

COMPARAÇÃO ENTRE A PREVISÃO DE CHUVA NO NORDESTE DO BRASIL COM MÉTODO ANÁLOGO E A OBTIDA DINAMICAMENTE

J. M. B. Alves¹, A. A. Costa¹, J. N. B. Campos^{1,2}, S. S. Sombra¹, A. C. S. dos Santos^{1,3}

RESUMO: Esse artigo mostra uma comparação dos resultados de simulação de precipitação para o Nordeste do Brasil (NEB) - 1971-2000, obtidos por modelagem dinâmica de grande escala e regional (*downscaling*) e a obtida por modelagem empírica *K'neighbors*. Os principais resultados mostraram que o modelo empírico apresentou menor erro absoluto nos períodos de fevereiro a abril (FMA) e março a maio (MAM), que os modelos dinâmicos (*ECHAM4.5*, *RAMS* e *RSM/97*) em algumas áreas do NEB. O *Heidke Skill* em três categorias de percentis Seca (S), Normal (N) e Chuvosa (C), mostrou que o método análogo tem baixo *Skill*, entre 0,1 e 0,3 em todas as categorias, enquanto que os modelos dinâmicos apresentaram *Skill* superiores, com valores maiores para as categorias S e C (da ordem de 0,4 a 0,5), até superiores a 0,6 em algumas áreas do setor norte do NEB para a categoria C, como visto nos resultados dos modelos *ECHAM4.5* e *MRE/97*.

ABSTRACT: This article show a comparison of the results of precipitation simulation to the Northeast of Brazil (NEB) - 1971-2000, gotten for dynamic modeling of great scale and regional scale (*downscaling*) and the gotten of one empirical modeling *K'neighbors*. The main results had shown that the empirical model presented minor absolute error in the periods of February to April (FMA) and March to May (MAM) than the dynamic models (*ECHAM4.5*, *RAMS* and *RSM/97*) in some areas of the NEB. The Heidke Skill in three categories of percents Dry (D), Normal (N), Wet (W), showed that the analogous method has low Skill, between the 0.1 and 0.3 in all categories, whereas the dynamic models had presented Skill superior, with bigger values for categories D and W (of the order of 0.4 the 0.5), until superiors the 0.6 in some areas of the sector north of the NEB for category W, as seen in the results of models *ECHAM4.5* and *MRE/97*.

Palavras-chave: análogos, previsibilidade, redução de escala.

¹Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCeme) – Av. Rui Barbosa, 1246, Fortaleza-CE, CEP: 60.115-221 – brabo@funceme.br

² Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Centro de Tecnologia – Universidade Federal do Ceará – UFC.

³ Departamento de Física – Universidade Estadual do Federal do Ceará – UECE - Fortaleza-Ceará

INTRODUÇÃO

Técnicas que abordam a previsão de eventos climáticos evoluíram significativamente nesses últimos 20 anos. Revisões sobre o desempenho de previsões dinâmicas e empíricas podem ser encontradas em Goddard *et al.* (2001). O desenvolvimento da modelagem dinâmica, com o aperfeiçoamento dos modelos numéricos de circulação geral da atmosfera (MCGAs), e os modelos regionais de escala espacial limitada (MRs) tem contribuído para diagnosticar e prever eventos meteorológicos de tempo e clima em várias áreas do globo, com melhor desempenho (Nobre et al., 2005; Sun *et al.*, 2005 e outros). Uma alternativa, a modelagem dinâmica, para estudos diagnósticos e de previsão de variáveis meteorológicas, devido a sua facilidade de aplicação, tem sido o uso de técnicas estatístico-estocásticas. Essas técnicas tentam predizer o estado de uma ou mais variáveis atmosféricas, tendo como bases relações entre essas variáveis, que guardam algum sinal físico entre as mesmas. Os estudos que utilizam aproximações por *K'neighbors* têm sido muito usados em simulação e previsão de variáveis atmosféricas e hidrológicas pela facilidade de sua aplicação. Essa técnica basicamente simula ou prevêem variáveis com base na relação com outras variáveis e com a sua própria característica observada em anos passados (Souza Filho e Lall, 2003; Lall e Sharma, 1996).

O objetivo desse estudo foi comparar a previsão de chuva trimestral fevereiro-março-abril (FMA), março-abril-maio (MAM) e fevereiro-março-abril-maio (FMAM), obtida de um método de modelagem empírica (*K'neighbors*), com a de modelos dinâmicos (um MCGA – *ECHAM4.5*, e de MRs aninhados (*downscaling*) ao *ECHAM4.5*, o Modelo Regional Espectral (MRE/97) e *RAMS* (*Regional Atmospheric Model System*)).

DADOS E METODOLOGIA

Os dados de precipitação usados nesse estudo para servirem como fonte observacional e de comparação tiveram como base uma composição de vários conjuntos observacionais. A base foi o arquivo disponível na Universidade de *East Anglia* (*UEA*) no reino Unido (New *et al.*, 2000). Adicionalmente a esse conjunto de dados da *UEA* foram usados totais de precipitação sobre o Brasil do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), interpolados para uma grade 0,25° de latitude longitude, para um período de 1994-2000. Maiores detalhes desse conjunto de dados podem ser encontrados em (Sun *et al.*, 2005). Nesse estudo foi usado um método estatístico-estocástico que tem como

base a relação entre essa precipitação no NEB e variáveis climáticas que são observadas nos Oceano Pacífico e Atlântico Tropical, índices de El Niño- região Niño 3 e do dipolo de Temperatura da Superfície do Mar - TSM (Moura e Shukla, 1981). O método utilizado, com o uso das informações de preditores climáticos, foi similar aos usados por Souza Filho e Lall (2003). Os chamados preditores climáticos, em geral, são previamente conhecidos (Moura e Shukla, 1981), e são atribuídos pela relação entre suas variabilidades e a precipitação ao longo de anos. A base metodológica dos chamados métodos dos vizinhos (*K-neighbors*) é explicada a seguir. A identificação do análogo tem como base o valor da distância Euclidiana (d_i) entre o valor do vetor dos preditores atuais \mathbf{x}^* e o valor dos preditores em sua série histórica \mathbf{x}_i , na seguinte forma

$$(\text{Souza Filho e Lall, 2003}), d_i^2 = \sum_{j=1}^{j=2} (x_{i,j}^* - x_{i,j})^2, \quad \text{onde: } \mathbf{x}^* \text{ é um vetor } 1 \times 2, \mathbf{x}_i \text{ é um}$$

vetor 1×2 de preditores durante o i -ésimo ano usado. Algumas funções pesos podem ser usadas na associação dos K vizinhos ao valor da variável simulada ou prevista (Lall e Sharma, 1996). É importante mencionar que nesse estudo, os K 's foram identificados no mês de novembro, 2 meses antes do início da estação chuvosa do norte do NEB (região de interesse para a previsão de chuva). Após a identificação dos K 's, para cada ano entre 1971-2000, os 10 K 's mais próximos das anomalias observadas em novembro para a região de Niño3 e para o dipolo de TSM no Atlântico Tropical foram usados com preditores. Nesse caso, como o análogo usado foi relativo a novembro e a previsão de chuva é fevereiro a maio do ano seguinte, os somatórios trimestres FMA, e MAM do ano seguinte aos 10 análogos multiplicados pelas suas respectivas funções pesos, foi o valor do trimestre prognosticado para o ano em questão entre 1971-2000.

O MCGA usado neste estudo é o *European Community-Hamburg (ECHAM)* versão 4.5. desenvolvido no *Max Planck Institute for Meteorology and German Climate Computing Centre (DKRZ)*. Os modelos regionais usados foram uma versão do MR desenvolvido no Centro de Modelagem de Meio Ambiente do *NCEP* desenvolvido por Juang e Kanamitsu (1994), e o *RAMS (Regional Atmospheric Modeling System)* desenvolvido no Departamento de Ciências Atmosférica da Universidade Estadual do Colorado, USA. Maiores detalhes sobre os modelos e características dos experimentos de *downscaling* podem ser encontrados em Alves *et al.* (2006). Para o desempenho da modelagem dinâmica e do método de análogo no período de 1971-2000 para cada trimestre (FMA e MAM e FMAM) foi calculado o *bias*, que é uma medida do erro sistemático do método, o erro absoluto (EMA) e *Heidke Skill* (Wilks, 1995), para três categorias de percentis calculados por Xavier e Xavier (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui são mostrados alguns resultados. A Figura 1 é o mapa síntese para os trimestres FMA e MAM do menor EMA. Para o *ECHAM4.5* (cor verde), predomina áreas nos estados do Maranhão, Tocantins, Pará e parte de Goiás em FMA, e uma área sobre o estado da Bahia para MAM. Para o *MRE/97* (cor laranja), menores EMAs foram observados no centro-oeste do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco e áreas isoladas da Bahia, Pará, Goiás, Tocantins e em Sergipe e Alagoas. Para o método análogo (cor azul escuro), menores EMAs foram observados no norte do Maranhão e Piauí e oeste e sul em áreas do Ceará, centro-sul do Piauí, oeste e nordeste da Bahia. O *RAMS* (cor azul claro) foi o que apresentaram menor EMA nos trimestres FMA e MAM em áreas no estado da Bahia, Ceará e áreas isoladas no litoral leste do NEB.

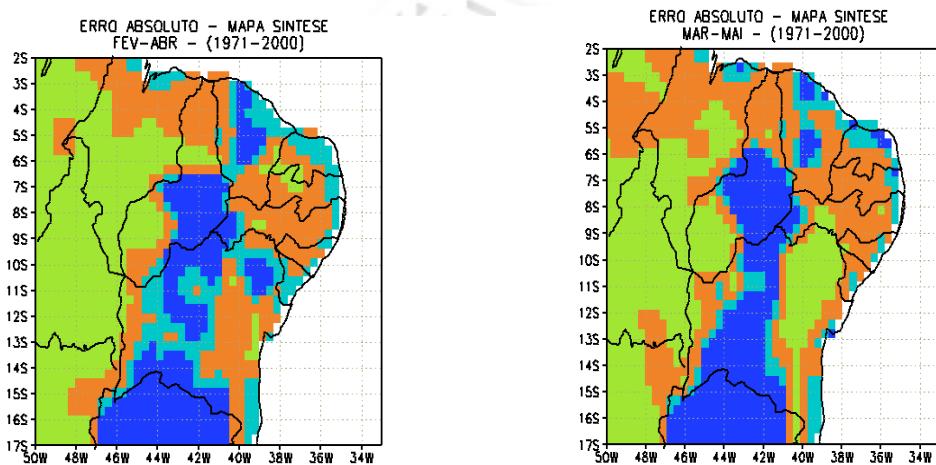


Figura 1 – Mapa síntese em função do menor EMA em magnitude para os trimestres. a) FMA e b) MAM. Áreas em verde indicam menor EMA do *ECHAM4.5*, as em laranja indicam menor EMA do *MRE/97*, as em azul escuro indicam menor EMA do método análogo e as áreas em azul claro, indicam menor EMA do *RAMS*.

A Figura 2 mostra o *Heidke Skill* dos modelos *ECHAM4.5*, *MRE/97*, *RAMS* e do método análogo para as três categorias em conjunto (S, N e C) para o período fevereiro a maio. Os modelos com melhores *Skill* foram o *ECHAM4.5* e o *MRE/97* mostrando no setor norte do NEB valores acima de 0,3 e 0,4, e algumas áreas dos estados do Ceará e Piauí com valores acima de 0,5. Para o *RAMS Heidke Skill* com valores acima 0,4 foram observados em áreas isoladas no norte do NEB. No método análogo como observado nas categorias S, N e C (Figuras não mostradas) os valores do *Heidke Skill* foram baixos entre 0 e 0,1, mantendo as características homogêneas ao longo do todo o NEB.

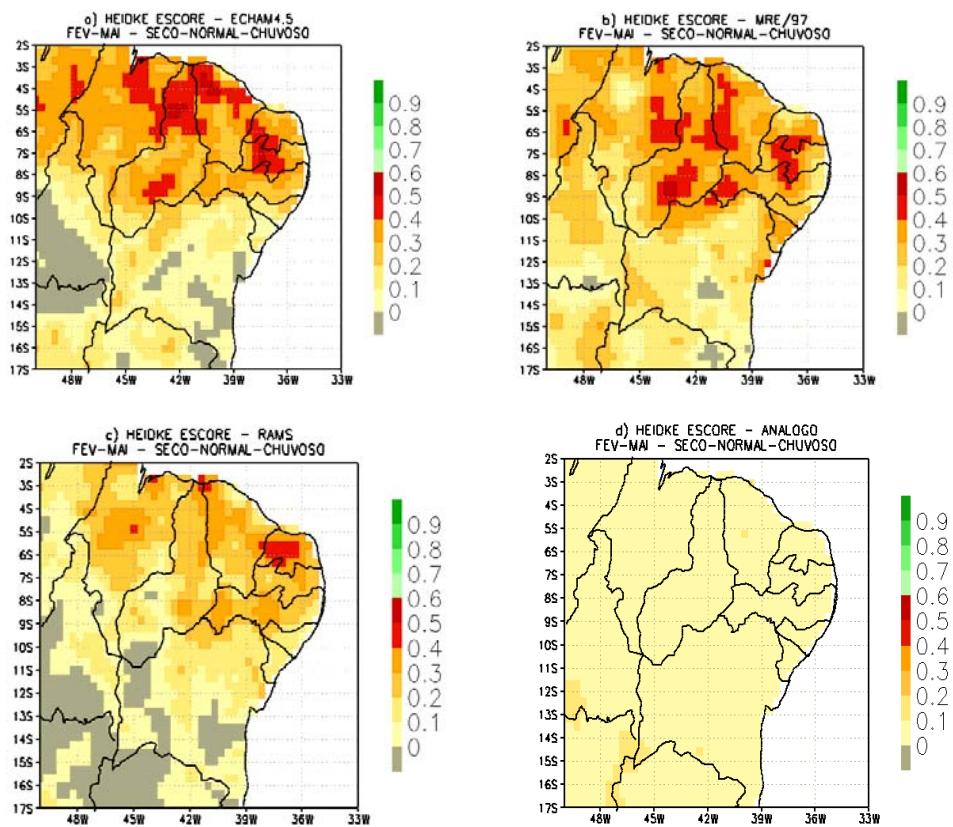


Figura 2 – *Heidke Skill* para três categorias Seco, Normal e Chuvoso no período FEV-MAI. a) *ECHAM4.5*; b) *MRE/97*; c) *RAMS* e d) análogo.

4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Embora, os resultados dos modelos dinâmicos tenham sido forçados com as TSMs observadas (diagnóstico ou a chamada “previsão perfeita”), e os resultados do método análogo foi uma previsão, algumas conclusões importantes podem ser retiradas do estudo. Quanto ao EMA, o *ECHAM4.5* teve menores erros em áreas dos estados do Maranhão, Tocantins, Pará e parte de Goiás em FMA, e uma área sobre o estado da Bahia para MAM. O *MRE/97* apresentou menores EMAs no centro-oeste do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco e áreas isoladas da Bahia, Pará, Goiás, Tocantins, Sergipe e Alagoas em ambos os trimestres. Para o método análogo, menores EMAs foram observados no norte do Maranhão e Piauí, oeste e sul do Ceará, centro-sul do Piauí e setores oeste e nordeste da Bahia, enquanto o *RAMS* mostrou menores áreas ao longo do NEB e vizinhanças com menores EMAs nos trimestres FMA e MAM, destacaram-se áreas no estado da Bahia, Ceará e áreas isoladas no litoral leste do NEB. A previsibilidade (*Heidke Skill*) em três categorias S, N e C para o período de fevereiro a maio mostrou que os modelos dinâmicos *ECHAM4.5* e os regionais *MRE/97* e *RAMS* superaram em valores, da ordem de 0,4 a 0,5, o método análogo que apresentou características homogêneas em todo o NEB com valores em torno de 0,1 a 0,3. Para estudos futuros sugerem-se novos testes com defasagens mensais, trimestrais até

quadrimestrais para identificação dos análogos, o uso de mais análogos (15, 20 ou mais). Além disso, podem ser testados novos métodos estatístico-estocásticos como, por exemplo, os auto-regressivos que usam como variáveis preditoras não só as condições termodinâmicas nos Oceano Pacífico e Atlântico Tropicais, mas variáveis atmosféricas (convergência de umidade, ventos junto à superfície, vorticidade, etc.) sobre a o setor norte do NEB. Para modelagem dinâmica com acoplamento de multi-modelos (MCGAs e outros modelos regionais), além de testes com TSMs persistidas e previstas bem com o aumento dos membros da simulação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. M.B. *et al.* Um Estudo Inter-Comparativo de Previsão Sazonal Estatística-Dinâmica de Precipitação para o Nordeste do Brasil. Sub. **Rev. Bras. Meteor.**, 2006.
- GODDARD, L.; ZEBIAK, S. E.; ROPELEWSKI, C. F.; BASHER, R.; CANE, M. A. Current approaches to seasonal-to-interannual climate predictions. **Inter. Jour. Climatolo.**, v.21, p.1111-1152. 2001.
- KANAMITSU, M, S-Y., HONG 1997. The NCEP regional spectral model: An update. **Bull. Amer. Meteor. Socie.** v.78, (10), p.2125-2143. 1997.
- LALL, U.; SHARMA, A. A nearest neighbor bootstrap for resampling hydrologic time series. **Water Resour. Res.**, v.32, p.679-693. 1996.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **J. Atmos. Sci.**, v.38, n.7, p.2653-2675, 1981.
- MOURA, A. D.; HASTENRATH, S. Climate prediction for Brazil's Nordeste: Performance of empirical and numerical modeling methods. **J. Climate**, v.17, n.13, p.2627-2672. 2004.
- NEW, M. G.; HULME, M; JONES. P. D. Representing twentieth century space time climate variability. Part II: Development of a 1901-1996 monthly terrestrial climate fields. **J. Climate**, v.13, p.2217-2238. 2000.
- NOBRE, P.; A. D. MOURA.; L. SUN. Dynamical downscaling of seasonal climate prediction over Nordeste Brazil with ECHAM3 and NCEP'S Regional Spectral Model at IRI. **Bull. Amer. Meteor. Socie.**, v.82, p.2787-2796. 2001
- SOUZA FILHO, F. A. & LALL, U. Seasonal to interannual ensemble stream flow forecast for Ceará, Brazil: Applications of multivariate, semi parametric algorithm. **Water Resour. Res.**, 39(11), p.1307, doi:10.1029/2002WR001373. 2003.
- SUN, L.; MONCUNNIL, D. F.; LI, H.; MOURA, A. D.; FILHO, F. D. D. S. Climate downscaling over Nordeste Brazil using NCEP RSM97. **J. Climate**, v.18, p.551-567. 2005.
- WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Amospheric Sciences**. Academic Press. San Diego. 464p. 1995.
- XAVIER, T. de Ma. B. S.; XAVIER, A. F. S. *Quantis para séries pluviométricas do Estado do Ceará e caracterização de períodos secos ou excepcionalmente chuvosos: 1964-1998*). Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Fortaleza. Ceará., p.33. 1998.