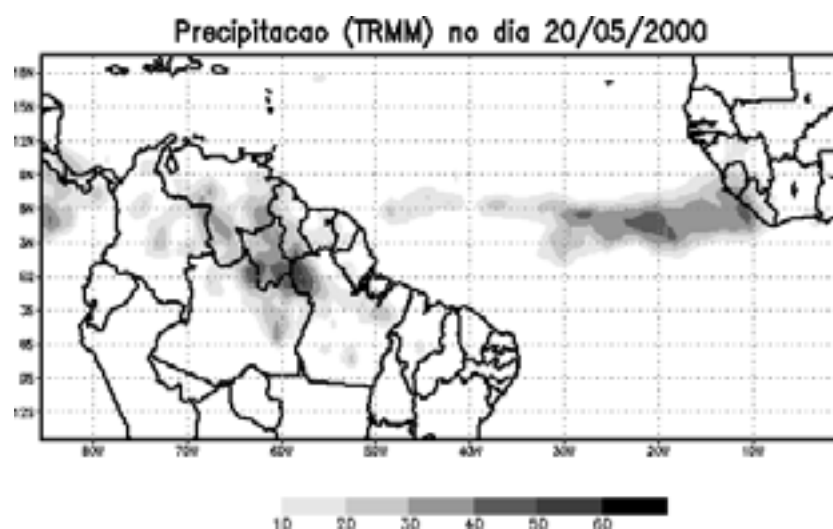


Figura 5 - Campo da precipitação observado para o dia 20 de maio de 2000.

Para o estudo de caso do dia 23/02/2001, analisa-se a décima componente principal que explica 2,5% de variância dos dados observados (fig.6a). O coeficiente de expansão temporal (fig.6b) apresenta sinal positivo para três picos, com intervalo de tempo médio em torno de 45 dias. O primeiro pico aparece no início de dezembro, um outro próximo ao dia 16 de janeiro e um outro mais intenso entre os dias 16 de fevereiro e 1 de março (23/02/2001). O padrão espacial (fig. 6a) mostra que as áreas com contribuição positiva estão relacionadas com ocorrência de chuva e as negativas com ausência. A figura 7 representa a precipitação ocorrida no dia 23/02/2001, quando comparada a figura 6a, verifica-se que existe uma semelhança entre áreas com contribuição positiva (fig.6a) e o campo da precipitação observado (fig. 7).

(a)

(b)

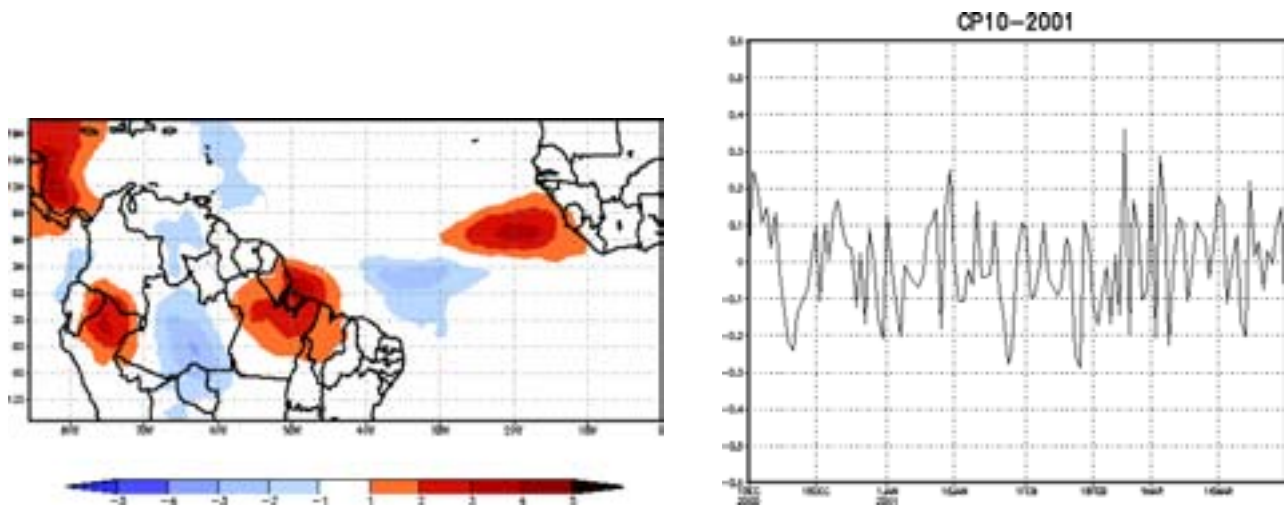


Figura 6 – Décima componente principal da precipitação com 2,5% de explicação da variância total (a) e o respectivo coeficiente de expansão temporal (b) para o período de dezembro de 2000 março de 2001.

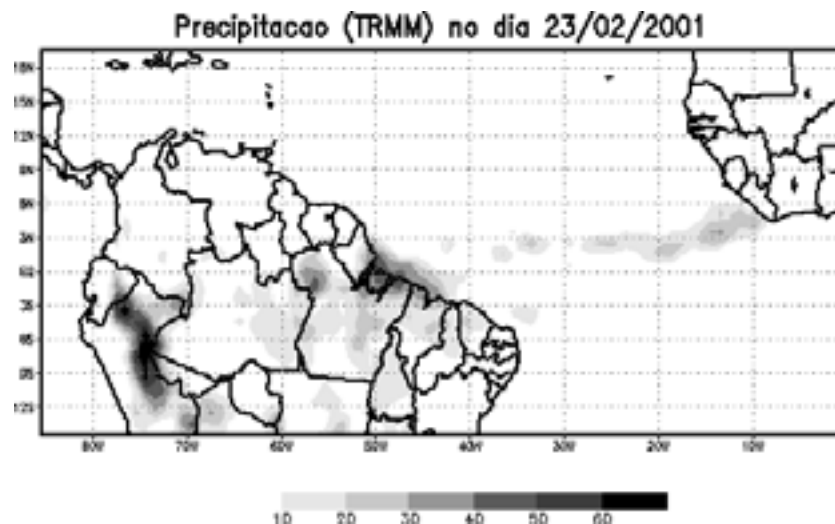


Figura 7 - Campo de precipitação observado para o dia 23 de fevereiro de 2001.

A figura 8 mostra a variabilidade temporal da anomalia de precipitação, obtida da TW para os anos de 2000 e 2001. Observa-se na figura 8a que no dia 20/05/2000 a oscilação de 30-60 dias esteve menos intensa do que nos meses de primavera e verão. Além disso, nota-se a atuação de escalas de frequências mais altas, de 10 a 20 dias. Possivelmente, as oscilações de 10-20 dias estão associadas com a propagação das ondas equatoriais de Kelvin (Wallace e Kousky, 1967). No entanto, para o caso do dia 23/02/2001 a OMJ aparece bem definida, durante todo o ano de 2001, inclusive no mês de maio.

Em geral, as análises da ACP e da TW apresentam contribuições distintas para o entendimento das oscilações intrasazonais de 30-60 dias na região tropical. A ACP apresenta a distribuição espacial da anomalia de precipitação com características das oscilações de 30-60 dias. Enquanto que, a TW mostra a escala de tempo de 30-60 dias atuando durante todo o período.

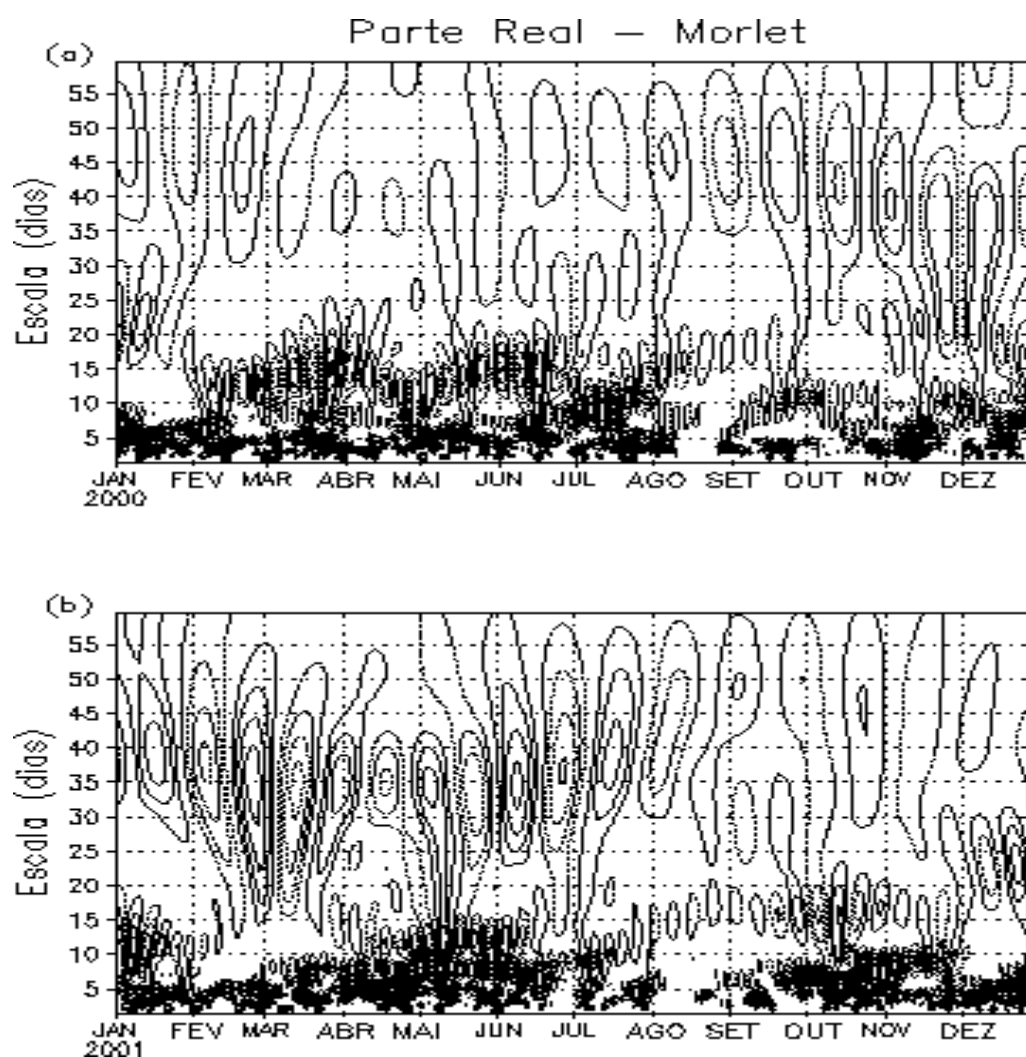


Figura 8 – Análise da variabilidade temporal da anomalia de precipitação (parte real da wavelet), para o ano de 2000 (a) e para o ano de 2001 (b).

4 – CONCLUSÕES

Neste estudo buscou-se avaliar os dados de anomalia de precipitação, utilizando os métodos de análises de componentes principais e de transformada wavelet, para o período de 1998 a 2001. De um modo geral, os resultados contribuem para o aprimoramento do estudo das oscilações intrasazonais de 30-60 dias (OMJ) na região tropical.

A análise geral da precipitação indica através do padrão espacial de anomalia de precipitação uma onda que pode estar associada a escalas de tempo de 2 a 60 dias, sendo que a banda de 30-60 dias é mais frequente, principalmente nos verões e outonos de 1998 a 2001.

Os estudos de casos mostram que tanto a ACP, bem como, a análise de wavelet, revelaram aspectos importantes para a região tropical. Na ACP, observou-se consistência entre os modos das componentes principais e os campos de precipitação observada. A análise da variabilidade temporal da anomalia de precipitação, a partir da wavelet, indica que as OMJ são dominantes na região tropical nos meses de verão e outono. Verificou-se, que no ano de El Niño à OMJ pouco aparece e no ano de La Niña se apresenta bem configurada.

Referências Bibliográficas

FERRAZ, SIMONE EROTILDES TELEGINSKI. Oscilações intrazonais no Sul e Sudeste do Brasil durante o verão. São Paulo, 2000. 175p. Dissertação (mestrado em meteorologia) - Universidade de São Paulo.

HASTENRATH, S. Interannual Variability and Annual Cycle: Mechanisms of Circulation and Climate in the Tropical Sector. *Mon. Wea. Rev.* 112, p.1097-1107, 1984.

HUFFMAN, G.J., ADLER, R.F., RUDORLF, B., SCHNEIDER, U., KEEHN, P.R. Global Precipitation Estimates Based on a Technique for Combining Satellite-Based Estimates, Rain Gauge Analysis, and NWP Model Precipitation Information. *J. Of Climate*, 8, p.1284-1295, 1995.

KAYANO, M.T., KOUSKY, V.E., STUDZINSKI, C.D., SILVA DIAS, P. L. As variações intra-sazonais da precipitação no Brasil durante o verão de 1989/1990. *CLIMANALISE*, 5, (4): p.40-50, 1990.

KNUTSON, T.R., WEICKMANN, K. M. 30-60 Day Atmospheric Oscillations: Composite Life Cycles of Convection and Circulation Anomalies. *Monthly Weather Review*, 115(7): 1047-1436. 1987.

KOUSKY, V.E., KAYANO, M.T. Principal modes of outgoing longwaves radiation and 250-mb circulation for the South American sector. *Journal of Climate*. v.7, p.1131-1143, 1994.

LAU, K.-M., P.H.CHAN. Short Term Climate Variability and Atmospheric Teleconnections from Satellite-Observed Outgoing Long Wave Radiation. Part II: Lagged Correlations. *J. Atmos.Sci.*, 40, 2751-2767, 1983.

MADDEN, R., JULIAN, P.R. Description of 40-50 day oscillation in the zonal wind in the Tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.*, 28, p.702-708, 1971.

VITORINO, M.I. Previsão Estatística de Precipitação a Curto Prazo com Base em dados de Radar Meteorológico. Dissertação de Mestrado, defendida no IAG/USP, 1994.

WALLACE, J.M., KOUSKY, V.E. Observational Evidence of Kelvin Waves in the Tropical Stratosphere. *L. Atmos.Sci.* v.25, p.900-907, 1967.

WEICKMANN, K. M., LUSSKY, G.R., KUTZBACH, J.E. Intraseasonal (30-60 day) fluctuations of outgoing long waves radiation and 250 mb streamfunction during northern. *Monthly Weather Review*, 113(6):941-961, 1985.

WENG, H., K.-M.Lau. Wavelets, period doubling, and time-frequency localization with application to organization of convection over tropical western Pacific. *J. Atmos.Sci.*, 51, p.2523-2441, 1994.