

# DOWNSCALING DINÂMICO DE PRECIPITAÇÃO NO NORDESTE DO BRASIL: ALGUNS RESULTADOS

JOSÉ M. BRABO ALVES<sup>1</sup> & EVERALDO BARREIROS DE SOUZA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Meteorologista, Dr. em Engenharia Civil – Recursos Hídricos – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME – Av. Rui Barbosa, 1246, 60.115 – 221 – Aldeota – Fortaleza – Ce – brabo@funceme.br

<sup>2</sup>Meteorologista, Dr. em Ciências Atmosféricas - Faculdade de Meteorologia – Universidade Federal do Pará – UFPa – Belém – Pará – Everaldo@ufpa.br

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 - SESC - Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES

**RESUMO:** Este artigo mostra alguns resultados e aplicações de estudos executados pelo Departamento de Meteorologia da FUNCEME usando a técnica de redução de escala da previsão climática de precipitação (*downscaling* dinâmico) com ênfase para o Nordeste do Brasil e Estado do Ceará. Vários exemplos de alguns estudos mostram que tanto para precipitação no Nordeste do Brasil como para aplicações de acoplamento hidro-meteorológico esta técnica tem potencial para ser usada para detalhar a informação da previsão climática nas escalas espacial e temporal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nordeste do Brasil, Precipitação, *Downscaling* dinâmico

## DYNAMIC DOWNSCALING OF PRECIPITATION IN NORTHEAST OF BRAZIL: SOME RESULTS

**ABSTRACT:** This article shows some results and applications of studies performed by the Department of Meteorology of FUNCEME using the technique climate downscaling forecasts for precipitation with emphasis on the Northeast of Brazil and the state of Ceará. Several examples of some studies show that as for precipitation in Northeastern Brazil as applications such as hydro-meteorological coupling this technique has the potential to be used to detail the climate forecast information in spatial and temporal scales.

**KEY-WORDS:** Northeast of Brazil, Precipitation, Dynamic downscaling

## 1 – 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 Hastenrath (1995b e 2002 e Goddard *et al.* (2001, 2002). O desenvolvimento da modelagem dinâmica, com o aperfeiçoamento dos modelos numéricos de circulação geral da atmosfera (MCGAs), e os modelos regionais com menor escala espacial (MRs) tem contribuído para diagnosticar e prever eventos meteorológicos de tempo e clima em várias áreas do globo, com melhor desempenho (Giorgi, 1990; Nobre *et al.*, 2001; Sun *et al.*, 2005).

Basicamente, são utilizados dois tipos de modelos na modelagem atmosférica. Os MCGAs, que são modelos globais (resolução espacial igual ou acima de 250 quilômetros), e os modelos regionais (MRs) que são modelos de área limitada, com resolução variável da ordem de dezenas de quilômetros. Esses MRs, por serem de área limitada, também incorporam, ou podem incluir, características mais refinadas da região de interesse como topografia, vegetação, solo, etc. Além da resolução de processos físicos, por exemplo, balanço de radiação em nuvens, micro-física de nuvens, etc., que nos MCGAs são parametrizados. No que se refere ao desempenho é esperado que os dos MRs sejam superiores do que os MCGAs. Nos últimos anos, uma nova técnica chamada de *downscaling*, que usa MRs gerados com dados de MCGAs, apresentou resultados promissores na configuração e intensidade de variáveis atmosféricas para escalas regionais, nas quais os MCGAs têm pouca sensibilidade (Nobre *et al.*, 2001; Sun *et al.*, 2005; Alves *et al.* 2007). Ressalta-se que Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) foi uma das pioneiras na montagem e execução de uma suíte operacional para fazer *downscaling* dinâmico de previsão de precipitação com ênfase ao Nordeste do Brasil (Sun *et al.* 2005).

O objetivo deste artigo é mostrar alguns resultados de estudos feitos na FUNCEME nestes últimos 10 anos que indicam que a técnica de *downscaling* dinâmico tem potencial para ser usada como informação em diferentes escalas espaciais e temporais.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

O MR usado neste estudo foi a versão do Modelo Regional Espectral (MRE) do National Center for Atmospheric Research – NCEP (Juang & Kanamitsu, 1994) aninhado no modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA) ECHAM4.5 desenvolvido no Max Planck Institute. Esse acoplamento entre o modelo MR e o MCGA está implementado na FUNCEME sendo usado para previsão de precipitação sobre o NEB desde 2001. Detalhes desse acoplamento podem ser encontrados nos estudos de Alves *et al.* (2006); Sun *et al.* (2005). O MRE foi integrado em modo de simulação com uma grade horizontal de 60 km por 60 km cobrindo a região entre 23°S-16°N e 53°W-3°E com dezoito níveis na vertical. O MCGA tem truncamento triangular no número de onda T42 (resolução horizontal de aproximadamente 2,8° de latitude longitude) e dezenove níveis na vertical. No MRE a física de superfície é calculada por um modelo de solo de duas camadas com o uso de um tipo de solo com características entre um solo arenoso e argiloso. O tipo de vegetação usado no MRE foi de savana, com 70% de cobertura em cada grade de 60 Km<sup>2</sup>. O esquema de parametrização da convecção foi o Relaxado Arakawa-Shubert (RAS).

O MRE foi integrado para seis meses a partir de 01 de janeiro a 30 junho com dez distintas condições iniciais advindas do MCGA para o período de 1971-2000. Informações do MCGA das componentes zonal e meridional do vento, umidade específica, temperatura do ar nos níveis de pressão 1000 hPa, 850 hPa, 700 hPa, 600 hPa, 500 hPa, 400 hPa, 300 hPa, 250 hPa, 200 hPa, 100 hPa e 50 hPa e pressão a superfície a cada 6 horas serviram de assimilação pelo MRE. Temperaturas da Superfície do Mar observadas do conjunto de dados denominado de *optimum interpolation* (Reynolds & Smith, 1994) foram usadas como condição de contorno oceânica para o MCGA e o MRE.

Dados de precipitação sobre o Nordeste do Brasil, Estado do Ceará usados nos exemplos mostrados neste artigo foram obtidos no banco de dados da FUNCEME e Agência Nacional de Águas. Detalhes sobre estes dados são encontrados em Alves *et al.* (2007).

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a média sazonal entre os meses de Fevereiro, Março e Abril (FMA), período em que se verifica o pico da estação chuvosa sobre o setor norte do Nordeste do Brasil (45°W-38°W e 2°S-12°S - SNNEB), observa-se na evolução interanual dos desvios normalizados de precipitação observada (OBS) e simulada pelo MRE (RSM) uma correspondência bastante estreita durante o período de 1974 a 2000, com correlação linear da ordem de 0,84 explicando em torno de 70% da variância das observações (Figura 2). Portanto, em termos do sinal sazonal, nota-se que o modelo simula muito bem os valores observados sobre esta região do Nordeste.

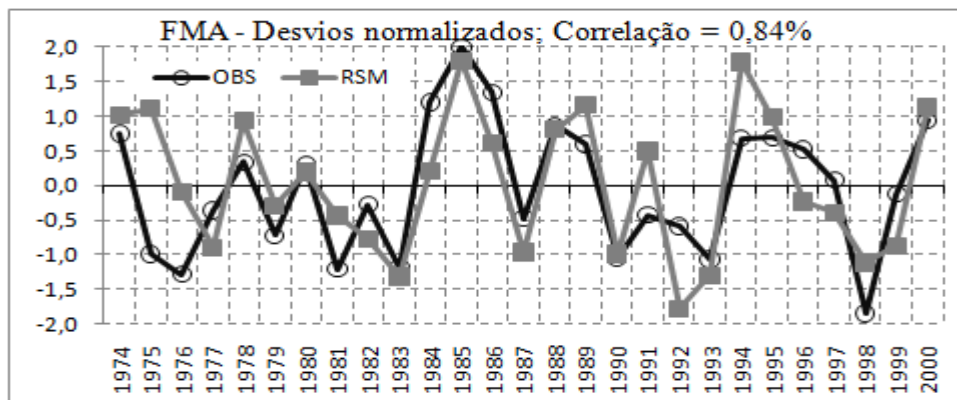


Figura 1 – Desvios normalizados de precipitação (desvio padrão) sazonal para o período de Fevereiro a Abril (FMA) considerando os dados observados (OBS) e simulados pelo MRE (RSM) sobre o SNNEB, durante os anos de 1974 a 2000.

A figura 2 mostra um exemplo para a área de uma bacia hidrográfica no Estado do Ceará (área de captação do Açude Castanhão) de histogramas diários de precipitação (1971-2000) para os meses de janeiro a março, para cada um dos 10 membros do MRE (agrupados em um único gráfico) e a precipitação observada na bacia. Na dispersão dos membros as frequências acima de 60% são para intensidades inferiores a 10 mm/dia. Todos os membros apresentam dispersão muito similar em todos os meses, com uma maior variabilidade entre suas intensidades de 10 mm/dia a 30 mm/dia.

O histograma de frequência médio mostra que o MRE apresentou um predomínio de maiores (menores) frequências entre as intensidades de 5 mm/dia e 20 mm/dia (abaixo de 5 mm/dia). Para intensidade acima de 20 mm/dia, houve melhor desempenho das simulações do MRE em todos os meses comparado aos dados observados. Estes histogramas foram similares aos de Galvão et al. (2005), em estudos realizados para a bacia dos rios Pirapama (600 Km<sup>2</sup>) e bacia do Rio Piancó (4550 Km<sup>2</sup>) nos reservatórios de Pirapama e Coremas. Nesses seus resultados, em ambos os reservatórios (ver suas figuras 3a e 3b) foram encontrados superestimativas do MRE na frequência de chuvas mais fracas, subestimativa nas intensidades de precipitação intermediária e frequências próximas as observadas para precipitações mais intensas.

A Figura 3 apresenta-se um exemplo de um escalograma da energia da ondeleta diária de precipitação observada e simulada pelo MRE média para o SNNEB para os anos individuais e para a composição de ocorrência do cenário dipolo negativo de temperatura da superfície do mar no Atlântico Tropical (fevereiro a abril) e condição de La Niña no Pacífico Tropical (dezembro a janeiro) - DipNeg/PacNeg. Observa-se que a simulação do MRE (RSM) consegue capturar qualitativamente a configuração do sinal espectral a partir de um período de oscilações de precipitação diária acima de oito dias nestes anos de contrastes. As

oscilações e suas significâncias de mais altas frequências (período menor do que 8 dias) na precipitação diária sobre SNNEB não foram bem reproduzidas pelo RSM. Ao longo de quase todos os anos com DipNeg/PacNeg os picos de maior energia espectral entre 32 dias, 64 dias e 128 dias também tiveram boa similaridade entre as observações e as simulações, ressaltando-se maior consistência entre OBS e RSM nos anos de 1974, 1985 e 2000. Considerando a média da composição para a anos de DipNeg/PacNeg, o RSM conseguiu capturar a configuração do espectro de energia da precipitação diária no SNNEB e sua significância estatística (último quadro do lado direito da Figura 3). As maiores energias espectrais, nos primeiros 100 dias (aproximadamente entre janeiro e março) concentraram-se nas escalas entre 8 e 64 dias. A partir de março até junho, há uma energia espectral concentrada na escala intrazonal, entre 64 e 128 dias.

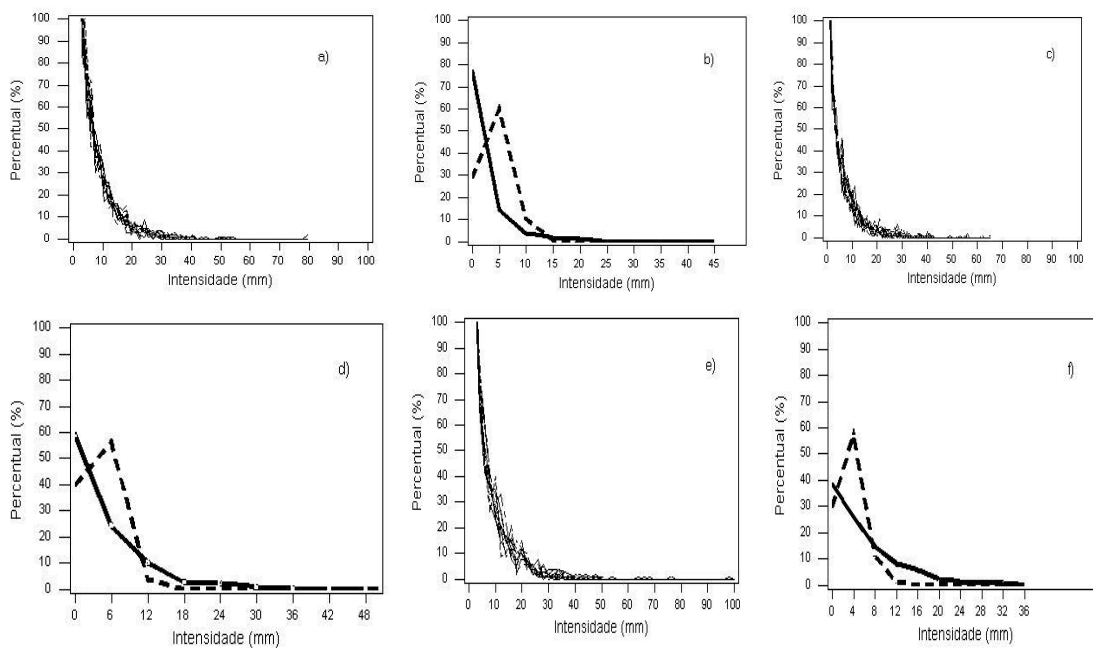


Figura 2 – Histogramas de precipitação diária dos dez membros do MRE-RSM (gráficos da esquerda) e sua média e o observado (gráficos da direita). a) e b) janeiro, c) e d) fevereiro, e) e f) março. Nos gráficos da direita linha sólida (observado) e tracejado (MRE).

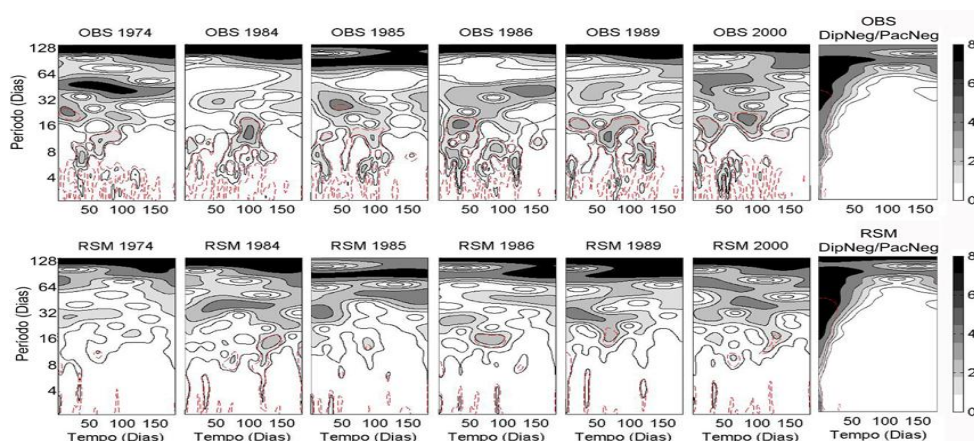


Figura 3 - Escalograma de energia da ondeleta ( $\text{mm}^2$ ) da precipitação no período chuvoso (181 dias: 1 Janeiro a 30 Junho) para os dados observados (OBS) e simulados (RSM), correspondentes aos anos com o cenário DipNeg/PacNeg. A isolinha tracejada em vermelho é o nível de significância em 5%.

#### 4 – SUMÁRIO

Este artigo mostrou alguns resultados da aplicação da técnica de *downscaling* para precipitação no Nordeste do Brasil com ênfase a escala intra-regional. As análises evidenciaram que há potencial do uso destas informações na escala de tempo intrasazonal em uma escala espacial, por exemplo, de bacia hidrográfica.

#### 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. M. B. et al. Um Estudo Inter-Comparativo de Previsão Sazonal Estatística-Dinâmica de Precipitação no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 22, n. 3, p. 354-372, 2007.

GALVÃO, C.O.; NOBRE, P.; BRAGA, A.C.F.M.; De OLIVEIRA, K.F.; MARQUES, R.; Da SILVA, S.R.; FILHO, M.F.G.; SANTOS, C.A.G.; LACERDA, F. and MONCUNNIL, D. (2005) Climate predictability. Hydrology and water resources over Nordeste Brazil. In: *Regional Hydrological Impacts of Climatic Change – Impact Assessment and Decision Making* (ed. By Thorsten Wagener. Stewart Franks. Hoshin V. Gupta. Eva Bøgh. Luis Bastidas. Carlos Nobre & (Carlos De Oliveira Galvão). 211-220. IAHS. N.295. British Library. Wallingford. Oxfordshire. UK.

GIORGI, F. On simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *J. Climate*, v.3, p.941-963. 1990.

GODDARD, L.; MASON, J. Sensitivity of seasonal climate forecasts to persisted SST anomalies. *Climate Dynamics*, v.19, doi:10.1007/s00382-002-0251-y. 2002.

GODDARD, L.; ZEBIAK, S. E.; ROPELEWSKI, C. F.; BASHER, R.; CANE, M. A. Current approaches to seasonal-to-interannual climate predictions. *Inter. Jour. Climatol.*, v.21, p.1111-1152. 2001.

HASTENRATH, S. Recent advances in tropical climate prediction. *J. Climate.*, v.8, p.1519-1532. 1995a.

HASTENRATH, S. Climate prediction (empirical and numerical). *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*. J. Holton et al., Eds. Academic Press, 411-417. 2002.

JUANG, H.-M. H.; KANAMITSU, M. The NMC nested regional spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, v.122, p.3-26. 1994.

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.

REYNOLDS, R. W.; SMITH, T. M. Improved global sea surface temperatures analysis using optimum interpolation. *J. Climate*, v.7, p.929-948. 1994.

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.