

# UM EVENTO DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA SOBRE A COSTA LESTE DO NORDESTE DO BRASIL

*Alan James Peixoto CALHEIROS<sup>1</sup>, Luiz Carlos Baldicero MOLION<sup>2</sup>, João Caetano Mancini VAZ<sup>3</sup>, Ricardo Sarmiento TENÓRIO<sup>4</sup>*

## RESUMO

Totais pluviométricos anômalos foram registrados nos Estados da Costa Leste do Nordeste do Brasil (ENE) de 31 de maio a 02 de junho de 2004. Os totais acumulados de precipitação de junho excederam os 500 mm em Maceió, Natal e Recife. Somente no Estado de Alagoas o saldo dos prejuízos socioeconômicos decorrentes desse evento extremo foi de 31 mortos, mais de 20 mil desabrigados e danos materiais estimados em R\$200 milhões. O evento foi analisado usando dados de Reanálises do NCEP/NCAR, do Sistema de Radar Meteorológico do Estado de Alagoas (SIRMAL), imagens de satélite e dados convencionais de precipitação. A causa do tempo severo e inundações foi uma série de distúrbios ondulatórios no campo dos ventos Alísios e águas anormalmente quentes ao longo da costa que aumentaram a convergência do fluxo de umidade, intensificando os complexos convectivos de escala sub-sinótica sobre o continente.

**Palavras-Chave:** Precipitação, Leste do Nordeste do Brasil, POA

## ABSTRACT

Extreme rainfall totals were recorded in the Eastern Coast States of Northeastern Brazil (ENE) from May 31<sup>st</sup> to June 2<sup>nd</sup> 2004. The accumulated rain exceeded 500 mm in the cities of Natal, Recife and Maceió. In the State of Alagoas, the results of this extreme event was loss of 31 lives, more than 20 thousand homeless and damages exceeding US\$100 million. The event was analyzed using the NCEP/NCAR Reanalyses data and State of Alagoas Weather Radar System (SIRMAL), satellite imagery and conventional rain gage data. The cause of the severe weather and flooding was a series of wavy disturbances in the Trade winds field (WDT) and the abnormally warm water along the coast that enhanced moisture flux convergence and intensified the sub-synoptic scale convective complexes overland.

**Key-Words:** Precipitation, Eastern Coast Northeastern Brazil, WDT

## INTRODUÇÃO

Devido a sua localização geográfica, o Nordeste do Brasil (NEB) sofre a influência de sistemas meteorológicos o qual conferem características climáticas peculiares, sendo conhecida

---

<sup>1</sup>Bolsista FAPESP, Mestrando em Meteorologia, CPTEC/INPE. Rodovia Presidente Dutra, km 39, Cachoeira Paulista – SP, DSA/CPTEC/INPE, CEP. 12630-000. Tel: (12) 3186-9326. [alan@cptec.inpe.br](mailto:alan@cptec.inpe.br)

<sup>2</sup>PhD. Prof. Tit. ICAT/ UFAL. Campus A. C. Simões, BR 104 - Norte, Km 97, Cidade Universitária - Maceió - AL, CEP 57072-970. Tel: (82) 3214-1369. [molion@radar.ufal.br](mailto:molion@radar.ufal.br)

<sup>3</sup>Aluno bolsista PIBIC/CNPq do curso de graduação em meteorologia, UFAL. Campus A. C. Simões, BR 104 - Norte, Km 97, Cidade Universitária - Maceió - AL, CEP 57072-970. [cae\\_mancini@hotmail.com](mailto:cae_mancini@hotmail.com)

<sup>4</sup>Dr. Prof. Tit. ICAT/ UFAL. Campus A. C. Simões, BR 104 - Norte, Km 97, Cidade Universitária - Maceió - AL, CEP 57072-970. Tel: (82) 3322-2300. [tenor@radar.ufal.br](mailto:tenor@radar.ufal.br) .

como uma região de alta variabilidade temporal e espacial no campo de precipitação. Essa alta variabilidade no regime pluviométrico do NEB está associada às interações entre sistemas meteorológicos de mesoescala e macroescala. Assim, a atuação simultânea ou não desses sistemas, e de seus posicionamentos relativos à Região, são responsáveis por chuvas muito acima ou muito abaixo da normal climatológica para essa região, podendo provocar tanto enchentes como secas severas.

No dia primeiro de junho de 2004, Estados da Costa Leste do Nordeste do Brasil (ENE) foram atingidos por fortes chuvas as quais provocaram grandes perdas humanas e materiais. Essa fatalidade foi provocada pela presença de complexos convectivos oriundos do continente africano, que rapidamente atingiram a região. A formação de aglomerados de nuvens e o posicionamento do sistema de alta pressão subtropical do Atlântico Sul foram favoráveis à ocorrência do evento extremo. Nas cidades de Natal e Recife, os totais acumulados no mês de junho foram de 615,9 mm e 538,9 mm, respectivamente. Em Maceió, o total acumulado foi igual a 653,6mm, sendo a climatologia do mês igual a 298,3mm. No interior da Região Nordeste, predominou o período de estiagem e as chuvas acumuladas não ultrapassaram 25 mm.

## **METODOLOGIA**

Para a análise da situação sinótica de junho de 2004 foram utilizados dados de análises de modelos numéricos, das Reanálises do NCEP/NCAR. Dados de Precipitação do Sistema de Radar Meteorológico do Estado de Alagoas (SIRMAL) e convencionais da Diretoria de Hidro-meteorologia do Estado de Alagoas (DHM/AL). As imagens do satélite GOES foram obtidas no *site* do DSA/ CPTEC/INPE.

Utilizou-se o software GrADS para visualização das análises dos campos de variáveis meteorológicas. Foram elaboradas cartas e analisados os campos das diferentes variáveis meteorológicas, tais como: temperatura de superfície do mar (TSM), radiação de onda longa (ROL) emitida para o espaço, divergência do fluxo de umidade e divergência do vento horizontal.

## **RESULTADOS**

A Figura 1(a) mostra as anomalias da precipitação observada para o mês de Junho de 2004 sobre o NEB. Durante esse mês, as precipitações ficaram acima da média climatológica, em cerca de 100 a 300 mm, sendo mais intensas sobre o litoral, devido à convergência de umidade na costa. Na Figura 1(b), a disparidade entre a precipitação média observada e a média climatológica para Estado de Alagoas no mês de junho de 2004, mostra que foram registrados valores muito acima do normal em algumas regiões do Estado. Na região do Litoral, observou-se que a precipitação

ultrapassou a média climatológica em 319,4mm; nas regiões do Baixo São Francisco e da Zona da Mata, a diferença chegou a 265,5 e 261,1mm, respectivamente. No Agreste, as chuvas ultrapassaram a normal em 46,0mm, enquanto na região do Sertão, as chuvas estiveram abaixo da normal em 47,8mm, bem como no Sertão do São Francisco onde o registro foi de 13,7mm abaixo.

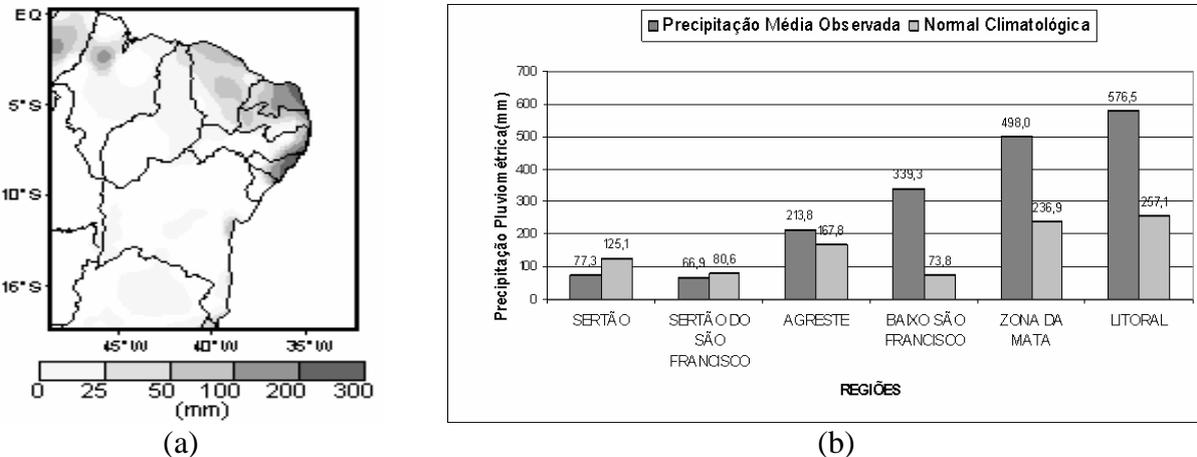


Figura 1. Precipitação (mm) observada em junho de 2004: (a) anomalia sobre o NEB e (b) observadas para regiões do Estado de Alagoas e suas respectivas normais climatológicas (à direita).

Nas Figuras 2a e 2b mostraram-se as imagens do SIRMAL e do satélite GOES (DSA/CPTEC/INPE), respectivamente, para o dia 01 de junho de 2004 aproximadamente às 12hr tempo local (TL). Na imagem do SIRMAL (Figura 2a), visualizam-se as precipitações (mm/h) sobre o Estado de Alagoas. Nesse horário, alguns núcleos chegaram a 186mm/h. Na imagem do satélite GOES-12, no canal espectral do infravermelho (Figura 2b), às 15Z, foram observados aglomerados de cumulonimbos sobre o ENE. Esses sistemas desenvolvidos foram produzidos por distúrbios vindos da África. Tais complexos convectivos tiveram seu estágio de desenvolvimentos máximo no dia 01 junho, porém seu desenvolvimento inicial se deu a partir do dia 29 de maio, desenvolvendo sua estrutura vertical à medida que se aproximaram da costa.

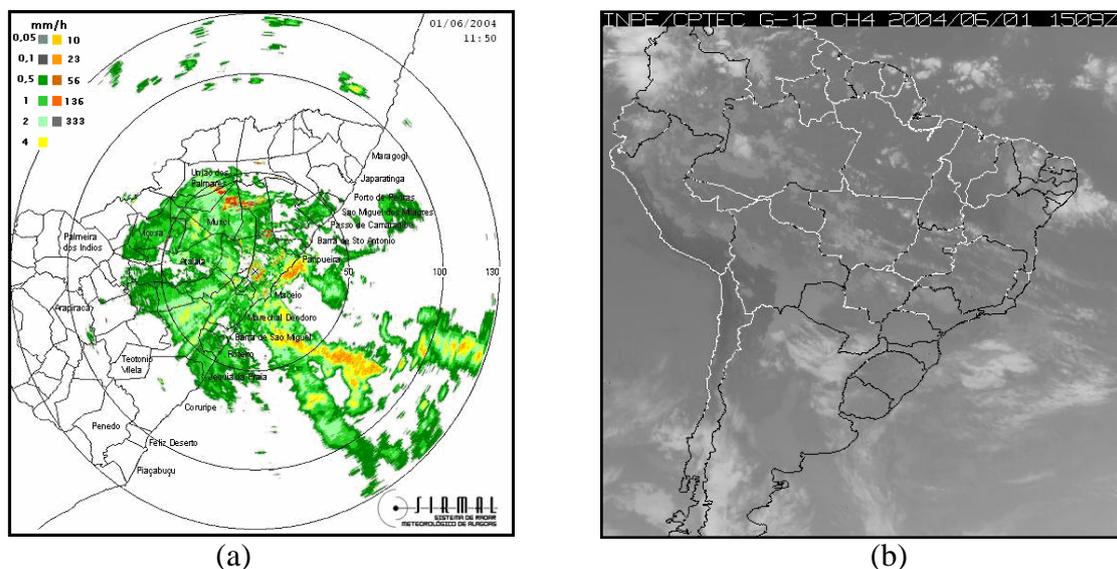


Figura 2. Imagens às 15Z do dia 01 de junho de 2004 do (a) Radar (SIRMAL) e do (b) Satélite GOES no infravermelho (CPTEC/INPE).

Na Figura 3, mostraram-se os campos horários de divergência do fluxo de umidade ( $10^7 \cdot s^{-1} \cdot g \cdot kg^{-1}$ ) em 1000hPa, às 12Z. No dia 27 de maio (Figura 3<sup>a</sup>), foi observado uma região de convergência de umidade (azul) sobre o Sul da Bahia e Oceano Atlântico ( $15^\circ$  a  $45^\circ$ S), relacionada a um sistema frontal do Hemisfério Sul (SFHS), e uma região mais a norte, com valores mais altos de divergência (vermelho) sobre o estado de Alagoas e adjacências, de aproximadamente  $1,5 \cdot 10^{-7} \cdot s^{-1} \cdot g \cdot kg^{-1}$ . Essa divergência impediu o deslocamento do SFHS para latitudes mais baixas. A convergência de umidade sobre o ENE ocorreu no dia 30 de maio (Figura 3b), intensificando o SFHS e organizando o desenvolvimento dos sistemas convectivos sobre a Região.

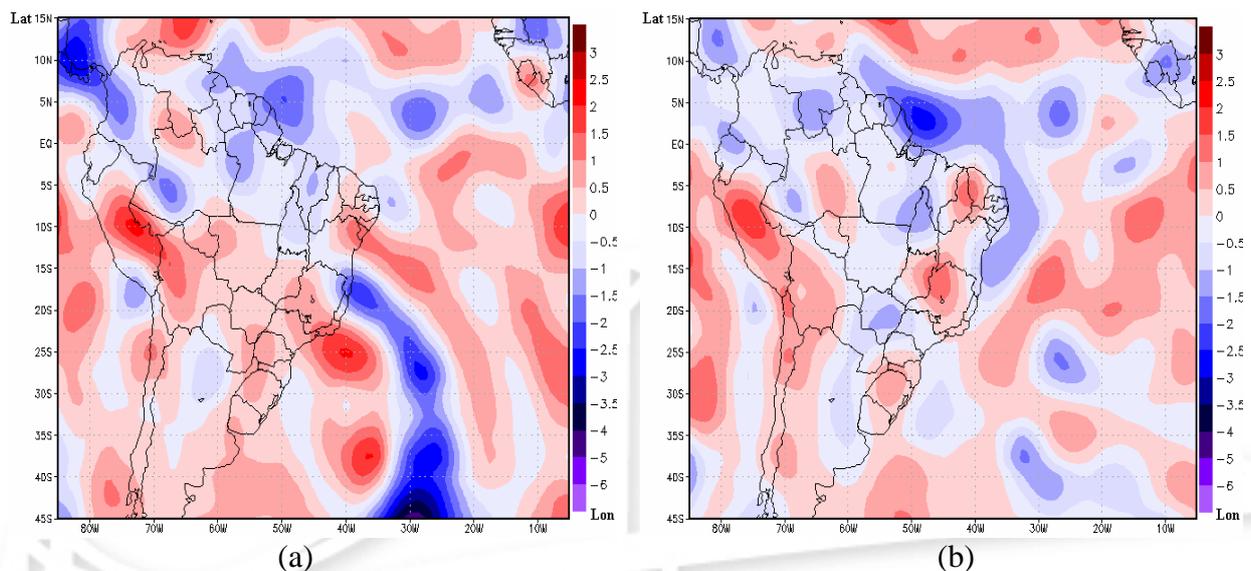


Figura 3. Campos horários de divergência do fluxo de umidade ( $10^{-7} \cdot s^{-1} \cdot g \cdot kg^{-1}$ ) às 12Z em 1000hPa para os dias (a) 27 e (b) 30 de maio de 2004.

Na Figura 4a, tem-se o campo horário de divergência do vento horizontal e linhas de corrente (LC) em 1000hPa, no dia 27 às 12Z. Nos níveis baixos, divergência do vento horizontal está associada a movimentos descendentes, enquanto convergência está relacionada a movimentos ascendentes. Notou-se uma frente fria posicionada ao longo do Estado da Bahia e a Sul do Oceano Atlântico, com seu eixo (NW-SE) relacionado a uma região de convergência, da ordem de  $-1,5 \cdot 10^{-5} s^{-1}$ . A imagem do satélite GOES (Figura 4b), no mesmo horário, confirma a coerência das análises.

As perturbações se deslocam inseridas no campo de escoamento dos ventos Alísios, que se originam no centro da alta pressão subtropical do Atlântico Sul, próximo à costa da África. Na Figura 5a, foi apresentado um diagrama de hovmoller com as anomalias de ROL ( $W/m^2$ ) para o período 15 de maio a 14 de junho. Na Figura 5a, representou-se tempo x latitude, entre  $30^\circ$ S e  $10^\circ$ N, para uma longitude fixa de  $35^\circ$ W, referente à longitude do Estado de Alagoas. As anomalias negativas de  $-40$  a  $-60 W/m^2$  sugeriram a propagação de um SFHS, localizado em  $30^\circ$ S no dia 24 de maio, até cerca de  $15^\circ$ S, próximo a Salvador, Bahia, no dia 29 de maio. Aparentemente, O SFHS se dissipou (valores positivos) não atingindo o Estado de Alagoas ( $10^\circ$ S). No dia 31 de maio, os

valores de ROL voltaram a ser negativos sobre a latitude de 10°S (seta), chegando a valores de -50 W/m<sup>2</sup> entre os dias 1 e 2 de junho. Concluiu-se que, ou o SFHS se dissipou ao sul de Salvador devido a uma alta pressão ao norte, ou ele continuou sua progressão, porém com, ou sem, nebulosidade baixa e voltou a se intensificar com a convergência com os distúrbios nos Alísios.

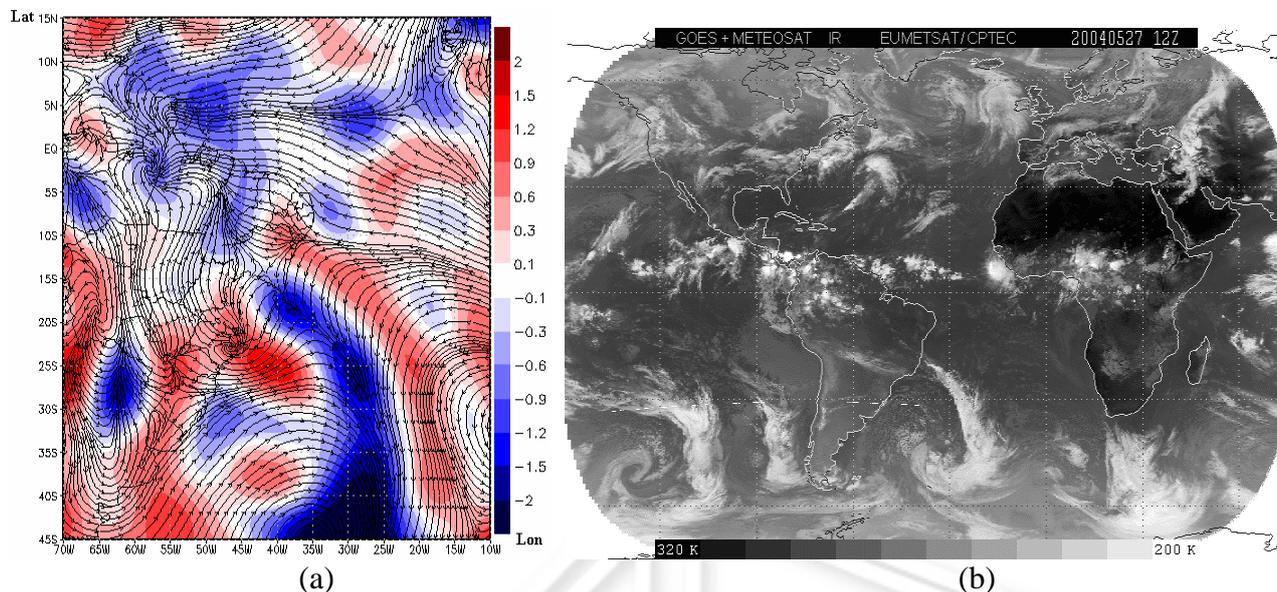


Figura 4. (a) Campo horário de divergência do vento horizontal ( $10^{-5} \cdot s^{-1}$ ) no dia 27 e (b) imagem do satélite GOES, no infravermelho às 12Z do dia 27 de maio de 2004 (CPTEC/INPE).

Analisando a seção temporal de anomalias de ROL com longitude (Figura 5b), com latitude fixada em 10°S (Alagoas), observou-se o deslocamento de distúrbios provenientes da África (valores negativos), de 10°W para 40°W entre os dias 28 de maio e 02 de junho. Portanto, a causa mais provável dos altos totais pluviais parece ter sido o deslocamento das perturbações do Atlântico em direção ao ENE, com uma velocidade média estimada de 9° por dia, o que é consistente com os valores encontrados na literatura, que mencionaram propagação de 6° a 12° por dia. Nos dias 31 de maio a 02 de junho, os valores de ROL foram mais baixos (-40 a -50 W/m<sup>2</sup>), indicando um sistema convectivo bem desenvolvido sobre o ENE. É possível que o aumento da convergência do fluxo de umidade, associada aos distúrbios nos Alísios, tenham intensificado o sistema frontal enfraquecido, que se deslocara do sul do País (Figura 5a).

Valores de TSM acima de 26,5°C são necessários para a intensificação das perturbações atmosféricas sobre o oceano Atlântico (Hastenrath, 1985). A grande atividade convectiva e precipitação observada estiveram relacionadas às elevadas TSM ao longo da costa do ENE. Foram registradas anomalias de TSM sobre grande parte da faixa tropical do Oceano Atlântico, para o mês de maio de 2004, de aproximadamente 0,6°C. A faixa de anomalias positivas indicou a trajetória percorrida pelos distúrbios até o ENE. Os valores médios de TSM próximos à costa atingiram 28°C em 30 de maio, intensificando o desenvolvimento de sistemas convectivos.

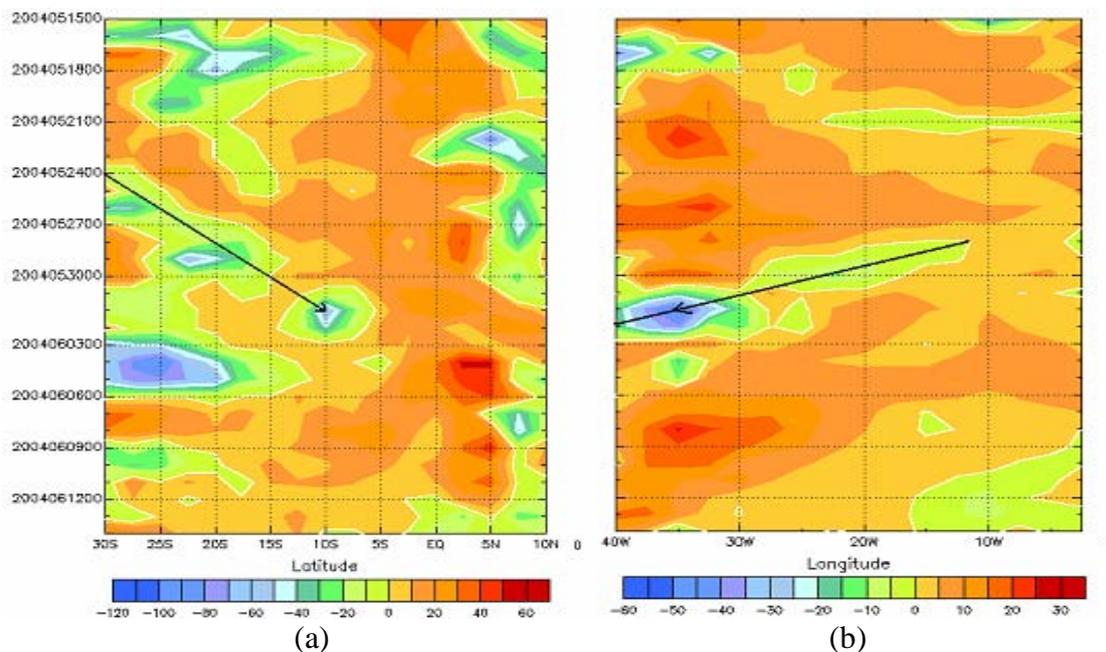


Figura 5. Diagrama de hovmoller de anomalias de radiação de onda longa ( $W/m^2$ ) no período de 15 de maio a 14 de junho, (a) tempo x latitude, (b) tempo x longitude.

## CONCLUSÕES

As análises de eventos extremos de precipitações sobre o NEB são de suma importância para previsão do tempo e clima da Região. A Costa Leste do NEB (ENE) sofre influência de sistemas convectivos intensos, oriundos do Atlântico Sul principalmente. Neste caso, o fenômeno que provocou totais pluviométricos de 100mm a 300mm acima das normais sobre a Região, em particular no Estado de Alagoas, foram sistemas convectivos originados de perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios (POA), resultantes da interação entre SFHS e os Alísios. Tais distúrbios foram intensificados pelo aumento da convergência do fluxo de umidade sobre TSM acima de  $28^{\circ}C$  ao longo da costa ENE e pelo deslocamento de um SFHS para latitudes mais baixas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**HASTENRATH, S.** Climate and Circulation of the tropics. Atmospheric Sciences Library, D. Reidel Publishing Company, 455 p, 1985.

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

**MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O.** Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia 17(1): 1-10, ISSN0102-7786, 2002.

**SOUZA, E. B., ALVES, J. M. B., NOBRE, P.** Anomalias de precipitação nos setores norte e leste do Nordeste Brasileiro em associação aos eventos do padrão de dipolo observados na bacia do Atlântico Tropical. Revista Brasileira de Meteorologia, 13 (2): 45-55, ISSN0102-7786, 1998.