

DESEMPENHO DAS PREVISÕES CLIMÁTICAS SAZONAIS DO MODELO ETA ANINHADO AO MODELO BESM DO INPE

Baltazar, R.¹; Chou, S.C.², Dereczynski, C.P.¹; Gomes, J. L.²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências – UFRJ/IGEO
Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21941-909
E-mails: balbob97@gmail.com, claudine@igeo.ufrj.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Modelagem Numérica do Sistema Terrestre – INPE/DIMNT
Chou.chan@inpe.br, Jorge.gomes@inpe.br

Abstract. Global climate models are important tools for weather and climate simulations, but the low resolution of their forecasts provide insufficient information for local-scale planning. Regional climate models allow for the downscaling and additional detailing of the forecasts produced by global models. The increase in resolution also allows for a greater ability to predict extreme events, which is important in managing water crises and preventing loss of life in natural disasters. The goal of this study is to evaluate the seasonal climate forecasts of the Eta regional model driven by the BESM forecasts, both models developed by CPTEC/INPE, focusing on extreme events that took place in the Brazil Southeast and the São Francisco River Basin. The evaluation of the model's predictions consisted of comparing predicted precipitation anomaly values to those observed by MSWEP for a set of years of extreme drought and flood events in the southeast region, for the trimester of December, January and February from 1987 to 2010. The results indicate that the Eta40km-BESM system was able to predict the 3 extreme rainfall events identified in the studied period, failed to predict the most intense dry event and predicted the second most intense dry event. The seasonal forecast skill is limited, and current model improvement are ongoing.

Palavras-Chave – Previsões climáticas sazonais, Modelo Eta, avaliação de previsões, Modelo BESM

INTRODUÇÃO

A variabilidade climática se refere a flutuações do clima acima ou abaixo da média climatológica a longo prazo. Essas oscilações podem apresentar valores extremos, geralmente resultando em grandes prejuízos e perdas de vidas quando enfrentados com despreparo. Eventos extremos de variabilidade climática na precipitação podem ocasionar em crises hídricas e, conseqüentemente, energéticas em períodos de seca extrema (Chou *et al.*, 2005, p. 537), enquanto períodos extremos chuvosos podem causar desastres como inundações, deslizamentos e escorregamentos de terra. Nesse sentido, previsões sazonais de precipitação, geradas através de modelos numéricos, são muito úteis pois permitem identificar a qualidade da estação chuvosa com alguns meses de antecedência.

Modelos climáticos globais são instrumentos capazes de realizar previsões de tempo e clima em grande escala, porém suas baixas resoluções resultam em previsões sazonais consideradas grosseiras para o planejamento e atuação em escala local. A redução da escala das previsões se torna possível através da implementação de modelos regionais climáticos, que adicionam detalhamento adicional às previsões dos modelos globais (Laprise *et al.*, 2000, p. 4150). Os modelos regionais utilizam condições iniciais, de contorno lateral e inferior fornecidas pelos modelos globais, que introduzem informações sobre a circulação atmosférica de grande escala enquanto o modelo regional agrega detalhamento do clima em escala local. (Laprise *et al.*, 2008, p. 4). O aumento da resolução permite que previsões sejam feitas para áreas mais limitadas e com fins mais específicos, além de permitir uma melhor reprodução de eventos extremos climáticos.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho das previsões climáticas sazonais do modelo Eta (Mesinger *et al.*, 2012; Chou *et al.*, 2020) aninhado ao modelo BESM do INPE para a região Sudeste e do Alto São Francisco.

MATERIAIS E MÉTODOS

A versão do modelo regional Eta (Mesinger *et al.*, 2012; Chou *et al.*, 2020) utilizada no estudo foi desenvolvida e avaliada por Chou *et al.* (2020), com domínio que cobre a América do Sul, América Central e seus oceanos adjacentes, apresentando resolução horizontal de aproximadamente 40 km e 38 camadas verticais. As previsões foram iniciadas em 01 de novembro de cada ano da série de 1988-2010, sendo validadas para os meses de dezembro (mês 2), janeiro (mês 3) e fevereiro (mês 4).

O Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre (BESM - Brazilian Earth System Model) é um modelo climático global acoplado oceano-atmosfera que vem sendo desenvolvido e aprimorado pelo INPE (Nobre *et al.*, 2013), cuja versão mais recente possui componente atmosférica de resolução T62L28 (resolução horizontal de aproximadamente 200 km e 28 níveis verticais) representada pelo modelo de circulação geral atmosférico do INPE.

Foram consideradas as previsões do modelo regional Eta aninhado ao modelo global BESM para precipitação, geradas nos horários de 00, 06, 12 e 18Z para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro no período de 1988-2010 (23 anos), cobrindo o domínio da América do Sul. As previsões do modelo Eta40km-BESM foram comparadas aos dados observacionais de mesmo horário e período para a avaliação de seu desempenho. Foram utilizados dados de observação obtidos pelo Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation (MSWEP) (Beck *et al.*, 2019). Foram calculadas as métricas de erro médio, raiz do erro quadrático médio, anomalia, desvio padrão e coeficiente de correlação de Pearson.

Para a avaliação dos eventos extremos de precipitação, foram calculadas médias espaciais dos valores de anomalia padronizada em um recorte da região Sudeste do Brasil (26°-14°S e 53°-39°W) para cada ano estudado, obtendo-se uma série de valores unidimensionais de anomalia padronizada do Eta40km-BESM e do MSWEP. Os anos com trimestres de eventos extremos foram definidos através da série do MSWEP, como aqueles cujo valor da anomalia ultrapassou 1 desvio padrão positivo (extremo chuvoso) ou negativo (extremo seco). O mesmo cálculo foi realizado em seguida somente para a região do Sudeste que pertence à Bacia Hidrográfica do São Francisco, compreendendo o Alto e parte do Médio São Francisco, obtendo-se novos valores de anomalia padronizada previstos e observados e novos trimestres extremos.

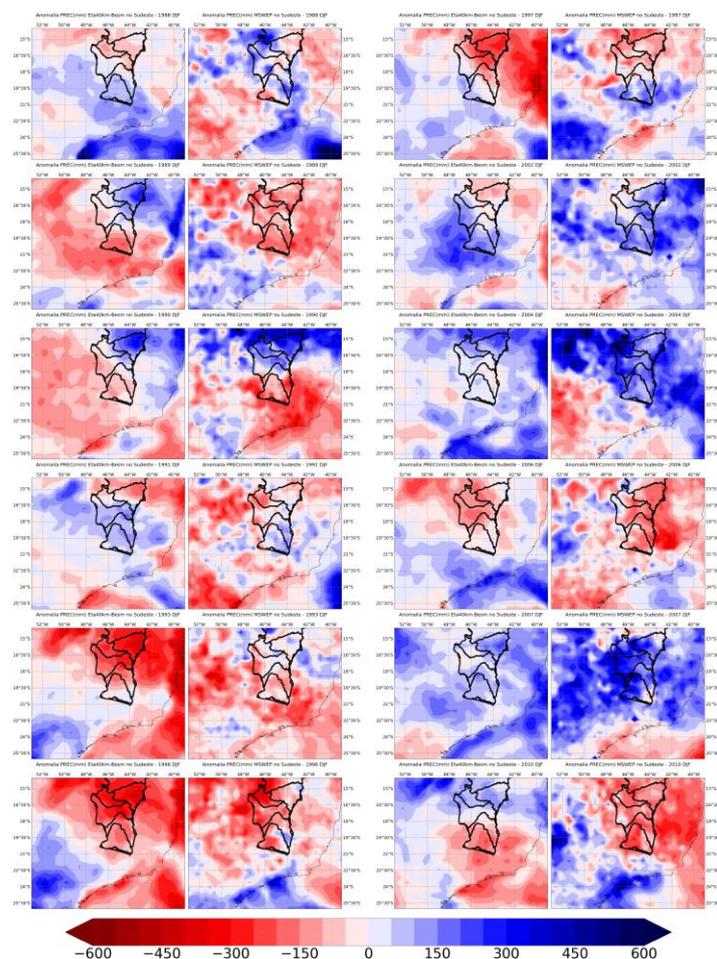
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As anomalias de precipitação previstas pelo modelo regional climático Eta40km-BESM e as observadas pelo produto MSWEP foram analisadas para a região Sudeste do Brasil, para o trimestre de dezembro, janeiro e fevereiro (FIGURA 1). As previsões do Eta40km aninhado ao BESM previram os sinais das anomalias de precipitação observadas na região nos anos de 1988, 1990, 1991, 1996, 2000, 2004 e 2007 no trimestre analisado, apesar de não terem simulado corretamente as suas intensidades. Entretanto, as previsões do modelo Eta40km-BESM não previram o sinal das anomalias de chuva observadas nos anos de 1992, 1995, 1999, 2001 e 2009.

Especificamente na região do Alto São Francisco, notou-se que as previsões do modelo Eta40km-BESM conseguiram prever corretamente os sinais predominantes das anomalias de precipitação na região em 8 dos 23 trimestres observados, como em 1989, 1990, 1991, 1993, 1996,

2002, 2007 e 2010. Em alguns anos, cuja previsão no Alto São Francisco não se mostrou bem-sucedida, por outro lado, notou-se acerto das previsões do modelo nos sinais das anomalias do Médio São Francisco, como visto em 1997, 2004, 2006.

FIGURA 1. Anomalias de precipitação (mm) previstas pelo Eta40km-BESM e observadas pelo MSWEP no Sudeste do Brasil, para o período de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) dos anos de 1988, 1989, 1990, 1991, 1993 e 1996 (coluna esquerda) e 1997, 2002, 2004, 2006, 2007 e 2010 (coluna direita).

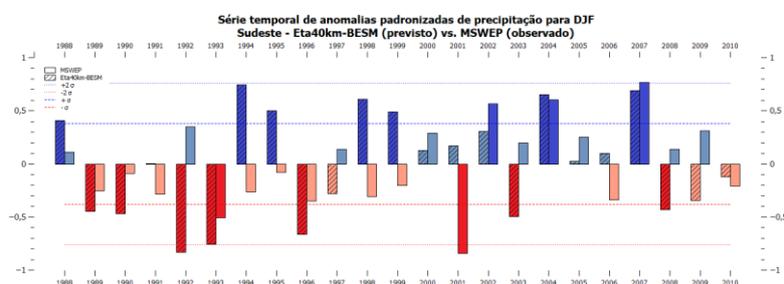


A FIGURA 2 mostra a série temporal de anomalias padronizadas de precipitação previstas pelo modelo regional climático Eta40km-BESM e observadas pelo produto MSWEP, para o trimestre de dez-jan-fev na região Sudeste. Considerando como extremos os valores que excedem 1 desvio padrão, foram classificados como trimestre de extremos chuvosos nos anos de 2002, 2004 e 2007, enquanto nos anos de 1993 e 2001 foram considerados trimestres extremos secos. Notou-se que as previsões do modelo regional estimaram sinais de anomalia comparáveis aos observados em 11 dos 23 anos da série, incluindo todos os três casos de extremos chuvosos e um dos dois anos de eventos extremos secos. Em 2007 e 2004, os dois anos extremos chuvosos mais intensos, o modelo previu valores de anomalia muito próximos dos observados, que também ultrapassaram a marca de 1 desvio padrão, indicando que o modelo foi capaz de prever a ocorrência chuvas extremas para esses anos. Já em 2002, embora o modelo tenha previsto corretamente o sinal positivo de anomalia de precipitação, ele subestimou a intensidade da anomalia, fornecendo uma previsão que não seria

considerada extrema para a região. Para os anos extremos secos, o modelo superestimou a intensidade da anomalia negativa de chuva no ano de 1993, mas conseguiu prever a ocorrência de um evento extremo seco. Já em 2001, o ano de extremo seco mais intenso da série, a previsão errou em sinal e intensidade, indicando uma pequena anomalia positiva de precipitação para esse ano.

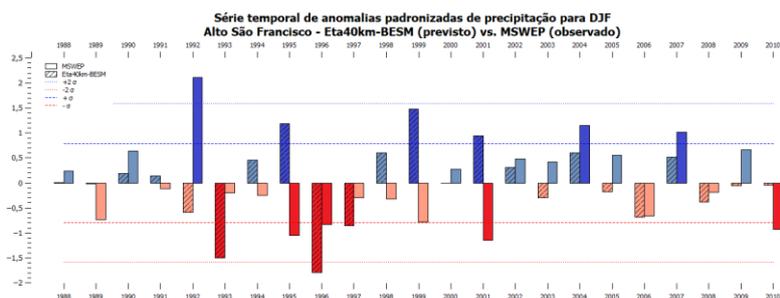
Em geral, as previsões do modelo Eta40km-BESM superestimaram a precipitação na região Sudeste, resultado que está de acordo com o que foi encontrado anteriormente por Chou *et al.* (2005, p. 553) e Chou *et al.* (2020, p. 20).

FIGURA 2. Série temporal de anomalias padronizadas de precipitação do Eta40km-BESM e do MSWEP no Sudeste, para o período de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) dos anos de 1988 até 2010. Tons de azul e vermelho escuros indicam anos em que a anomalia prevista ou observada ultrapassou o valor de ± 1 desvio padrão.



Na FIGURA 3, está representada a série temporal de anomalias de precipitação previstas pelo modelo Eta40km-BESM e observadas pelo MSWEP, para a região da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco pertencente à região Sudeste, para o trimestre dez-jan-fev de 1988 a 2010. Notou-se que os anos de 2004 e 2007 também apresentaram eventos extremos de precipitação na região, com as previsões do modelo simulando corretamente os sinais positivos de anomalia para o trimestre, mas não prevendo eventos extremos chuvosos. Embora 2002 não esteja classificado como evento extremo nessa região, o modelo continuou prevendo sinais e valores comparáveis aos observados. Em 1992 foi observado um extremo chuvoso na região, não previsto pelo modelo. Para os trimestres extremos secos identificados, a previsão superestimou a intensidade da anomalia negativa em 1996, mas previu corretamente a ocorrência do evento extremo. Em 2001, o modelo errou na previsão do evento extremo seco observado.

FIGURA 3. Série temporal de anomalias padronizadas de precipitação do Eta40km-BESM e do MSWEP no Alto e parte do Baixo São Francisco, porção da bacia pertencente ao Sudeste, para o período de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) dos anos de 1988 até 2010. Tons de azul e vermelho escuros indicam anos em que a anomalia prevista ou observada ultrapassou o valor de ± 1 desvio padrão.



CONCLUSÃO

As previsões do modelo regional Eta40km-BESM, em geral, demonstraram habilidade de prever sinais de anomalia predominantes similares aos observados, assim como padrões de anomalia mais específicos de maneira satisfatória. A intensidade das anomalias previstas acompanhou as variações observadas, mas seus valores não se mostraram bem representados nas previsões do modelo, tendendo a subestimar ou superestimar os valores das anomalias em todas as variáveis analisadas. Em geral, as previsões de precipitação apresentaram superestimativas na região Sudeste do país. Para eventos extremos no Sudeste, o modelo regional Eta40km-BESM se mostrou capaz de prever anomalias positivas de precipitação em todos os 3 eventos extremos chuvosos identificados na região.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido com apoio de bolsa CNPq PIBIC/CNPq/INPE 133540/2021-9, referente ao 1º autor. O trabalho é apoiado parcialmente pelo projeto CAPES-ANA 88881.144894/2017-01 e CNPq PQ 312742/2021-5.

REFERÊNCIAS

- BECK, H.E.; WOOD, E.F.; PAN, M.; FISHER, C.K.; MIRALLES, D.G.; VAN DIJK, A.I.J.M.; MCVICAR, T.R.; ADLER, R.F. 2019. MSWEP V2 Global 3-Hourly 0.1° Precipitation: Methodology and Quantitative Assessment, **Bulletin of the American Meteorological Society**, 100(3), 473-500.
- CHOU, S.C.; BUSTAMANTE, J.F.; GOMES, J.L. **Evaluation of Eta Model seasonal precipitation forecasts over South America**. *Nonlin. Processes Geophys.*, 12: 537-555, 2005.
- CHOU, S.C.; DERECZYNSKI, C.P.; GOMES, J.L.; PESQUERO, L.F.; ÁVILA, A.M.H.; RESENDE, N.C.; ALVES, L.F.; RUIZ-CÁRDENAS, R.; SOUZA, C.R.; BUSTAMANTE, J.F.F. **Ten-year hindcasts of Eta seasonal forecasts**. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* (2020) 92(3): e20181242, 2020.
- LAPRISE, R.; ELÍA, R.; CAYA, D.; BINER, S.; LUCAS-PICHER, P.; DIACONESCU, E.; LEDUC, M.; ALEXANDRU, A.; SEPAROVIC, L. **Challenging some tenets of regional climate modelling**. *Meteorol. Atmos. Phys.* 100: 3-22, 2008.
- LAPRISE, R.; VARMA, M. R.; DENIS, B.; CAYA, D.; ZAWADZKI, I. **Predictability of a nested limited-area model**. *Mon. Wea. Rev.* 128: 4149-4154, 2000.
- MESINGER, F.; CHOU, S. C.; GOMES, J. L.; JOVIC, D.; BASTOS, P.; BUSTAMANTE, J. F.; LAZIC, L.; LYRA, A. A.; MORELLI, S.; RISTIC, I.; VELJOVIC, K. **An upgraded version of the Eta model**. *Meteorology and Atmospheric Physics*. Vol 116 (3), 63-79, 2012.
- NOBRE, P.; SIQUEIRA, L.S.P.; ALMEIDA, R.A.F.; MALAGUTTI, M.; GIAROLLA, E.; CASTELAO, G.P.; BOTTINO, M.J.; KUBOTA, P.; FIGUEROA, S.N.; COSTA, M.C.; SILVA, M.B.; IRBER, JR. L.C.; MARCONDES, G.G. 2013. **Climate Simulation and Change in the Brazilian Climate Model**. *Journal of Climate*, 26: 6716-6732.