

Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Análise de Aspectos Meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em Anos de El Niño e La Niña

Julliana Larise Mendonça Freire¹, Jeane Rafaele Araújo Lima², Enilson Palmeira Cavalcanti³

¹Meteorologista, CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista – SP, Brasil. E-mail: julliana.freire@cptec.inpe.br ²Graduanda em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Campina Grande – PB, Brasil. ³Meteorologista, Professor Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas – UFCG, Campina Grande – PB, Brasil.

Artigo recebido em 15/08/2011 e aceite em 05/09/2011

RESUMO

Na elaboração desse trabalho, foram analisadas as diferenças entre os valores das variáveis de temperatura da superficie, vapor d'água e energia potencial convectiva disponível (CAPE) em dois anos de diferentes precipitações pluviométricas na região Nordeste do Brasil (NEB), um ano de El Niño (1998) e um ano de La Niña (2008). O estudo refere-se ao trimestre fevereiro-março-abril (FMA), período chuvoso no Norte do NEB, região mais afetada pelos eventos de El Niño e La Niña. O modelo numérico *Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System* – BRAMS foi utilizado para simular os campos das variáveis referidas. Para a inicialização do modelo BRAMS foram utilizados dados de reanálises 1 do *National Centers for Environment Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR). Além disso, foram utilizados dados de temperatura da superfície do mar (TSM) observada, que foi incluída no modelo como condições de contorno sobre oceano. Os resultados obtidos mostraram que se pode reproduzir aspectos meteorológicos durante eventos de El-Niño/Oscilação Sul, com a utilização do BRAMS. A temperatura da superfície e o vapor d'água apresentaram seus maiores valores no ano seco de 1998, principalmente no Norte do NEB. Os maiores valores da CAPE foram observados na região semiárida no período de La Niña.

Palavras-chave: BRAMS, El Niño/La Niña, precipitação

Analysis of Meteorological Aspects on the Northeast of Brazil in El Niño and La Niña Years

ABSTRACT

In the development of this study, have been analyzed the differences between the values of surface temperature, precipitable water and convective available potential energy (CAPE) in two different rainfalls years in Northeast Brazil (NEB), an El Niño year (1998) and a La Niña year (2008). The study refers to the quarter from February to March-April (FMA), the rainy season in northern NEB region most affected by El Niño and La Niña. The numerical model *Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System* - BRAMS was used to simulate the fields of the mentioned variables. For the initialization of the BRAMS model reanalysis data were used by the National Centers for Environment Prediction / National Center for Atmospheric Research (NCEP / NCAR). In addition, have been used data from the observed sea surface temperature (SST), which was included in the model as boundary conditions on the ocean. The results showed that meteorological aspects can play well during ENSO events, using the BRAMS. Surface temperature and water vapor presented their highest values in the dry year of 1998, mainly in northern NEB. The highest values of CAPE were observed in the semiarid region in the rainy season.

Keywords: BRAMS, El Niño/La Niña, precipitation

1. Introdução

O Nordeste do Brasil (NEB) é uma das regiões em que se observa a ocorrência de

anomalia de precipitação, em associação aos padrões oceânicos e atmosféricos anômalos provocados pelo aparecimento dos eventos

^{*} E-mail para correspondência: julliana.freire@cptec.inpe.br (Freire, J. L. M.).

El-Niño/Oscilação Sul (ENOS) (Kousky et al, 1984).

O Fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) tem duas fases: La Niña (Fase Fria), e El Niño (Fase Quente). Segundo Vianello et al (2001), a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña está associada com secas e enchentes no NEB. Afetando principalmente a região semiárida onde a população depende exclusivamente das chuvas para o seu sustento.

O ENOS pode ser quantificado pelo Índice de Oscilação Sul (IOS). Este índice representa a diferença entre pressão ao nível do mar entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico do Oeste (Darwin/Austrália). Valores negativos e positivos elevados do IOS são indicadores da ocorrência do El Niño (EN) e La Niña (LN), respectivamente.

El Niño e La Niña, fenômenos meteorológicos de grande escala, que são caracterizados por anomalias de temperatura da superfície do Oceano Pacífico, que ocorrem simultaneamente com anomalias do IOS. Esses fenômenos afetam a circulação atmosférica. determinando principalmente anomalias no campo da precipitação pluviométrica em diversas regiões do Globo Terrestre.

O El Niño é o aquecimento anormal do Oceano Pacífico Equatorial que, combinado com o enfraquecimento dos ventos alísios na mesma região, provoca mudanças na circulação atmosférica. Em anos de El Niño há uma mudança de posição do ramo ascendente da célula de Walker no Pacífico Equatorial que se desloca para o Pacífico Equatorial Leste. Formam-se então dois ramos descendentes, um deles sobre o atlântico e Nordeste do Brasil.

A La Niña é um fenômeno que se caracteriza por ser oposto ao El Niño, ou seja, é o resfriamento das águas do Oceano Pacífico Equatorial, por esse motivo é conhecido como episódio frio (Oliveira, 2001). Durante sua atuação, ocorre um fortalecimento da Alta Subtropical do Pacífico Sul, transportando águas oceânicas superficiais frias de forma mais eficiente para o Pacífico Equatorial Central-Oeste, fortalecendo assim, a célula de Walker.

Eventos de El Niño e La Niña, possuem uma tendência a se alternarem entre períodos que variam em média de 2 a 7 anos, porém, há evidências de que a La Niña tem ocorrido em menor quantidade nas últimas décadas. A periodicidade de ocorrência entre um evento e outro pode mudar de 1 a 10 anos e suas intensidades variam bastante em cada caso. A duração típica do El Niño é cerca de 12 a 18 meses, enquanto o de La Niña é de 9 a 12 meses. Algumas vezes, os eventos de El Niño e La Niña tendem a ser intercalados por condições normais (Oliveira, 2001).

O impacto causado pelo fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), um exemplo de perturbação climática de escala global, pode ser sentido pela modificação no regime e no total de precipitação que, dependendo da intensidade do evento, pode resultar em secas severas, interferindo nas atividades humanas (Molion & Bernardo, 2002).

O El Niño de 1997/98 foi considerado o evento mais forte do século, a seca devido a esse fenômeno provocou, no NEB, grandes impactos sociais, econômicos e ambientais. As principais consequências das secas são relacionadas, principalmente, com a baixa produtividade na agricultura, pecuária e abastecimento d'água aos centros urbanos e comunidades rurais. A La Niña de 2008, também considerado como forte, causou enchentes na região Nordeste.

As previsões climáticas na escala de tempo sazonal, divulgadas pelos órgãos de meteorologia, têm contribuído significativamente para a redução nos danos materiais e nas mortes (Yu et al., 2002). Os modelos atmosféricos tanto os de escala global quanto os regionais são ferramentas que auxiliam os meteorologistas nestas previsões. Para fenômenos de grande escala, os modelos globais disponibilizam uma melhor visualização quando estiverem atuando num determinado local.

O presente estudo tem como objetivo, avaliar as diferenças entre os valores de temperatura da superfície, vapor d'água e energia potencial convectiva disponível (CAPE) em dois anos de diferentes precipitações pluviométricas na região Nordeste do Brasil, um ano de El Niño (1998) e um ano de La Niña (2008). Utilizou-se o modelo atmosférico BRAMS (Brazilian developments on the Regional Atmospheric

Modeling System), atualmente em uso no Laboratório de Modelagem e Desenvolvimento (LMD), da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

2. Material e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo e dos sistemas sinóticos atuantes

A região Nordeste do Brasil – NEB está situada no extremo leste da América do Sul, é banhada ao norte e a leste pelo Oceano Atlântico, ocupando a posição norte-oriental do País, entre 1° e 18° 30' de latitude sul e 34° 20' e 48° 30' de longitude Oeste. Ocupa uma área de 1.561.177,8 km², o que representa 18,3% do território brasileiro e com 53.081.950 habitantes é a região do país mais subdividida politicamente, com nove estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (Garcia & Garavello, 1996).

Apesar dessa localização, o NEB não apresenta uma distribuição de chuvas típica das regiões equatoriais, mas inclui principalmente o clima tropical, como a precipitação anual variando de 300 a 2000 mm: clima tropical úmido (do litoral da Bahia ao Rio Grande do Norte); clima tropical (em áreas dos Estados da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí); e clima tropical semiárido (em todo o sertão nordestino).

Dentre os principais fatores que determinam a distribuição dos elementos

climáticos no NEB e sua variação sazonal, está sua posição geográfica, seu relevo, a natureza de sua superfície e os sistemas de pressão atuante na região.

Os sistemas atmosféricos de grande escala, que são responsáveis por cerca de 30% a 80% da precipitação observada, dependendo do local, atuantes na região e que define os regimes de precipitação, segundo Strang (1972) são: a) a ZCIT favorecendo a precipitação nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, parte do Rio Grande do Norte e oeste da Paraíba e Pernambuco, nos meses de

fevereiro a maio (Regime 3); b) penetração de sistemas frontais, ou seus restos, no sul da Bahia e Maranhão em novembro, dezembro e janeiro (Regime 12); c) distúrbios de leste e frentes frias influenciando a precipitação em toda a costa leste do NEB, nos meses de abril, maio e junho (Regime 5); d) vórtices ciclônicos da alta troposfera com influência todo o NEB, de forma em sazonal, preferencialmente entre os meses de novembro a março, com maior frequência no mês de janeiro (Namias, 1972; Kousky, 1979; Kousky & Gan, 1981).



Figura 1. O NEB dividido por suas regiões e os regimes de chuva com máximo em março, maio e dezembro. Fonte: adaptada por Kousky, 1979. Em destaque a área que são análisadas as variaveis mencionadas nos objetivos.

O ENOS no Oceano Pacífico (Rasmusson & Carpenter, 1982; Tremberth & Shea, 1987; Philander, 1990) e o Dipolo do Oceano Atlântico Tropical (Moura & Shukla, 1981) estão associados a qualidade da estação chuvosa do NEB. O Dipolo atua inibindo a precipitação do NEB quando o Atlântico Norte está mais aquecido do que o Sul, provocando a intensificação da circulação da célula de Hadley, não permitindo que a ZCIT atinja o Norte do NEB. Efeitos contrários favorecem uma estação chuvosa com índices pluviométricos acima da média. As condições dos Oceanos Atlântico e Pacífico tropicais podem produzir efeitos que se compensem, fazendo com que as chuvas do NEB fiquem em torno da média.

2.2 Período de estudo

Nesse estudo, foram analisadas as variações sazonais e espaciais da precipitação

no NEB para um evento de El Niño (1998), e La Niña (2008), durante o trimestre fevereiro, março e abril (FMA). Os eventos nos anos de 1998 e 2008 foram classificados como forte (www.cptec.inpe.br/enos).

As distribuições espaciais da precipitação acumulada (P_i) e temperatura média (T_m) para o trimestre fevereiro-marçoabril (FMA), dos anos de 1998 e 2008, para o período de estudo são visualizadas nas Figuras 2 e 4. Nas Figuras 3a e 3b são observadas as anomalias da precipitação em relação à média climatológica (P_c), para os meses citados ($P_i - P_c$). Para a construção dessas figuras utilizou-se dados de rede pluviométricas do NEB, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



Figura 2. Precipitação acumulada (mm) do período fevereiro a abril de 1998 (a) e 2008 (b)

Para o ano de 1998 os desvios observados em todo o NEB (Figura 3a) foram

negativos e variam de -100 a -700 mm, exceções para pequenas áreas do extremo

norte do NEB, sul do Ceará e da Bahia e centro-oeste do Piauí, caracterizando o período de fevereiro a abril de 1998 como seco. O que contribuiu para este déficit na precipitação do NEB foi a atuação do efeito El Niño, que provocou correntes descendentes sobre o NEB inibindo a precipitação (Roucou et al. 1996). Na Figura 4a, são observadas temperaturas elevadas sobre o NEB. Em 2008 (Figura 3b) foram observados, para os meses mencionados, desvios positivos entre 100 e 800 mm na maior parte do NEB, com exceção para o extremo norte do Ceará e leste da Bahia. Desta forma, assumiu-se o ano de 2008, como chuvoso. É verificado, na Figura 4b, uma queda na temperatura que também evidencia o período chuvoso.



Figura 3. Desvio do total da precipitação de fevereiro a abril de 1998 (a) e 2008 (b), em relação à normal climatológica para o mesmo período em mm

Os dados de grande escala utilizados para simulação das informações com o modelo BRAMS, para os meses e anos especificados, foram obtidos no *National Centers for Environment Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR), espaçados em uma grade de 2,5°x 2,5° latitude e longitude, respectivamente, que consiste em um sistema de assimilação dos dados do projeto *reanalysis* (que incluem módulos de controle de qualidade, análise objetiva e interpolação), descritos em Kalnay et al. (1996) e Kistler et al. (2001). As variáveis utilizadas são: altura geopotencial, temperatura do ar, umidade relativa do ar e componentes zonal e meridional do vento, para intervalos de 6 horas (00, 06, 12 e 18 UTC).

O projeto *reanalysis* do NCEP/NCAR teve início por volta de 1995 e gerou uma base de informações de variáveis meteorológicas em pontos de grades. Nesse processamento foi aplicado o estado atual da arte em análise e previsão dentro de um rígido controle de qualidade, para assimilação dos dados observados. As observações assimiladas são um conjunto de observações de satélites geostacionários, observações de avião, navios, balões piloto, radiossondas, bóias, observações de superfície e oceânicas (Kalnay et al. 1996).

Além das variáveis atmosféricas descritas acima, foram utilizados dados de TSM observada, como condições de contorno para o modelo, obtidas do NCEP/NCAR para os anos de 1998 e 2008.



Figura 4. Temperatura média (°C) do período fevereiro a abril de 1998 (a) e 2008 (b)

2.3 Dados utilizados

Dentro dos objetivos estabelecidos neste trabalho, as "reanálises" se tornaram a maneira mais racional para fornecer informações da grande escala ao modelo BRAMS, uma vez que as mesmas apresentam regularidade, consistência física e dinâmica no espaço e no tempo.

2.4 Descrição do modelo

Neste trabalho foi utilizado o *Brazilian* developments on the Regional Atmospheric Modeling System – BRAMS, na versão 4.2 (www.brams.cptec.inpe.br), constitui-se em uma versão brasileira do Regional Atmospheric Modeling System – RAMS descrito por Pilke (1984); Pielke et al. (1992) e Walko et al. (1995). O RAMS constitui-se num código numérico altamente versátil, desenvolvido por cientistas da Universidade do Estado do Colorado, nos Estados Unidos da América. Na versão BRAMS tem-se um melhoramento do código e a implementação no modelo da parametrização de nuvens rasas, o que torna o modelo mais completo para utilização no Brasil.

O BRAMS é usualmente aplicado para estudos de mesoescala, com finalidades diversas, que possui várias opções de parametrizações físicas incluídas no seu código. As principais são: radiação de onda longa e de onda curta (Chen E Cotton, 1983), turbulência na camada limite planetária que é calculada segundo Mellor e Yamada (1986), microfísica de nuvens que segue o esquema descrito por Walko et al. (1995), convecção rasa que foi desenvolvida por Souza (1999). A convecção profunda apresenta duas opções: 1) do tipo Kuo (1974), modificada por Molinari (1985), 2) parametrização do tipo Grell (Grell E Dévéndyi, 2002).

Existem diversos tipos de fechamento para determinar a quantidade e a localização de convecção. No esquema Grell (Grell E Dévényi, 2002) são utilizados alguns fechamentos com o objetivo de determinar o fluxo de massa na base da nuvem m_b . Na versão atual do BRAMS, o Grell dispõe dos seguintes esquemas: Ensemble (EN), Grell (GR), Low Level Omega (LO), Convergência de Umidade (MC), Kain Fritsch (SC) e Arakawa-Schubert (AS). O esquema Grell cujo fechamento baseia-se em Grell (1993) foi usado neste trabalho.

2.5 Descrição das simulações

Foram realizadas duas simulações com as mesmas características de parametrizações. Utilizou-se a interação da radiação solar com as nuvens simuladas pelo modelo (Chen e Cotton, 1983, Chen e Cotton, 1987) para parametrização da radiação. No processo de convecção profunda, a parametrização é do tipo Grell com fechamento Grell (Grell e Dévényi, 2002), na difusão turbulenta o Fechamento é de ordem 2 (MelloR e Yamada, 1982). A microfísica de nuvens segue o esquema descrito por Walko et al. (1995) e a é inicialização da umidade do solo homogênea (Gevaerd e Freitas, 2006).

A definição da grade utilizada na simulação tem 84 pontos de grade distribuídos na direção zonal e 84 pontos na direção meridional. Na vertical o modelo conta com 42 níveis atmosféricos, com a grade vertical aumentando por um fator 1,2, à medida que atinge níveis mais altos na vertical. Os experimentos foram configurados com uma grade, centradas em 10°S e 40°W, sendo a resolução horizontal de 25 km.

A simulação teve duração de 2136 horas, com início no dia 01 de fevereiro de 1998 as 00:00 UTC e término as 18:00 UTC do dia 30 de abril de 1998. O mesmo foi feito para o ano de 2008.

3. Resultados e Discussão

Foram analisados os aspectos gerais dos campos médios da temperatura da superfície, vapor d'água e a CAPE sobre o NEB, para o período estudado, conforme simulações do modelo BRAMS.

Comparando o comportamento do campo médio da temperatura da superfície no

trimestre FMA dos anos considerados como seco (1998) e chuvoso (2008), é observado que, para o ano de 1998 (Figura 5a) os valores da temperatura são maiores do que os valores para o ano de 2008 (Figura 5b) em toda a região Nordeste. Os valores mais intensos são verificados no noroeste do NEB, nos estados do Maranhão e Piauí, com isolinhas em torno de 28°C.



Figura 5. Distribuição espacial do campo médio da temperatura da superfície (°C) para o trimestre FMA de 1998 (a) e 2008 (b)

A Figura 6, referente à razão do campo médio da temperatura da superfície de 1998 (seco) e o ano de 2008 (chuvoso). É observado que, em toda a região do NEB, valores superior a 1 (um), indicando que nesse trimestre as maiores temperaturas foram durante o período seco. O padrão observado durante a simulação está coerente com a característica seca do trimestre FMA de 1998 (Figura 3).

Para o campo médio da água precipitável os valores simulados apresentamse de maneira similar para ambos os períodos (Figura 7a e 7b) com os maiores valores situados no Norte da região. A água precipitável sobre o NEB diminui no sentido norte-sul, que está de acordo com a afirmação feita por Rosen et al. (1979) que a água precipitável diminui do equador para os pólos. Essa característica tem relação com o aquecimento atmosférico pela radiação solar e consequentemente com a capacidade que a atmosfera tem de reter vapor d'água.



Figura 6. Razão entre campo médio da temperatura da superfície do ano seco (1998) e o ano chuvoso (2008) para o trimestre FMA



Figura 7. Distribuição espacial do campo médio do vapor d'água (mm) para o trimestre FMA de 1998 (a) e 2008 (b)

Na Figura 8, a razão entre o ano seco sobre o chuvoso, mostra que no setor Norte do NEB a variabilidade temporal da água precipitável no ano chuvoso para o trimestre FMA é menor que no ano seco. Para a região Sul acontece o inverso. Os menores valores foram observados na Bahia, devido grandes elevações como a Chapada Diamantina e o Espigão Mestre, além de sua localização ao sul do NEB, que contribuem para esses baixos valores. O Maranhão é o Estado que apresenta os maiores valores de água precipitável, por sua localização próxima a linha do equador, da cobertura de floresta e da característica do relevo, em maior parte formado por planícies.



Figura 8. Razão entre campo médio do vapor d'água do ano seco (1998) e o ano chuvoso (2008) para o trimestre FMA.

Nesse estudo foram observadas as condições termodinâmicas da atmosfera através do índice de instabilidade CAPE que avalia o grau de atividade convectiva. Durante a atuação do fenômeno El Niño, Figura 9a, os valores da CAPE são mais intensos na região norte do NEB, com variação de 1200 a 1600 J/kg, esses valores indicam a existência de uma atmosfera favorável ao desenvolvimento de convecção com intensidade moderada, enquanto na costa Leste e Sul do NEB verificam-se valores em torno de 400 J/kg, sem possibilidade de ocorrência de convecção segundo o índice de instabilidade CAPE.

Na figura 9b, atuação do fenômeno La Niña, os valores se assemelham ao ocorrido no ano de El Niño, com destaque para a costa leste do NEB onde os valores são mais intensos, com isolinhas em torno de 1200 J/kg, principalmente nos estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.

Nota-se, na Figura 10, através do campo da razão entre o período seco e o chuvoso, em praticamente toda a região semiárida os valores do ano chuvoso são superiores ao do ano seco.

No setor Norte não se diferenciam muito, razão em torno de 1 (um), com exceção para alguns núcleos com valores da razão superior a 1 (um), onde o ano seco apresenta maior CAPE.



Figura 9. Distribuição espacial do campo médio da energia potencial convectiva disponível – CAPE (J/kg) para o trimestre FMA de 1998 (a) 2008 (b).



Figura 10. Razão entre campo médio da energia potencial convectiva disponível do ano seco (1998) e o ano chuvoso (2008) para o trimestre FMA.

Os ciclos médios diários para o mês de fevereiro, na área em destaque na Figura 1, foram analisados. Essa região em destaque é a mais afetada quando da atuação dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña no NEB, durante o mês de fevereiro tais fenômenos atuam de forma mais intensa dentre o trimestre estudado. Na Figura 11a, a temperatura média diária do ano seco é maior do que no chuvoso, essa variação é em torno de 1°C. Para a água precipitável (Figura 11b) verifica-se o mesmo comportamento da temperatura, durante a atuação do El Nino (seco), são registrados os maiores valores. Essa característica ocorre devido aos movimentos subsidentes do ar que inibe a utilização desse vapor de água para a atividade convectiva e ao aumento da temperatura que eleva o teor de vapor d'água por meio da evaporação.



Figura 11. Ciclo médio diário para: (a) temperatura da superfície (°C), no domínio do retângulo (46W-36W e 10S-4S); (b) água precipitável (mm), no domínio do cubo (46W-36W e 10S-4S).



Figura 12. Ciclo médio diário da CAPE no domínio do retângulo (46W-36W e 10S-4S) sobre o NEB para o mês de Fevereiro.

Para o índice CAPE (Figura 12), os maiores valores diurno são verificados para o ano chuvoso, ou seja, maior probabilidade de ocorrência de precipitação no período chuvoso é durante o dia. O inverso é observado para o caso seco.

4. Conclusões e Sugestões

O modelo BRAMS reproduziu bem as variáveis estudadas durante a atuação do El Niño (1998) e da La Niña (2008) sobre o Nordeste do Brasil.

A temperatura da superficie apresentou seus maiores valores no ano seco de 1998, principalmente no Norte do NEB, onde a subsidência do ar atua de forma mais intensa. O padrão observado durante a simulação está coerente com a característica seca do trimestre FMA de 1998.

No ano seco de 1998, a concentração de vapor d'água sobre o Noroeste do NEB foi mais alta que no ano chuvoso de 2008. Portanto, esta diferença não se constitui no principal fator responsável pela qualidade da estação chuvosa do Norte do NEB, uma vez que em ambos os anos, houve bastante vapor d'água disponível na atmosfera.

Os maiores valores da energia potencial convectiva disponível foram observados na região semiárida no período chuvoso. No setor Norte os valores da CAPE não se diferenciam muito com exceção para alguns núcleos onde, o ano seco apresenta maiores valores. Para o período chuvoso há uma maior probabilidade de ocorrência de precipitação durante o dia. Já durando o período seco os maiores valores foram verificados a noite.

Face ao exposto, é importante a realização de trabalhos futuros que possam analisar com mais detalhes outros aspectos meteorológicos usando a modelagem atmosférica, que possibilite prever tais fenômenos climáticos. Fatores como: redução de grade, resolução horizontal e dados de inicialização também pode ser melhorado para simulações futuras.

5. Referências

Chen, C.; Cotton, W. R (1983). A onedimensional simulation of the stratocumuluscapped mixed layer. Boundary-Layer Meteorology., v.25, p.289-321.

Chen, C., & Cotton, W. R. (1987). The physics of the marine stratocumulus-capped mixed layer. Journal of the Atmospheric Sciences. AMS, Boston, USA. 44, 20, 2951-2977.

Garcia, H. C.; Garavello, T. M. (1996). Lições de geográfia.7. ED. São Paulo: Editora Scipione Ltda, 128 p.

Gevaerd, R. & Freitas, S. R. (2006). Estimativa operacional da umidade do solo para iniciação de modelos de previsão numérica da atmosfera. Parte I: Descrição da metodologia evalidação. Revista Brasileira de Meteorologia, 21, 3a, 59-73. Gevaerd, R.; Freitas, S. R.; Longo, M. D. S.; Moreira, M. A. (2006). Estimativa operacional da umidade do solo para iniciação de modelos de previsão numérica da atmosfera. Parte II: Impacto da umidade do solo e da parametrização de cumulus na simulação de uma linha seca. Revista Brasileira de Meteorologia, v.21 3a, 74-88.

Grell, G. A. (1993). Prognostic Evaluation of Assumptions used by Cumulus Parameterizations. Monthly Weather Review. v.121, p.764-787.

Grell, G. A.; Dévényi, D. (2002). A new approach to parameterizing convection using ensemble and data assimilation techniques. Geophysical Research Letters. v.29, p.1693.

Kalnay, E. et al. (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bulletin of the American Meteorological Society, v.77, p. 437-470.

Kistler, R. et al. (2001). The NCEP–NCAR 50–Year Reanalysis: Monthly Means CD– ROM and Documentation. Bulletin of the American Meteorological Society, v.82, n. 2, p. 247–267.

Kousky, V. E. & Gan, M. A. (1981). Upper troposhperic cyclonic vortices in the tropical South Altantic. Tellus, v.33, p.538-551.

Kousky, V. E. (1979). Frontal influences on Northeast Brazil. Monthly Weather Review, v. 107, p. 1140-1153. Kousky, V. E.; Cavalcanti, I. F. A. (1984). Eventos Oscilação Sul/El Niño: característica evolução e anomalias de precipitação. Ciência e Cultura. v. 36, nº 11, p. 1888-1899.

Kuo, H. L. (1974). Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large-scale flow. Journal of Atmospheric Sciences, v. 31, p.1232-1240.

Mellor, G. L.; Yamada, T. (1986). Development of a turbulence closure model geophysical fluid problems. Reviews of Geophysics and Space Physics: v.20, p.851-857.

Molinari, J. (1985). A general form of Kuo's cumulus parameterization. Monthly Weather Review, v. 113, p. 1411-1416.

Molion, L. C. B., Bernardo, S. O. (2002). Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 17, n.1, p. 1-10.

Moura, A. D.; Shukla, J. (1981). On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulations model. Journal of the Atmospheric Science, v.38, n.12, p. 2653-2673.

Namias, J. (1972). Influence of northern hemisphere general circulation on drought in Northeast Brazil. Tellus. Copenhagen, Denmark. v.24, p. 336-343. Oliveira, G. S. (2001). O El Niño e Você - o fenômeno climático. Livro - O El Niño e Você – o fenômeno climático. Editora Transtec - São José dos Campos (SP), Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/saiba/Oque_el-nino.shtml>. Acesso em: mai. 2011.

Oliveira, G. S. Tópicos em Meio Ambiente e Ciências Atmosféricas - El Niño / La Nina, INPE, São José dos Campos, 2005. Disponível em: http://mtc-m15.sid.inpe.br/ col/sid.inpe.br/iris%401915/2005/11.08.13.01 /doc/05_El_nino.pdf >. Acesso em: mai. 2011.

Philander, S. G. H. (1993). EL Niño, La Niña, and the Southern Oscilation. Academic Press. p. 293.

Pielke, R. A. (1984). Mesoscale meteorological modeling. Academic Press. 612p.

Pielke, R. A.; Cotton, W. R.; Walko. R. L.; et al. (1992) A comprehensive meteorological modeling system –RAMS. Meteorology and Atmospheric Physics. v. 49, p.69-91.

Rasmusson, E. M.; Carpenter, T.H. (1992) Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. Monthly Weather Review, v. 110, p. 354-384.

Souza, E. P. (1999). Estudo teórico e numérico da relação entre convecção e superfícies heterogêneas na região amazônica. 1999. 121 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

Strang, D. M. G. (1972) Análise climatológica das normais pluviométricas do Nordeste do Brasil. São José dos Campos -SP, CTA/IAE, 70 p.

Trenberth, K. E.; Shea, D. J. (1987). On the evolution of the Southern Oscillation. Monthly Weather Review, v. 115, p. 3078-3096.

Vianello, R. L; Ferreira, N. J; Oliveira, L. L. (2001) Meteorologia Fundamental, Edifapes. Erechin – RS.

Walko, R. L.; Tremback, J. C.; Hertenstein, R .F. A. (1995). The regional atmospheric modeling system. Version 3b, User's Guide. Fort Collins: ASTER Division. 121 p.

Yu, Z. et al. (2002). Evaluation of basin-scale hydrologic response to a multi-storm simulation. Journal of Hydrology, v. 257, p. 212 – 225.