XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002

CARACTERÍSTICAS SINÓTICAS DA CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA SOBRE O NORDESTE DO BRASIL DURANTE PERÍODOS SECO E CHUVOSO OCORRIDO NO VERÃO 2001/2002

Marley Cavalcante de Lima Moscati e Manoel Alonso Gan
LMO/CPTEC/INPE - C.P. 515, São José dos campos, SP, 12.227-010
marley@cptec.inpe.br e alonso@cptec.inpe.br

ABSTRACT

In this paper, the conditions of the atmospheric circulation for the 2001/2002 austral summer of the South America that contributed to dry (December 14-26, 2001) and rainy periods (January 03-08, 2001) of Northeast of the Brazil Region (NEB) are discussed. The results show that the interaction between an upper level cyclonic vortex over the South Atlantic Ocean and the continental Bolivian High contributes to the upper level divergence, low level convergence and associated ascendant movement. Theses conditions together with the low level (850 hPa) moisture transport from Amazon Region to NEB produce conditions to increase the precipitation over the NEB. Opposite conditions occur during the dry period.

1. INTRODUÇÃO

A Região Nordeste do Brasil (NEB) apresenta grande variabilidade espacial e temporal no seu regime de chuvas. Mais da metade do NEB está inserido na zona semi-árida, onde os totais pluviométricos são inferiores a 400 mm/ano (Kousky, 1979), com 60% a 85% das chuvas concentradas na parte centro-norte dessa região e 40% a 60% das chuvas concentradas na parte sul (Souza et al., 1999). A principal estação chuvosa nos setores Norte e Sul do NEB é fevereiro a maio e dezembro a fevereiro, respectivamente (Strang, 1972). No litoral leste do NEB, 60% da precipitação ocorre de abril a julho (Lima, 1991).

Durante o verão austral de 2001/02, as chuvas sobre o NEB foram próximas ou abaixo da normal climatológica em dezembro e fevereiro e acima da normal em janeiro (Climanálise, 2002). Nos últimos 6 janeiros (1996 a 2001), as chuvas foram abaixo da normal no NEB, principalmente no setor centro-sul, embora tenha ocorrido chuvas acima da nomal climatológica em algumas regiões do NEB (Climanálise, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001). Assim, o objetivo deste trabalho é verificar as condições da circulação atmosférica que propiciaram o padrão de chuvas no verão de 2001/2002, principalmente no semi-árido nordestino. Estas características serão discutidas através da comparação entre um período seco e outro chuvoso, selecionado com base na distribuição diária da precipitação, dentro do período de dezembro de 2001 a fevereiro de 2002.

2. DADOS E METODOLOGIA

Utilizou-se dados diários de componentes zonal (u) e meridional (v) do vento em 925 hPa, 850 hPa e 200 hPa, velocidade vertical do vento (ω) em 700 hPa, 500 hPa e 300 hPa, pressão ao nível médio do mar, umidade específica (q) em 925 hPa e em 850 hPa, dispostos em pontos de grade, com espaçamento de $2{,}5^0$ x $2{,}5^0$, obtidos do National Centers for environmental Prediction/National Centers for Atmospheric Research - NCEP/NCAR (maiores detalhes sobre estes dados podem ser obtidos em Kalnay et al., 1996). Dados de Radiação de Onda Longa (ROL), obtidos da NOAA, e Temperatura da Superfície do Mar (TSM), obtidos do conjunto de Reynolds. Todos estes dados foram coletados em http://iri.ldeo.columbia.edu . Utilizou-se dados diários de precipitação observada, em pontos de grade, com espaçamento de $0{,}25^0$ x $0{,}25^0$ lat/long, cedidos pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Também utilizou-se análise diária de precipitação do NCEP, em pontos de grade, com espaçamento de 1^0x1^0, do conjunto de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A área de estudo estende-se entre 120^0W-20^0E e 50^0N-60^0S e o período considerado é de 1 de dezembro de 2001 a 28 de fevereiro de 2002.

Com dados de *u*, *v* e *q*, calculou-se a divergência, a vorticidade, o fluxo de umidade em baixos níveis e a convergência/divergência de umidade em baixos níveis, utilizando-se o *software* GRADS (*Grid Analysis and Display System*) (Doty, 1985). Estes e outros campos meteorológicos gerados foram visualizados através do GRADS.

Calculou-se a precipitação média diária na área correspondente ao semi-árido nordestino (35^0W-45^0W; 3^0S-15^0S), e com base nessas informações, selecionou-se os períodos seco e chuvoso para estudar as características da circulação sobre esta região.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Análise da Precipitação

Comparando-se a precipitação acumulada diária média na área semi-árida nordestina no verão 2001/02, obtidas do NCEP e do CPTEC, verificou-se grande concordância entre os resultados desses dois conjuntos de dados (figuras não apresentadas), de forma que apenas o conjunto do CPTEC/INPE foi utilizados neste trabalho, devido a resolução espacial ser mais adequada.

Para verificar como se comportou a precipitação durante o período estudado, examinou-se a precipitação acumulada diária média na área (Figura 1). A análise da Figura 1 mostra que, de um modo geral, o NEB foi caracterizado por totais pluviométricos variando entre 0 mm/dia e 10 mm/dia, exceto no período de 29 de dezembro a 18 de janeiro, onde as chuvas variaram entre 5 mm/dia e 25 mm/dia. Assim, selecionou-se dois períodos para o estudo das características da circulação atmosférica, um seco (14-26/01/02) e outro chuvoso (03-08/01/02), onde os totais pluviométricos foram em torno de 0 mm/dia e 10-20 mm/dia, respectivamente.

Vários trabalhos mostraram existir uma relação estreita entre a circulação de ventos em baixos níveis e a precipitação no Norte do NEB (Chung, 1982) e no leste do NEB (Rao et al., 1992; Lima, 1991) e em outras regiões da América do Sul (Barros e Doyle, 2002; Díaz e Aceituno, 2002; Gan et al., 2002; Jones e Carvalho, 2002; Ronchail e Cochonneau, 2002). Para verificar se esta relação existe, ou não, no semi-árido nordestino, comparou-se as variações diárias da precipitação e de *u* e *v* em 850 hPa mediadas na área (Figura 1). Observa-se nessas figuras que existe uma correlação positiva entre a precipitação e o vento zonal em 850 hPa, e uma correlação negativa entre a precipitação e o vento meridional em 850 hPa (Figura 1). Assim, ventos de leste e ventos fracos de norte e de sul correspondem a períodos com precipitação reduzida no semi-árido nordestino, em concordância com os resultados de Lima (1991), para o leste do NEB. Por outro lado, ventos de oeste e ventos mais intensos de norte correspondem à períodos de chuvas intensas no semi-árido nordestino. Estes resultados são opostos ao que ocorre no leste do NEB, onde ventos de leste e de sul mais intensos são favoráveis ao aumento da precipitação (Lima, 1991). Esta mudança no regime de ventos zonal é semelhante ao que ocorre nas regiões Centro-oeste e Sudeste do Brasil durante períodos secos e chuvosos (Gan et al., 2002; Jones e Carvalho, 2002; Ronchail e Cochonneau, 2002).

Como a mudança no campo de ventos foi verificada apenas no período pré-estação chuvosa do NEB e apenas para um trimestre, propõe-se que seja verificado se este comportamento também ocorre durante a estação chuvosa do semi-árido nordestino, o que poderá caracterizar se o seu regime de chuvas é do tipo monção (Ramage, 1971).

3.2 - Características da Circulação Atmosférica

A Figura 2 apresenta o campo de fluxo de umidade e convergência/divergência de umidade em 850 hPa, para os períodos seco e chuvoso no NEB em janeiro de 2002. O fluxo de umidade em baixos níveis foi melhor caracterizado em 850 hPa do que em 925 hPa (figura não apresentada). O campo de vento e divergência associada em 200 hPa é apresentada na Figura 3, e o campo de movimento vertical em 700 hPa, 500 hPa e 300 hPa, para os dois períodos considerados, é apresentado na Figura 4.

No período seco (Figura 2 a), o fluxo de umidade em baixos níveis sobre o NEB é de leste e a convergência de umidade associada localiza-se mais a oeste dessa região, apresentando um máximo em aproximadamente 10^0S, 50^0W (próximo à divisa do Tocantins, Mato Grosso e Pará) (Figura 2a). Nota-se nessa figura uma grande área de divergência

de umidade sobre o NEB. Em altos níveis, no período seco (Figura 4 a), tem-se um cavado sobre o Oceano Atlântico Sul, cujo eixo posiciona-se paralelo ao NEB (conhecido como cavado do NEB), e sobre o continente, observa-se uma extensa região de divergência orientada NW-SE, desde o noroeste da Amazônia até o Oceano Atlântico Sul. Sobre o NEB, há convergência em altos níveis, localizada sobre a mesma região de divergência em baixos níveis, colaborando para inibir a precipitação. Isto também é verificado no campo de movimento vertical, onde tem-se movimento descendente sobre a região em toda a coluna troposférica (Figura 4a, 4b e 4c).

No período chuvoso, em baixos níveis (Figuras 2 b), observa-se que o fluxo de umidade está mais intenso sobre o Oceano Atlântico Norte Tropical, adentrando sobre o continente sul-americano pelas regiões norte e noroeste, com giro anticiclônico sobre a Região Amazônica. O fluxo de umidade associado continua intenso e de oeste sobre a região central do Brasil e sul do NEB. Esta configuração contribui para que haja transporte de umidade da região Amazônica para o Brasil Central e o NEB, onde também se localiza uma região de convergência de umidade. Menor contribuição para o transporte de umidade sobre o continente é dada pelos ventos alísios sobre o Oceano Atlântico Sul Tropical. Este padrão do fluxo de umidade sobre o continente corresponde ao obtido por Herdies et al. (2002) para casos de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) ativas.

Em altos níveis no período chuvoso (Figura 4b), observa-se uma circulação ciclônica sobre o Oceano Atlântico Sul, com centro localizado em aproximadamente 15^0S; 20^0W. Pela análise da Figura 4, que apresenta as trajetórias dos Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) durante o mês de janeiro de 2002, dia-a-dia, verifica-se que esta circulação ciclônica corresponde a posição média desse VCAN (no período 03-08/01/02). Este sistema estende-se por toda a coluna troposférica, como é visto no campo de movimento vertical (Figura 4d, 4e e 4f). Sobre o continente, verifica-se uma circulação anticiclônica associada com a Alta da Bolívia (AB). De acordo com o Climanálise (2002), este sistema esteve bem definido durante todo o mês de janeiro de 2002, localizando-se preferencialmente ao norte de 20^0S e, em média, com centro em 14^0S, 60^0W.

A análise da Figura 3b mostra uma região de divergência em quase toda a região tropical da América do sul, e sobre o Oceano Atlântico Sul, próximo a costa leste do Brasil, com máximo centrado a nordeste da AB. A interação entre as circulações da AB e do VCAN é propício a um aumento na divergência em altos níveis sobre o NEB, e movimento vertical ascendente em toda a coluna troposférica (Figuras 4d, 4e e 4f). Assim, por continuidade de massa, deve surgir uma convergência de massa em baixos níveis. Esta situação pode contribuir para que haja uma mudança no campo de vento zonal em baixos níveis, como observado na Figura 1.

4. CONCLUSÕES

Comparando-se as condições atmosféricas nos períodos seco e chuvoso do NEB, conclui-se que: 1) A circulação em baixos níveis apresentou ventos de nordeste e de oeste nos períodos seco e chuvoso, respectivamente. Isso teve implicações para o transporte de umidade em baixos níveis para o NEB; 2) Em altos níveis, a diferença entre os dois períodos estudados foi a presença de um VCAN profundo sobre o Oceano Atlântico sul, cuja circulação associada com a circulação da Alta da Bolívia, geraram forte acoplamento entre os baixos e altos níveis (com forte divergência em altos níveis, convergência em baixos níveis e movimento vertical ascendente associado). Estas duas situações geraram condições propícias para a ocorrência de chuvas intensas e períodos seco em janeiro de 2002. Vale ressaltar que a circulação de grande escala e condições oceânicas também contribuíram para o regime de chuvas do NEB neste verão (Climanálise, 2002), as quais não foram discutidas neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao grupo de clima do CPTEC/INPE, pela preparação dos dados de precipitação em pontos de grade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barros, V.; Doyle, M. Midsummer circulation in subtropical South America and related precipitation patens. Vamos/Clivar/WCRP. **Conference on South American Low-level Jet**. Santa Cruz de La Sierra, Bolívia, 5-7 Feb., 2002.

Chung, J.C. Correlations between the tropical atlantic trade winds and precipitation in Northeastern Brazil. **J. Climatology**, 2:35-46, 1982.

Climanálise. Consulta ao site http://www.cptec.inpe.br. jan. 1996, jan, 1997, jan. 1998, jan. 1999, jan. 2000, jan. 2001, jan. 2002.

Díaz; Aceituno, P. Dipole in convective cloudiness associated to wet and dry episodes in SESA during austral Summer. Part I: Regional and hemispheric circulation anomalies. Vamos/Clivar/WCRP. **Conference on South American Low-level Jet**. Santa Cruz de La Sierra, Bolívia, 5-7 Feb. 2002.

Doty, B.E. **Using the Grid Analysis and Dysplay System - Grads**. Center for Ocean -Land - Atmosphere Interactions (COLA), College Park, MD, University of Maryland, 1988.

Gan, M.A., Kousky, V.E., Ropelewski, C. The influence of low level jet (LLJ) on the onset of the Central Brazil precipitation. Vamos/Clivar/WCRP. **Conference on South American Low-level Jet**. Santa Cruz de La Sierra, Bolívia, 5-7 Feb. 2002.

Herdies, D.L.; Silva, A.; Silva Dias, M.A.F. The bimodal pattern of the summer circulation over South America. Vamos/Clivar/WCRP. **Conference on South American Low-level Jet**. Santa Cruz de La Sierra, Bolívia, 5-7 Feb. 2002.

Jones, C.; Carvalho, L. M. V. Active and break phases in the South American Monsoon System. **J. Climate**, 15(8): 905–914, Apr. 2002.

Kalnay et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis Project. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, 77:437-471, 1996.

Kousky, V.E. Frontal influence on Northeast Brazil. **Mon. Wea. Rev.**, 107:1140-1153, 1979.

Lima, M.C. **Variabilidade da precipitação no litoral leste da Região Nordeste do Brasil**. Dissertação de mestrado em meteorologia, INPE, São José dos Campos, 1991, 222 p. (INPE-5283-TDI/453).

Ramage, C.S. **Monsoon Meteorology**. Academic Press, 1971, 296 p.

Rao, V. B.; Lima, M.C.; Franchito, S.H.; Servain, J. On the role of the coastal wind in the interannual variations of rainfall over eastern Northeast Brazil. **TOGA Notes**, p. 12-16, Oct. 1992.

Ronchail, J.; Cochonneau, G. Main patterns of summer rainfall variability and associated circulation in weastern and southern Amazon. Vamos/Clivar/WCRP. **Conference on South American Low-level Jet**. Santa Cruz de La Sierra, Bolívia, 5-7 Feb. 2002.

Souza, E.B.; Alves, J.M.B.; Xavier, T.M.B.S. Distribuição mensal e sazonal de precipitação no semi-árido nordestino durante os anos de predominância de aquecimento ou de resfriamento observados em toda a bacia do Atlântico tropical. **Rev. Bras. Meteor.**, 14(1):1-19, 1999.

Strang, D.M.G.D. Análise climatológica das normais pluviométricas do Nordeste do Brasil. São José dos Campos, CTA, 1972. 29 p. (IAE-M-02/72).

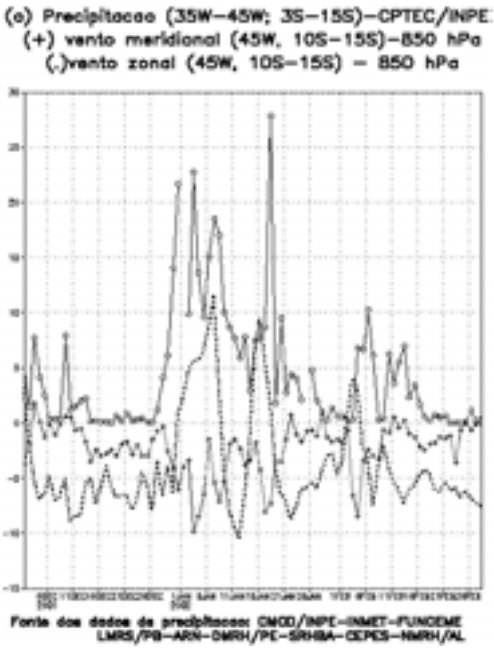

Fig. 1 - Distribuição diária, média na área (35^0W-45^0W; 3^0S-15^0S), da precipitação, componentes zonal e meridional do vento, no período de 1 de dezembro de 2001 a 28 de fevereiro de 2002.

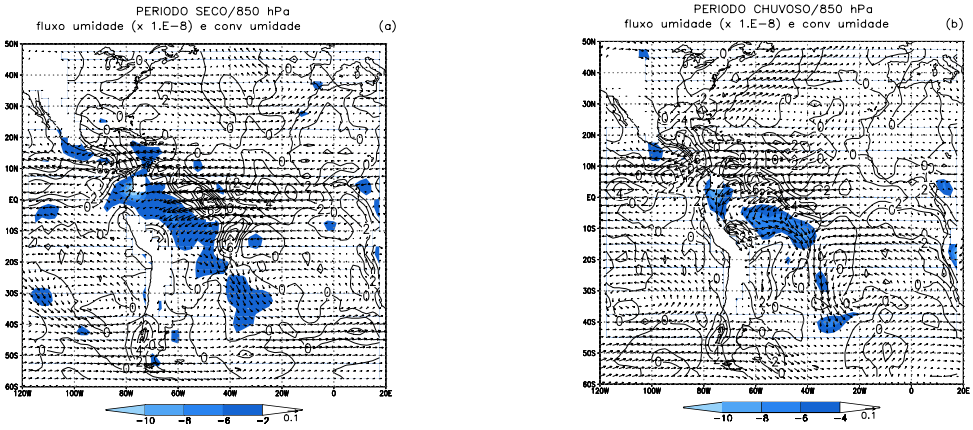

Fig. 2 - Fluxo de umidade e convergência/divergência de umidade em 850 hPa, para: c) período seco, d) período chuvoso no NEB.

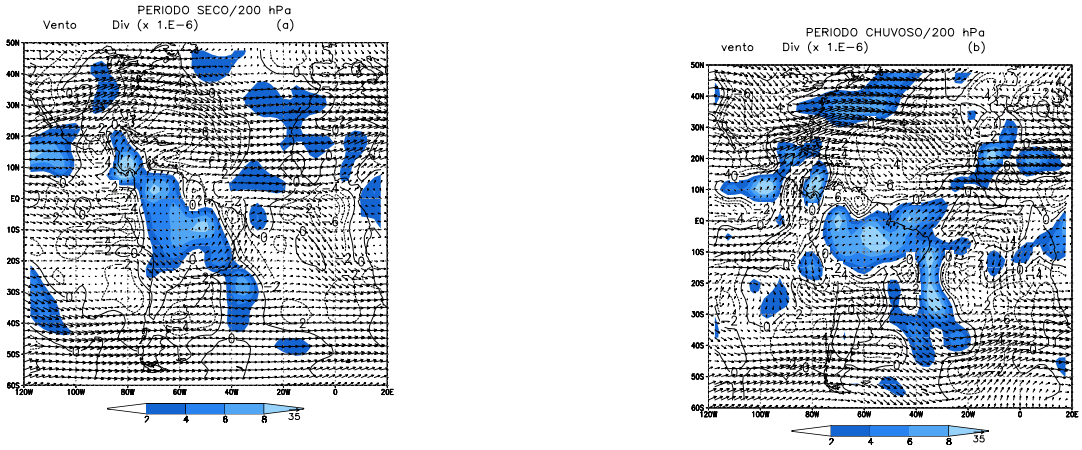

Fig. 3 - Campo de vento (ms^{-1}) e divergência associada (x 10^{-6} s^{-1}) em 200 hPa, para: a) período seco, b) período chuvoso no NEB.

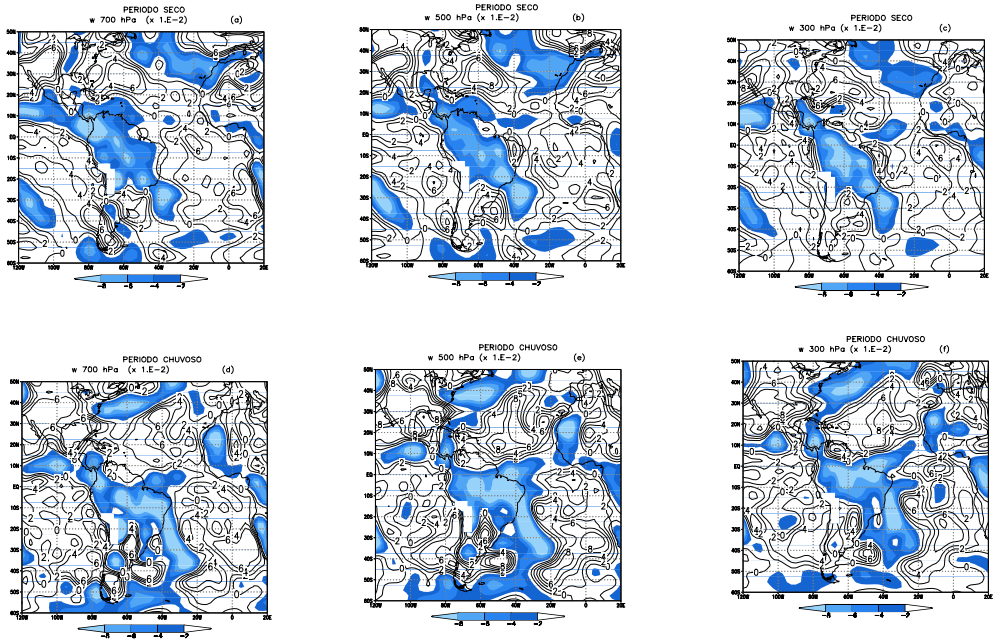

Fig. 4 - Campo de movimento vertical (ms^{-1}), para período seco em (a) 700 hPa, (b) 500 hPa e (c) 300 hPa; b) período chuvoso em (d) 700 hPa, (e) 500 hPa e (f) 300 hPa.

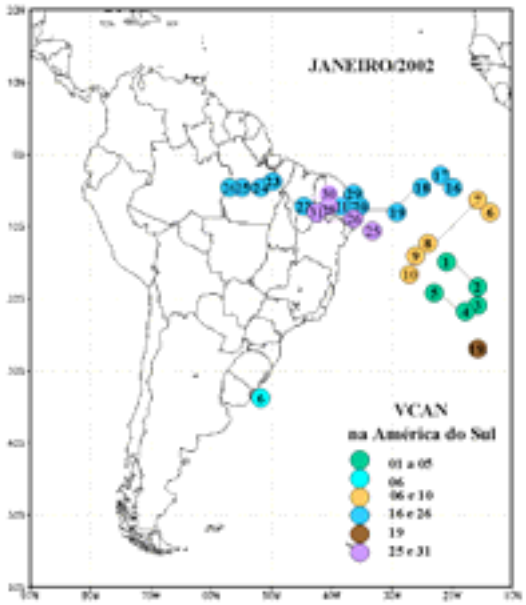

Fig. 5 - Trajetória dos VCAN em janeiro de 2002. Círculos e números indicam o centro do VCAN e dias de atuação do sistema, respectivamente.
FONTE: Climanálise (2002).