

# SIMULAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO NO NEB ATRAVÉS DE TESTES DE ESQUEMAS DE CONVECÇÃO DO BRAMS

*Michelyne D. L. Coutinho<sup>1</sup>, Marília G. do Nascimento<sup>2</sup>, Maytê D. L. Coutinho<sup>3</sup> & Enio P. de Souza<sup>3</sup>*

## RESUMO

Os efeitos da convecção cúmulos estão ligados diretamente à precipitação e podem ser estudados através da parametrização de convecção que dispõe de várias opções de esquemas em diversos modelos, dentre eles o BRAMS. Neste trabalho, a precipitação acumulada sazonal no NEB foi simulada com o BRAMS cujas opções de parametrização de convecção utilizadas foram os esquemas Kuo e Grell, para o período de janeiro a julho de 2005. Foi selecionado para as análises o trimestre: maio, junho e julho, por ser o período mais chuvoso no leste do NEB. O objetivo deste trabalho é avaliar a performance dos esquemas com o propósito de representar a variável estudada em termos de sua distribuição espacial.

## ABSTRACT

The convection cumulus effects are directly linked to precipitation and it can be studied by means of convection parameterization that has several squems options in different models, among them, the BRAMS. In this work, the seasonal accumulated in the NEB was simulated with BRAMS, of which the convection parameterization options employed were the Kuo and Grell's squems, for the period from January to July 2005. It was selected for analysis the trimester: May, June and July, because of this period is the most rainy in the NEB's east. The objective of this work is to assess the squems performance with the purpose to represent the studied variable in terms of it spatial distribution

**Palavras-chave:** Precipitação acumulada, NEB, BRAMS.

## INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil (NEB) tem uma alta variabilidade climática com relação ao seu regime pluviométrico, em escala espacial e temporal. O semi-árido representa mais da metade da área total do NEB (Fig.1), abrangendo a parte central e a zona costeira norte, com precipitação acumulada inferior a 1000 mm/ano, sendo o clima predominantemente semi-árido. Sazonalmente, segundo Rao et al. (1997), o regime de precipitação no NEB define-se em pelo menos três áreas distintas (Fig.2) influenciadas por diferentes sistemas meteorológicos que produzem precipitação significativa.

---

<sup>1-2</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Rod. Presidente Dutra km 40 SP-RJ 12630-000 Cachoeira Paulista - SP, Brasil. Fone: (12) 3186-9305 (ramal 9427), e-mail: mduarte@cptec.inpe.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, DCA, Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó, 58109970 - Campina Grande-PB. Fone (83) 3310 1031, e-mail: esouza@dca.ufcg.edu.br



**Figura 1-** Delimitação do semi-árido Nordestino. (Fonte: Ministério da Integração Nacional, 2005).



**Figura 2-** Localização das áreas correspondentes aos principais regimes pluviométricos no NEB. (Fonte: Adaptada por RAO et al, 1997)

Considerando a Figura 2, observa-se que a área representada por grande parte do norte do NEB (área em laranja) apresenta período chuvoso entre fevereiro, março e abril, principalmente devido à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A área em azul que cobre a maior parte da Bahia ocorre a maior variabilidade sazonal de temperatura, devido à penetração de massas de ar relativamente frias no inverno. O período chuvoso nessa área está compreendido entre novembro e dezembro, e está associado à penetração de frentes frias vindas do sul e sudeste, à atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e à formação de Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM). A área em verde compreende todo litoral do Nordeste, exceto o sul da Bahia é diretamente modulada pelas condições do oceano Atlântico, apresentando 60% do total anual de precipitação de toda região, quando comparada às demais áreas do NEB. Climatologicamente, a estação chuvosa nessa área concentra-se no trimestre: maio, junho e julho, resultado da atuação conjunta de vários sistemas atmosféricos e oceânicos.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é o de avaliar qual dos esquemas de parametrização de convecção (Kuo e Grell) melhor simulou, sazonalmente, a precipitação acumulada sobre o NEB, nos meses de maio a julho de 2005.

## **METODOLOGIA**

A versão mais recente do RAMS é o modelo BRAMS (Brazilian Regional Atmospheric Modeling System), cujas características são: Não hidrostático, microfísica de nuvens quentes, tridimensional, parametrizações de precipitação: Cumulus tipo Grell, dispendo de vários fechamentos (Arakawa e Schubert, 1974, Kain e Fritsch, 1992, Kuo 1974, Ensemble, dentre outros) e Cumulus rasos.

### **Esquema Kuo**

Este esquema correlaciona a chuva convectiva observada à convergência total de grande escala de vapor d'água em uma coluna atmosférica. Essa convergência é uma variável útil em parametrizar os efeitos da convecção nos modelos de grande escala.

Os termos de aquecimento e umedecimento, devido à convecção profunda, são expressos pelas equações 1 e 2.

$$\left. \frac{\partial \bar{s}}{\partial t} \right)_{CP} = (1-b) \frac{(s_n - \bar{s})}{\langle s_n - \bar{s} \rangle} L \left\langle \left( \frac{Dq}{Dt} \right)_{GE} \right\rangle \quad (1) \quad \left. \frac{\partial \bar{q}_t}{\partial t} \right)_{CP} = b \frac{(q_n - \bar{q})}{\langle q_n - \bar{q} \rangle} \left\langle \left( \frac{Dq}{Dt} \right)_{GE} \right\rangle \quad (2)$$

Em que:

$q_t$  é a umidade específica total

$s$  é a energia estática

$b$  é a fração de convergência de vapor d'água usada para umedecer a coluna

$(1-b)$  é usado para aquecer a coluna através do calor latente liberado

$\left\langle \left( \frac{Dq}{Dt} \right)_{GE} \right\rangle$  é a convergência total de umidade em uma coluna

O esquema Kuo é considerado do tipo CISK (Instabilidade Condicional de Segundo Tipo, Charney e Eliassen, 1964) porque apresenta o termo de convergência total de umidade.

### Esquema Grell

Diversos fechamentos são usados no esquema Grell para determinar  $m_b$  que é o fluxo de massa da nuvem, a fim de conhecer a localização e chegada da convecção. Na implementação original de Grell, um dos tipos de fechamentos baseia-se em estabilidade de equilíbrio, por meio da definição da função trabalho da nuvem, que foi primeiro definido por Arakawa e Schubert (1974) e mostra um equilíbrio entre o forçante de grande escala e a resposta da nuvem, na forma:

$$-\frac{A'(\lambda) - A(\lambda)}{dt} = \left( \frac{A''(\lambda) - A(\lambda)}{m'_b(\lambda) dt} \right) m_b(\lambda) \quad (10)$$

Em que:

$A(\lambda)$  é a função trabalho da nuvem obtido por campos termodinâmicos

$A''(\lambda)$  é a função trabalho da nuvem

Os dados utilizados neste trabalho são análises do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), observações fornecidas pelo Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste (PROCLIMA) e pela Agência Executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba (AESAs). As observações dos totais acumulados de precipitação têm escala de 24 horas e as assimilações dos dados simulados a cada 6 horas, por isso foram calculados totais simulados para 24 horas, possibilitando dessa forma, comparar as simulações aos dados observados. O conjunto de

integrações corresponde ao período de 01 de janeiro a 31 de julho de 2005, no qual foram selecionados os totais acumulados de precipitação para os meses de maio, julho e julho. As condições iniciais e os dados atmosféricos são as análises baseadas em dados observacionais para o período.

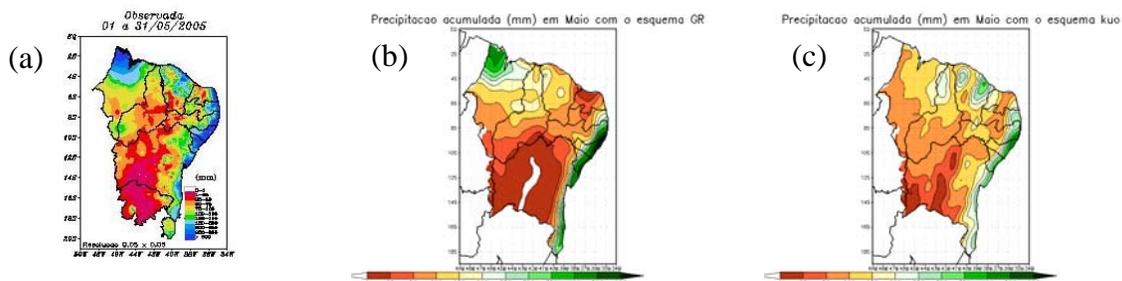
A região que foi simulada pelo modelo cobre todo o NEB e parte do oceano Atlântico, ou seja, entre 49°W e 34°W e entre 20°S e 0°. As coordenadas centrais da grade correspondem a 10°S e 40,5°W, o domínio é constituído de 81 pontos no eixo x e no eixo y e o passo de tempo da integração foi de 60 segundos. As análises serão feitas comparando-se as saídas das integrações com as observações, consistindo na distribuição espacial de precipitação acumulada mensal no NEB.

## RESULTADOS

Os esquemas de parametrização de convecção Kuo e Grell (GR) foram os escolhidos como opções do modelo. Todas as saídas que representam a precipitação acumulada mensal observada foram obtidas na página do PROCLIMA.

A Figura 3 mostra as simulações dos totais acumulados (Fig. 3b-c) e os dados observados (Fig. 3a) em maio de 2005. Como pode ser visto, os valores máximos de precipitação acumulada observada (Fig. 3a) estão em toda costa leste do NEB, nordeste do Ceará e norte do Maranhão. Os totais máximos no leste do NEB estão associados à aproximação de sistemas frontais. Valores inferiores a 50 mm no sudoeste da Bahia são identificados nesse mês. Grande parte do semi-árido nordestino apresentou esses valores, sendo as chuvas abaixo da média climatológica. Os totais acumulados de precipitação entre 150 e 300 mm (Fig. 3a) no nordeste do Ceará são melhor simulados quando o modelo utiliza como opção o esquema Kuo (Fig. 3c), cujos valores estão entre 200 e 350 mm. No entanto, o modelo subestima os totais acumulados no nordeste do Maranhão.

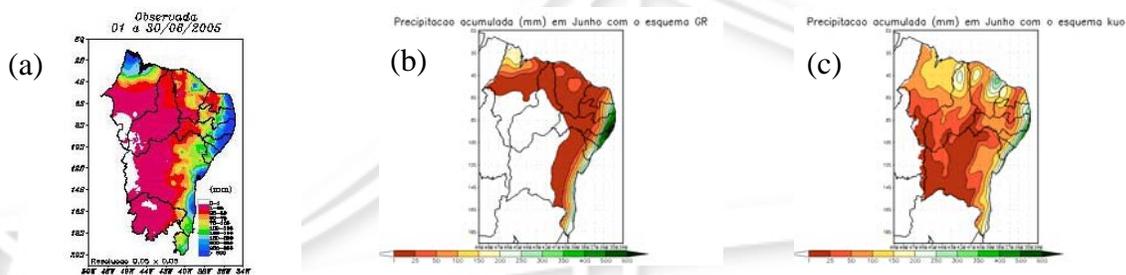
Os totais acumulados simulados pelo modelo com a opção Grell (Fig. 3b) representam satisfatoriamente os valores superiores a 300 mm no nordeste do Maranhão e no leste do NEB, cujos valores estão entre 400 e 500 mm. Os valores mínimos de precipitação na região central da Bahia são identificados pelo modelo quando utiliza as duas opções de parametrização.



**Figura 3-** Distribuição espacial da precipitação acumulada (mm) em maio de 2005 sobre o NEB, utilizando (a) dados observados (Fonte: PROCLIMA) e os esquemas: (b) GR e (c) Kuo.

A Figura 4 representa a precipitação acumulada em junho de 2005, cujas simulações estão apresentadas nas Figuras 4 b-c e as observações na Figura 4a. Analisando a Figura 4a, observa-se que os máximos de totais acumulados sobre a região são encontrados no litoral e norte do Maranhão. Os totais máximos no leste do NEB estão associados à atuação de sistemas meteorológicos muito importantes para a estação chuvosa: os distúrbios de leste. Já os acumulados máximos no norte do Maranhão estão associados à formação de linhas de instabilidade.

O modelo ao utilizar o esquema Kuo (Fig. 4c) como opção simula de forma coerente a precipitação acumulada na maior parte do semi-árido nordestino nesse mês, observa-se que os totais são uma ordem de magnitude inferior a 50 mm, sendo similar aos valores observados (Fig. 4a). Os totais acumulados superiores a 200 mm no leste da região são melhor simulados quando o modelo utiliza como opção o esquema Grell (Fig. 4b), cujos valores estão entre 400 e 600mm. Os acumulados de precipitação no norte do Maranhão são subestimados pelo modelo com os dois esquemas de parametrização.

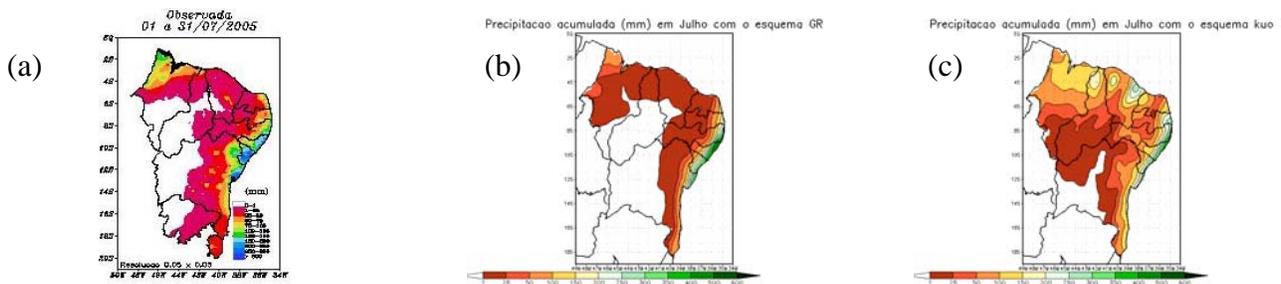


**Figura 4-** Distribuição espacial da precipitação acumulada (mm) em junho de 2005 sobre o NEB, utilizando (a) dados observados (Fonte: PROCLIMA) e os esquemas: (b) GR e (c) Kuo.

A Figura 5 representa a precipitação acumulada em julho de 2005 das simulações (Figuras 5b-c) e dos dados observados (Figura 5a). Observa-se na Figura 5a que os totais acumulados máximos são de 200 a 300 mm e compreendem o leste de Alagoas, todo estado de Sergipe e uma pequena área no leste da Bahia. Esses totais acumulados estão associados à aproximação de sistemas frontais vindos do sudeste. Ainda analisando a Figura 5a, observa-se que o norte do Maranhão apresenta acumulados de precipitação entre 75 e 150 mm. Para essa mesma região observa-se que o modelo simulou satisfatoriamente ao se utilizar o esquema Kuo (Fig 5c), apresentando valores entre 50 e 150 mm.

Em julho, grande parte do semi-árido do NEB não apresentou precipitação acumulada ou algumas áreas com valores inferiores a 50 mm (Fig 5a). Essa característica da região nesse mês foi identificada pelo modelo nas simulações com a opção de parametrização Grell (Fig. 5b), pois com a opção Kuo (Fig. 5c), as áreas que deveriam ser ausentes de totais acumulados, apresentaram valores

inferiores a 25 mm. Os máximos totais acumulados no leste do NEB (entre 150 e 250 mm) são simulados de forma precisa na Figura 5b, que apresentam valores entre 200 e 300 mm.



**Figura 5-** Distribuição espacial da precipitação acumulada (mm) em julho de 2005 sobre o NEB, utilizando (a) dados observados (Fonte: PROCLIMA) e os esquemas: (b) GR (c) Kuo.

## CONCLUSÃO

Concluiu-se que o esquema de parametrização de convecção com a opção Grell (1993) utilizado pelo modelo foi o que representou de forma mais satisfatória os dados observados e que de maneira geral, o BRAMS obteve boas simulações dos fenômenos meteorológicos em escala espacial e temporal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAKAWA, A.; SCHUBERT W. H. Interaction of a cumulus cloud ensemble with the larger-scale environment. Part I. **Journal of the Atmospheric Sciences**. V. 31, 674-701, 1974.
- CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Vol. 20, N. 02 – fevereiro de 2005. Disponível em <www.cptec.inpe.br> Acesso em 10 de novembro de 2005.
- Cartilha nova delimitação do semi-árido Brasileiro. Secretaria de políticas de desenvolvimento regional e Ministério da Integração Nacional Secretaria de Políticas de Desenvolvimento. Site: <http://www.integracao.gov.br/publicacoes/>, 2005.
- GRELL, G., A., E DÉVÉNYI, D. A. A generalized approach to parameterizing convection combining ensemble and data assimilation techniques. **Geophysical Research letters**. V. 29. Art. N° 14, 10.1029/2002GL015311, 2002.
- KAIN, J. S.; FRITSCH, J. M. The Role of the Convective “Trigger Function” in Numerical Forecasts of Mesoscale Convective Systems, **Meteorological Atmospheric Physics**. V. 49, 93-106, 1992.
- KUO, H. L. Further Studies of the Parameterization of the Influence of Cumulus Convection on Large-Scale Flow. **Journal of the Atmospheric Sciences**. V. 31, 1232-1240, 1974.
- PROCLIMA, - Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste. Disponível em < www.cptec.inpe.br > Acesso em 10 de novembro de 2005.
- RAO et al., Prediction of precipitation in Northeast Brazil, **Journal of Climate**, 1997.