



PERFIS VERTICAIS DE ENERGIA ESTÁTICA DA ATMOSFERA SOBRE O NORTE E NORDESTE DO BRASIL EM EPISÓDIOS ANÔMALOS

Ana Cleide Nascimento Bezerra

Universidade Federal de Campina Grande Av. Aprígio Veloso, 882-Bodocongó - 58109.970 - Campina Grande-PB

Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA)

E-mail: anameteoro@yahoo.com.br

Daniel Gonçalves das Neves

Universidade Federal de Campina Grande Av. Aprígio Veloso, 882-Bodocongó - 58109.970 - Campina Grande-PB

Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA)

E-mail: daniel_neves@hotmail.com

Enilson Palmeira Cavalcanti

Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongó - 58109.970 - Campina Grande/PB

Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA)

E-mail: enilson@dca.ufcg.edu.br

Abstract. In this work we presented the vertical profiles of static energy of the atmosphere on the areas the north (area1) and Northeast of Brazil (area2) in years of extreme events of anomalies of Sea of the Surface of the Temperature (SST) of the adjacent oceans. It was used monthly data of National Centers for Environment Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) of reanalysis, spaced in a grating of 2.5° by 2.5° of latitude and longitude. Using data of SST averages for selection of the events on areas of occurrences of the El Niño 3 and 3.4 (areas that supply with more certainty the intensity of the events) and of Atlantic Dipole, and the criteria: the anomalies of SST $\geq 1.0^{\circ}\text{C}$ ($\leq -1.0^{\circ}\text{C}$) for characterization of an event of El Niño (La Niña), b) anomalies of SST that simultaneously presented opposite anomalies on the north basin and south basin of Atlantic Ocean, for the period of February to April. Four episodes of ENSO and four of dipolo pattern were selected like this. Calculating the static energies evaporates, humid and saturated in each pressure level (925-100hPa) resulting in a vertical profile of the energies for the areas 1 and 2 and selected years. It was observed in the climatological vertical profiles of the medium energies, that on the area 1 the atmosphere came lightly more humid than on the area 2 (black line with open circles). During the years of El Niño (La Niña) and positive Phase of Dipolo (negative Phase of Dipolo), they were visualized in the areas 1 and 2, less humid atmospheres (more humid). the static dry energy didn't present prominence variations during the studied years. They were visualized in the profiles of humid static energy during the years of El Niño and positive Dipolo (La Niña and negative Dipolo) values above (below) of the average. Therefore, the vertical profile of the static energy during the rainy period, in the areas north and NEB comes more sensitive to Oceano Pacific's phenomena, mainly in your positive phase.

Keywords: Profile Vertical, Static energy, ENSO, Atlantic Dipole

1. Introdução

Em quatro décadas, vem se acumulando importantes conhecimentos sobre as influencias dos oceanos no clima regional. Fenômenos catastróficos ocorrem e em alguns casos tido como resposta da natureza à ação humana. Os danos causados ao setor social e econômico são os mais preocupantes levando a necessidade, cada vez crescente, de se conhecer melhor esse processo numa tentativa de prevenção ou ate mesmo evitá-los.

Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o sistema meteorológico causador de chuvas mais importante no setor norte da Amazônia e norte do Nordeste do Brasil. A ZCIT é uma banda de nebulosidade na faixa equatorial em torno do globo terrestre, formada pela confluência dos ventos alísios de nordeste (trazido do hemisfério norte) com os ventos alísios de sudeste (hemisfério sul), a convergência desses ventos faz com que o ar, quente e úmido ascenda, levando umidade do oceano para níveis mais altos da atmosfera favorecendo a formação das nuvens. Sua localização é mais significativa sobre os Oceanos, sendo a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) um dos fatores determinantes na posição e intensidade deste fenômeno. É caracterizada pelo deslocamento norte-sul ao longo do ano, migrando de sua posição mais ao norte, cerca de 10°N-14°N em agosto-setembro, para a posição mais ao sul, cerca de 4°S, durante março-abril.

Várias análises observacionais demonstram que a posição latitudinal da ZCIT é diretamente dependente das características climáticas associadas aos gradientes de TSM do Atlântico Norte e Sul os quais controlam os padrões de pressão e vento sobre o Atlântico Tropical (Souza e Nobre, 1998; Sousa, 2003).

Marengo *et al.*, (1993), observou que durante anos de grande aquecimento das águas do Pacífico equatorial central (fenômeno do El Niño), a ZCIT encontra-se anormalmente mais ao norte de sua posição normal sobre o oceano Atlântico tropical, assim os ventos alíseos de NE são mais fracos, reduzindo a umidade que penetra para o interior da região Amazônica.

Esses estudos, além de Hastenrath and Heller (1977), Moura e shukla (1981), Brabo *et al.* (1993), Marengo *et al.*, (1993), Souza e Nobre (1993), Uvo (1998), Nobre (2003), entre outros, são contribuições que auxiliam entender as influências dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais no regime chuvoso do outono no Leste da Amazônia (LAM) e Nordeste Brasileiro (NEB).

Neste trabalho objetiva-se apresentar os perfis verticais de energia estática da atmosfera sobre as regiões do LAM e NEB em anos de eventos extremos de anomalias de TSM dos oceanos adjacentes.

2. Materiais e Método

2.1. Dados

São utilizados dados mensais de reanálises do *National Centers for Environment Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR), espaçados em uma grade de 2,5° por 2,5° de latitude e longitude, Kalnay *et al.* (1996), Kistler *et al.* (2001). Os dados de temperatura da superfície do mar são médias de observações locais espaçadas em uma grade de 2° por 2° de latitude e longitude, discutidas serem adequadas para descrever os padrões de TSM entre 30°S e 60°N excluindo a área central e leste tropical e sul do pacífico (área de fortes anomalias de TSM), detalhes em Reynolds (1988).

2.2. Metodologia

Para seleção dos eventos, foram calculadas as médias mensais de TSM sobre áreas de ocorrências dos El Niño 3 e 3.4 (áreas que fornecem com mais certeza a intensidade dos eventos) e Dipolo do Atlântico (Fig. 1a), assim como, a delimitação das áreas para as quais foram construídos os perfis verticais de energia estática (Fig. 1b). As escolhas dos episódios estudados foram feitas a partir da série temporal das anomalias, conforme mostram as Fig. (2) e (3).

A seleção dos episódios seguiu os seguintes critérios: a) anomalias de TSM $\geq 1.0^{\circ}\text{C}$ ($\leq -1.0^{\circ}\text{C}$) para caracterização de um evento de El Niño (La Niña), b) anomalias de TSM que simultaneamente apresentaram anomalias opostas sobre a bacia norte e bacia sul do Atlântico, para o período de fevereiro a abril.

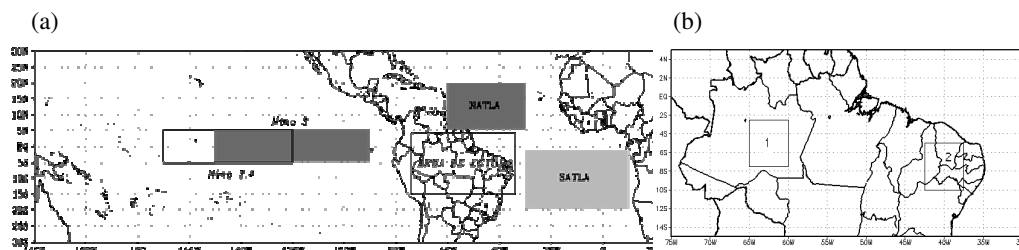


Figura 1 – (a) Área de localização do El Niño 3 (5°N-5°S, 150°W-90°W) e 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W), Dipolo do Atlântico (Norte: 5°N-20°N, 30°E-60°W ; Sul: 0°-20°S, 30°W-60°W), (b) Área 1 e 2

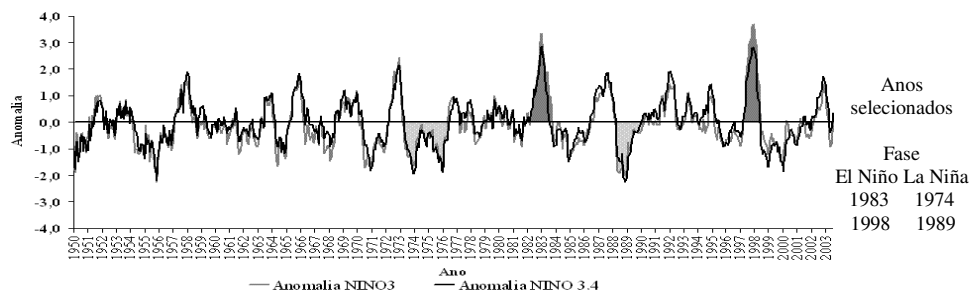


Figura 2 - Anomalias mensais de TSM do Oceano Pacífico Tropical na área do El Niño 3 e 3.4 com os episódios selecionados e preenchidos em cinza escuro (El Niño) e cinza claro (La Niña)

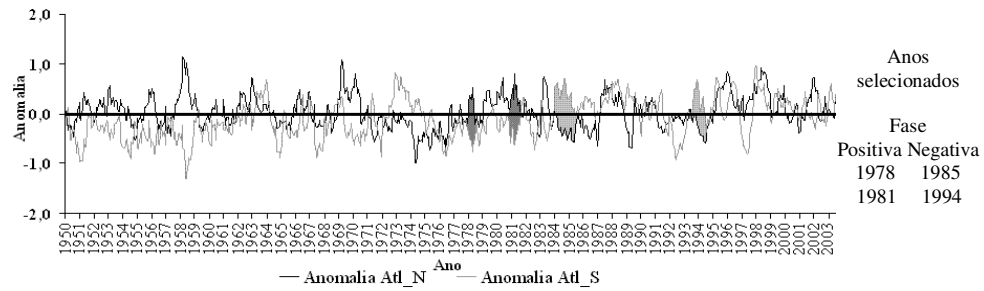


Figura 3 – Anomalias mensais de TSM do Oceano Atlântico Norte (linha preta) e Sul (linha cinza) com os episódios selecionados no quadro ao lado e preenchidos em cinza escuro (Dipolo positivo) e cinza claro (Dipolo negativo)

Seguindo os critérios de seleção, foi possível selecionar quatro episódios de ENSO e quatro de padrão de dipolo.

A delimitação das áreas (Figura 1b) são de 5°x 5° de latitude e longitude, sobre a região Norte (2°S-7°S e 60°W-65°W) e NEB (5°S-10°S e 37,5°W-42,5°W) chamadas de área “1” e área “2”.

A expressão das energias estáticas seca (S), úmidas (U) e saturada (U_s) são dadas, respectivamente, por:

$$S = c_p T + \phi \quad (1)$$

$$U = S + L_v q \quad (2)$$

$$U_s = S + L_v q_s \quad (3)$$

em que $c_p = 1005 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ é o calor específico a pressão constante, T é a temperatura do ar, ϕ é o geopotencial, $L_v = 2462 \text{ kJ kg}^{-1}$ é o calor latente de vaporização e q e q_s são a umidade específica para o ar úmido e saturado, respectivamente.

Usando as Eq (1), (2) e (3) calculou-se as energias estáticas seca, úmida e saturada média do trimestre de fevereiro a abril em cada nível de pressão (925, 850, 700, 500, 300, 250, 200 e 100hPa) resultando em um perfil vertical das energias para as áreas 1 e 2 e anos selecionados.

3. Resultados

Observa-se nos perfis verticais climatológicos das energias médias, que sobre a área 1 (linha preta com círculos fechados) a atmosfera apresenta-se ligeiramente mais úmida do que sobre a área 2 (linha preta com círculos abertos). Essa característica já era esperada, pois a área 1 localiza-se sobre a região da maior floresta tropical úmida e a área 2 sobre a região semi-árida. Sabe-se que a atmosfera sobre floresta é bastante úmida, devido a sua alta evapotranspiração chegando a ser responsável por cerca de 50% das chuvas que a floresta recebe, o restante é originário de águas trazidas pelo vento do Oceano Atlântico, como parte do ciclo hidrológico da região (Salati *et al.*, 1979).

Essa observação pode ser comprovada com facilidade visualizando a área entre os perfis verticais das energias estáticas úmida e saturada. Quanto menor a área, mais úmida se apresenta a atmosfera, ou seja, mais próxima da saturação. Logo, seguindo este critério, percebe-se que área entre os perfis das energias estáticas úmida e saturada é menor sobre a área 1 do que a observada sobre a área 2. Embora a área 1 seja de características semi-árida observa-se que a energia estática úmida se aproxima do observado para a área 2, provavelmente devido ao suprimento de energia latente para o NEB pelo Oceano Atlântico.

Durante os anos de El Niño (La Niña) na Figura 5 e Fase positiva do Dipolo (Fase negativa do Dipolo) na Figura 6, foram visualizadas nas áreas 1 (Figura 5a e 6a) e 2 (Figura 5b e 6b), atmosferas menos úmida (mais úmidas).

A energia estática seca não apresentou variações de destaque durante os anos estudados, porém as pequenas variações visualizadas acima (abaixo) da média foram mais fortes durante os anos com episódios de El Niño (La Niña) do que durante os anos de Dipolo positivo (Dipolos negativos).

Com relação ao perfil vertical da energia estática úmida, valores máximos em baixos e altos níveis e mínimos nos níveis médios verificam-se coerência tanto em ordem de grandeza quanto ao perfil vertical encontrados por Silva Marques (1983) e Cavalcanti (1986) sobre o NEB, embora esses estudos terem sido realizados com valores médios mensais.

Foram visualizados nos perfis de energia estática úmida durante os anos de El Niño e Dipolo positivo (La Niña e Dipolo negativo) valores acima (abaixo) da média, sendo que na área 2 os valores mínimos observados em níveis médios da atmosfera não variaram tanto quanto os encontrados na área 1, exceção apenas para o ano de 1985 (ano de Dipolo negativo) em que, para níveis acima 850hPa, apresentou o perfil da energia úmida acima da média.

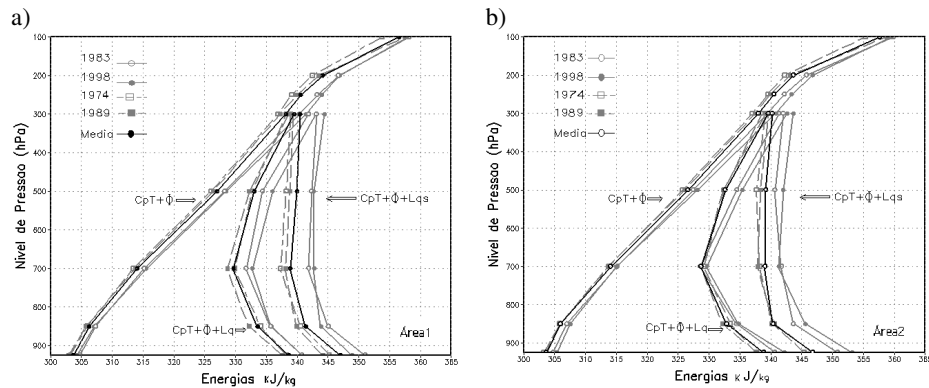


Figura 5 – Perfil vertical das energias estáticas seca, úmida e saturada média do trimestre fevereiro-abril. Climatologia - linha preta continua, El Niño - linhas continua cinza e La Niña - linha tracejada cinza nas áreas (a) 1 e (b) 2

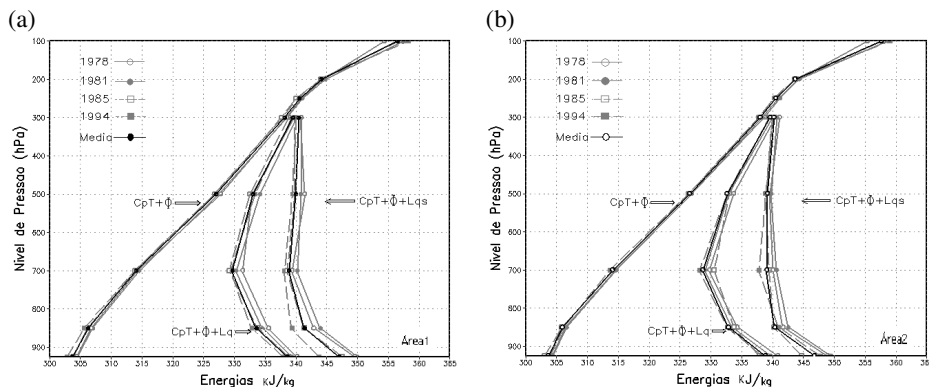


Figura 6 - Perfil vertical das energias estáticas seca, úmida e saturada média do trimestre fevereiro-abril. Climatologia - linha preta continua; Dipolo positivo - linhas continua cinza e Dipolo negativo - linha tracejada cinza nas áreas (a) 1 e (b) 2.

4. Conclusão

Durante o período chuvoso, a atmosfera já se encontra ligeiramente úmida sobre as regiões norte e NEB, no entanto, os episódios de El Niño, La Niña e Dipolos positivo e negativo atuam na região tornando os períodos chuvosos mais ou menos intensos. Sabe-se que o evento La Niña no Brasil causa menos danos que o El Niño, nos perfis verticais de energias estáticas pode-se visualizar essa característica, pois durante os episódios de El Niño, foram visualizadas as maiores variações. Nos anos de Dipolo também foi observado um comportamento semelhante, ou seja, na fase negativa apresentou menor variação do que os anos de fase positiva, porém com uma menor intensidade. Logo, o perfil vertical da energia estática durante o período chuvoso, nas regiões norte e NEB se apresentam mais sensíveis aos fenômenos do Oceano Pacífico, principalmente na sua fase positiva.

5. Referências Bibliográficas

- Cavalcanti, E. P., 1986, “Aspectos Energéticos da Atmosfera sobre o Nordeste do Brasil”, Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Curso de Mestrado em Meteorologia - Departamento de Ciências Atmosféricas, Campina Grande, Paraíba.
- Hastenrath, S.; Heller, L., 1977, “Dynamics of climate hazards in Northeast Brazil”, *J. Royal Meteorologic Sociedad.*, 103: 77-92.
- Kistler, R., Eugenia Kalnay, William Collins, Suranjana Saha, Glenn White, John Woollen, Muthuvel Chelliah, Wesley Ebisuzaki, Masao Kanamitsu, Vernon Kousky, Huug van den Dool, Roy Jenne and Michael Fiorino, 2001, “The NCEP–NCAR 50–Year Reanalysis: Monthly Means CD–ROM and Documentation”, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 82, No. 2, pp. 247–267.
- Marengo, J.; Druyan, L.; Hastenrath, S., 1993, “Observational and modeling studies of Amazonia interannual climate variability”, *Climatic Change*, 23 (3), 267-286 p.
- Marengo, J.; Druyan, L.; Hastenrath, S., 1993, “Observational and modeling studies of Amazonia interannual climate variability”, *Climatic Change*, 23 (3), 267-286 p.
- Moura, A. D.; Shukla, J., 1981, “On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulations mode”, *Journal of the Atmospheric Science*, 38(12):2653-2673.

- Nobre, P. A., 1996, "Variabilidade interanual do Atlântico Tropical e sua influência no clima da América do sul", *Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - (CPTEC), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)*, Disponível em: < http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/clmse_pn.html> Acesso em: 23 Mar. 2005.
- Nobre, P.; Shukla, J., 1996, "Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America", *Journal of Climate*: Vol. 9, No. 10, pp. 2464–2479.
- Rao, V. B.; Chapa, S. R.; Franchito, S. H., 1999, "Variação Decadal da Interação Oceano-Atmosfera no Atlântico Tropical e a relação para a Precipitação do NEB", *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol. 77, n. 1, p. 63-75.
- Reynolds, R. W., 1983, "A real-time global sea surface temperature analysis", *J. Climate*, 1, 75–86.
- Reynolds, R. W., Marsico, D. C., 1992, "An Improved Real-Time Global sea surface temperature analysis", *J. Climate*, 6, 114–119.
- Silva Marques, V.; Rao, V. B. And Molion, L. C. B., 1983, "Interannual and seasonal variations in the structure and energetics of atmosphere over Northeast Brazil", *Tellus*, vol 35, N° 2, pp. 136-148. 1983.
- Souza, E. B.; Alves, J. M. B.; Nobre, P., 1993, "Anomalias de precipitação nos setores norte e leste do nordeste brasileiro em associação aos eventos do padrão dipolo na bacia do atlântico tropical", *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.13, n2, 45-55.
- Souza, E. B.; Alves, J. M. B.; Nobre, P., 1998, "Anomalias de precipitação nos setores norte e leste do Nordeste brasileiro em associação aos eventos do padrão dipolo observados na bacia do Atlântico tropical", *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 13, N° 2, p. 45-55.
- Souza, Everaldo B., 2003, "Variabilidade Pluviométrica Intrazonal sobre a Amazônia Oriental e Nordeste Brasileiro durante o outono austral: Mecanismos Atmosféricos de baixa e alta frequência", Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - Departamento de Ciências Atmosféricas, São Paulo.
- Uvo, C. B., 1998, "Influence of Sea Surface Temperature on Rainfall and Runoff in Northeastern South America: Analysis and Modeling", Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Lund, Sweden, Departamento de Engenharia de Recursos de Água.

VERTICAL PROFILES OF STATIC ENERGY OF THE ATMOSPHERE ON THE NORTH AND NORTHEAST OF BRAZIL IN ANOMALOUS EPISODES

Abstract Abstract. In this work we presented the vertical profiles of static energy of the atmosphere on the areas the north (area1) and Northeast of Brazil (area2) in years of extreme events of anomalies of Sea of the Surface of the Temperature (SST) of the adjacent oceans. It was used monthly data of National Centers for Environment Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) of reanalysis, spaced in a grating of 2.5° by 2.5° of latitude and longitude. Using data of SST averages for selection of the events on areas of occurrences of the El Niño 3 and 3.4 (areas that supply with more certainty the intensity of the events) and of Atlantic Dipole, and the criteria: the anomalies of SST $\geq 1.0^{\circ}\text{C}$ ($\leq -1.0^{\circ}\text{C}$) for characterization of an event of El Niño (La Niña), b) anomalies of SST that simultaneously presented opposite anomalies on the north basin and south basin of Atlantic Ocean, for the period of February to April. Four episodes of ENSO and four of dipolo pattern were selected like this. Calculating the static energies evaporates, humid and saturated in each pressure level (925-100hPa) resulting in a vertical profile of the energies for the areas 1 and 2 and selected years. It was observed in the climatological vertical profiles of the medium energies, that on the area 1 the atmosphere came lightly more humid than on the area 2 (black line with open circles). During the years of El Niño (La Niña) and positive Phase of Dipolo (negative Phase of Dipolo), they were visualized in the areas 1 and 2, less humid atmospheres (more humid). the static dry energy didn't present prominence variations during the studied years. They were visualized in the profiles of humid static energy during the years of El Niño and positive Dipolo (La Niña and negative Dipolo) values above (below) of the average. Therefore, the vertical profile of the static energy during the rainy period, in the areas north and NEB comes more sensitive to Oceano Pacific's phenomena, mainly in your positive phase.

Keywords: Profile Vertical, Static energy, ENSO, Atlantic Dipole

6 - DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.