

# **PROJEÇÕES DE PRECIPITAÇÃO PARA O ESTADO DE SÃO PAULO E MODOS DE VARIABILIDADE NA ESTAÇÃO DE VERÃO EM RESULTADOS DO MODELO REGIONAL ETA**

Iracema F.A. CAVALCANTI, Virginia P. SILVEIRA  
CPTEC/INPE – Cachoeira Paulista / São Paulo

**RESUMO:** É feita uma análise da mudança na precipitação de verão na região sudeste do Brasil simulada no período de 1961 a 1990 e projetada para 2041-2070 em 4 integrações do modelo regional Eta. As projeções indicam um aumento de 10 a 30% na precipitação em DJF na região que abrange parte do Estado de São Paulo. As séries temporais mostram uma grande dispersão entre os 4 membros, mas com variabilidade semelhante entre alguns membros em alguns anos, nos dois períodos, e um aumento na precipitação média no período futuro. Os membros reproduzem os modos de variabilidade da ZCIT e ZCAS, nos dois períodos, porém com intensidades bem menores do que o observado. A variabilidade na região da ZCAS afeta a precipitação no norte do Estado de São Paulo.

**ABSTRACT:** Changes in the Summer precipitation over southeastern Brazil from 1961-1990 to 2041-2070 are analyzed in 4 members of Eta regional model. The projections indicate an increase of 10 to 30% precipitation in part of São Paulo state. The timeseries of precipitation show a large dispersion among members but with similar variability in some years, in both periods. The modes of variability are reproduced by the members in both periods, but with less intensity than the observed. The variability in the SAZC region affects precipitation over the northern sector of São Paulo state.

## **1- INTRODUÇÃO**

Projeções de precipitação para o futuro têm sido obtidas com a aplicação de modelos regionais (Marengo et al.2012, Chou et al. 2012). Modelos diferentes podem projetar variações diferentes em uma mesma região. Assim, quando precisamos estimar uma projeção futura para uma região, precisamos fornecer resultados baseados em intervalos e também levando em conta as incertezas nos resultados. As principais fontes de incerteza nas projeções para o futuro são relacionadas à incerteza nos cenários futuros, incerteza nas respostas de modelos diferentes e versões diferentes dos modelos e também incertezas devido à dificuldade de representação dos processos físicos, assim como das condições iniciais diferentes. O projeto FAPESP “Assessment of Impacts and Vulnerability to Climate Change in Brazil and strategies for Adaptation options project “ contém uma componente de produção e análise dos resultados, outra de análise de incertezas e mais 4 componentes aplicadas a regiões específicas no estado de São Paulo. Os resultados das análises de incertezas das simulações e projeções serão discutidos com as componentes de aplicação para indicar os possíveis intervalos das mudanças na precipitação e a consistência entre as integrações. O objetivo deste estudo é apresentar

resultados do modelo regional Eta submetido a condições de contorno de 4 integrações do modelo global HADCM3, discutindo sobre as incertezas nos resultados das mudanças entre o período passado e o período futuro e nas análises de variabilidade de precipitação na estação de verão.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O modelo ETA tem sido utilizado no CPTEC/INPE para previsão de tempo e sazonal, e tem sido usado também em simulações de mudanças climáticas (Chou et al. 2012) O modelo global HADCM3 é um modelo acoplado oceano-atmosfera do Hadley Centre (UK). As 4 integrações do HADCM3 são provenientes de um método de perturbação nos esquemas de parametrizações físicas do modelo, segundo Collins et al. 2006. Os resultados do modelo são utilizados em dois períodos: 1961 a 1990, considerado como o período controle e 2041 a 2070, para as projeções do futuro. Neste estudo será analisada a estação de verão (DJF) a qual é a estação chuvosa na região sudeste do Brasil, onde se encontram as áreas das componentes de aplicação do projeto. As 4 integrações do modelo Eta foram realizadas com 40 km de resolução horizontal e 38 níveis na vertical, em um período de 30 anos em cada período (1961-1990) e (2041-2070), com condições de contorno laterais do HADCM3 forçado para o cenário A1B do futuro. Os membros se referem à sensibilidade ao aquecimento: baixa, média e alta, além do membro controle. A precipitação climatológica de DJF simulada pelo modelo no período de 1990 a 2008 foi comparada com dados observados provenientes do conjunto GPCP (Adler et al. 2003). A precipitação média espacial em uma área situada na região de Campinas no Estado de São Paulo foi analisada para a discussão da variação interanual da precipitação em dois períodos (passado e futuro). Os dois primeiros modos de variabilidade de precipitação foram obtidos com a aplicação de Funções Ortogonais Empíricas nas anomalias de precipitação de DJF nos dois períodos. As anomalias são correspondentes às climatologias de cada período.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A precipitação de verão simulada pelo modelo Eta no Período de 1990 a 2008 é mostrada na Figura 1. O modelo reproduz bem as principais características da precipitação de verão, ou seja, a banda de precipitação NW-SE típica desta estação do ano, a posição da ZCIT e a precipitação no sul do Chile. Esses resultados são consistentes com as análises em Chou et al. (2012). As mudanças na precipitação do clima passado (1961-1990) para o clima futuro (2041-2070) na estação de verão, na região sudeste, representadas por cada membro (forçado pelo HADCM3 com diferentes sensibilidades) são apresentadas na Figura 2. Os membros controle, médio e alto representam um aumento de precipitação na região interior do Estado de São Paulo entre 10 e 30%. O aumento abrange uma área maior no membro controle, porém o sinal de aumento é

comum nos 3 membros. Apenas o membro baixo, que representa uma sensibilidade menor ao aquecimento, não indica mudanças.

Na Figura 3 é mostrada a série temporal da média de precipitação em DJF na área de 46.7° a 46.4°W e 23.8° a 23.0° na região que engloba a área metropolitana de Campinas. No período de 1961 a 1990 a variabilidade é grande entre os membros e o membro alto apresenta os maiores extremos (maiores ou menores precipitações) nos anos 80s e 90s (Figura 4a). No período futuro, a maior parte dos anos tem mínimos maiores do que no período passado (Figura 4b). Nesse período, sujeito ao cenário A1B de aquecimento global, o membro alto não se destaca dos outros membros, como no período passado. Nas duas séries existem alguns períodos em que a variabilidade interanual de alguns membros é semelhante, porém na maioria dos anos a dispersão entre os membros é grande. No período passado o intervalo de variação é de mínimos de aproximadamente 4 mm/dia a aproximadamente 9 mm/dia, com alguns extremos de 3mm/dia e de mais de 10 mm/dia. No período futuro a variação é de mínimos em torno de 5 mm/dia e máximos maiores que 9 mm/dia, também com extremos ao redor de 3mm/dia e mais que 10mm/dia.

Foram analisados os modos de variabilidade da precipitação simulada e projetada para a estação de verão e notou-se que o modelo representa a variabilidade na região da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), porém com intensidade bem menor do que a observada. Um exemplo do membro alto é mostrado para o primeiro modo nos dois períodos (Figura 4).

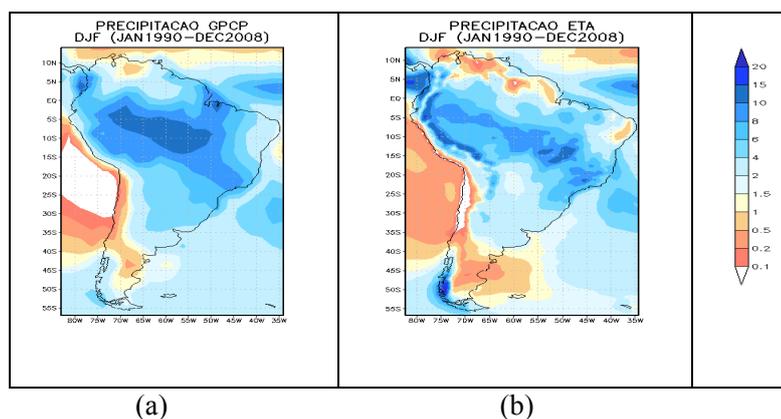


Figura 1. Precipitação média (1990 a 2008) no verão (DJF) (a) observada GPCP; (b) Simulada pelo Modelo ETA.

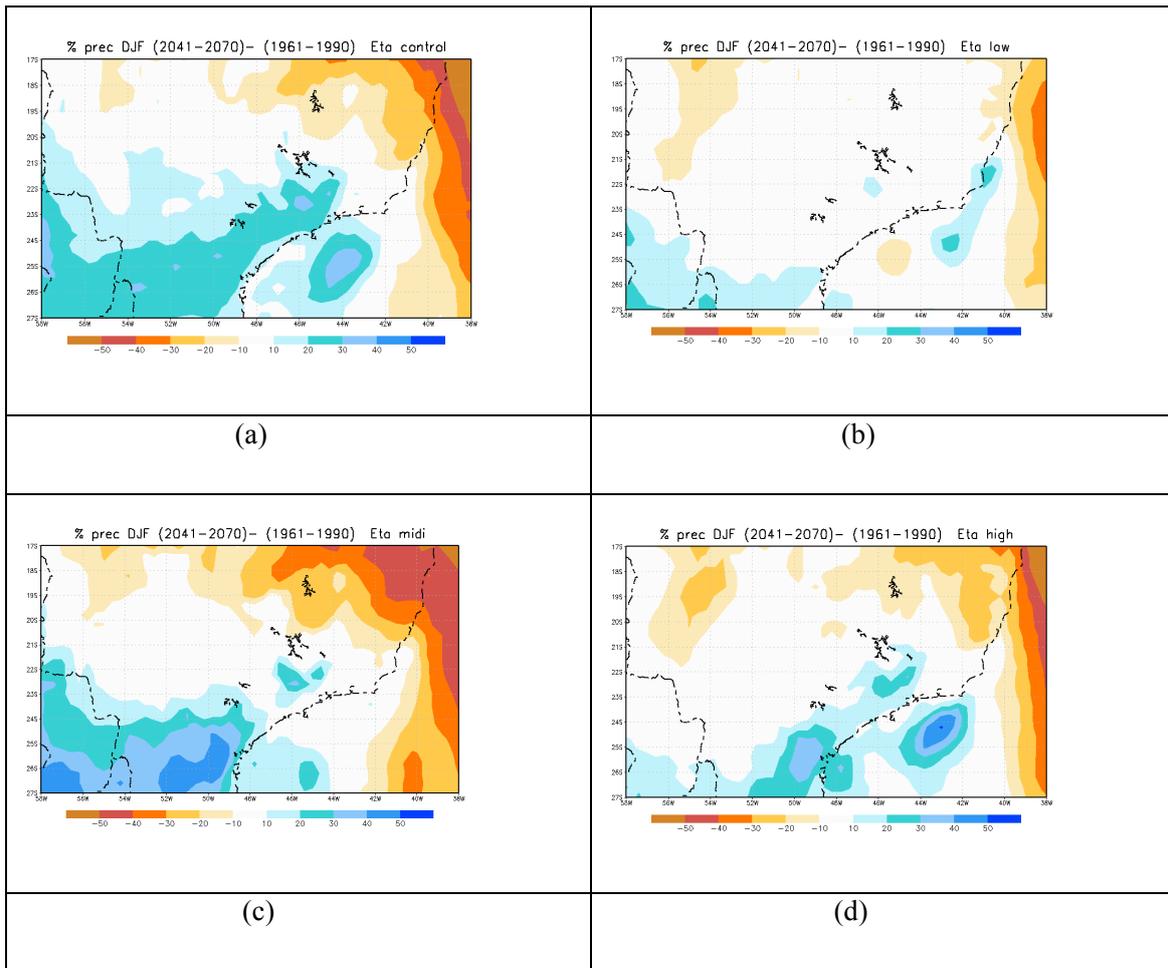


Figura 2. Diferença da precipitação entre o período (1961-1990) e o período (2041-2070) em porcentagem projetada pelos 4 membros (a) controle, (b) baixo, (c) médio, (d) alto.

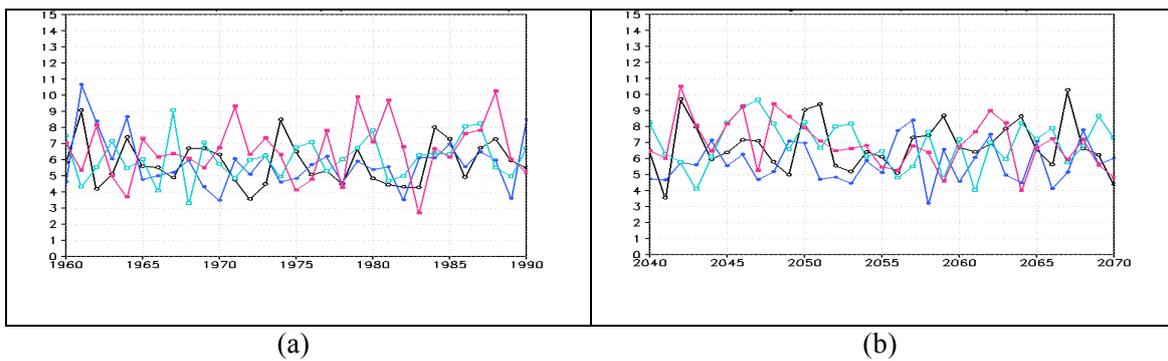


Figura 3. Precipitação média na área ( $46.7^{\circ}$  a  $46.4^{\circ}$  W e  $23.8^{\circ}$  a  $23.0^{\circ}$  S) resultante dos 4 membros do Modelo Eta para DJF (a) período 1961-1990; (b) período 2041-2070.

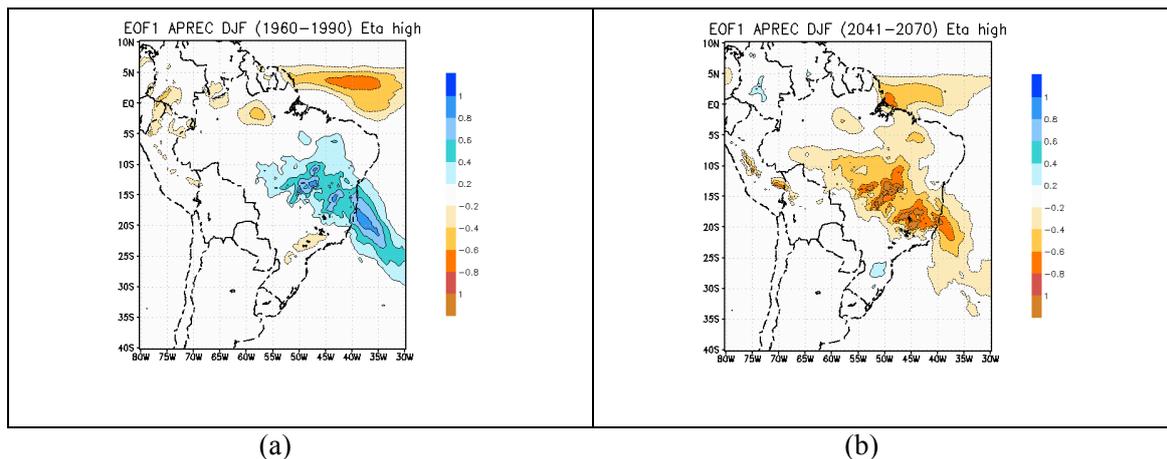


Figura 4. Primeiro modo de variabilidade da precipitação em DJF (a) Período de 1961 a 1990, (b) Período de 2041 a 2070.

#### 4. CONCLUSÃO

As projeções de precipitação obtidas pelo modelo regional Eta em 4 integrações a partir de condições do Modelo global HADCM3 indicam um aumento de 10 a 20% na região sudeste do Brasil. Há uma grande dispersão entre os membros na variabilidade interanual, com valores mínimos em torno de 4 mm/dia a 9mm/dia no período passado (1961 a 1990) e em torno de 5mm/dia a 10mm/dia nas projeções para o futuro (2041-2070). Os modos de variabilidade de precipitação representam bem a ZCIT e a ZCAS, porém com intensidades bem menores do que as observadas.

**AGRADECIMENTOS:** Agradecemos ao projeto FAPESP “Assessment of Impacts and Vulnerability to Climate Change in Brazil and strategies for Adaptation options project (Ref. 2008/58161-1).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, R.F.; Huffman, G.J.; Chang, A.; Ferraro, R.; Xie, P.; Janowiak, J.; Rudolf, B.; Schneider, U.; Curtis, S.; Bolvin, D.; Gruber, A.; Susskind, J.; Arkin, P.; Nelkin, E., 2003. The Version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979-Present). **Journal of Hydrometeorology**, 4 (6), 1147-1167.
- Chou, S. C., Marengo J.A., Lyra, A.A., Sueiro, G., Pesquero J.F., Alves, L.M., • Kay, G., Betts, R., Chagas, D.J., Gomes, J.L., Bustamante, J.F., Tavares, P. 2012. Downscaling of South America presente climate driven 4-member HadCM3 runs. **Climate Dynamics**, 38, (3-4), 635-653.
- Collins, M., Booth, B.B., Harris, G.R, Murphy, J.M, Sexton, D.M.H., Webb, MJ., 2006. Towards Quantifying Uncertainty in Transient Climate Change. **Climate Dynamics**, 27 (2-3), 127-147.
- Marengo, J.A., Chou, S.C., Kay, G., Alves, L., Pesquero, J.F., Soares, W.R., Santos, D.C., Lyra, A.A., Sueiro, G., Betts, R., Chagas, D.J., Gomes, J.L., Bustamante, J.F. and Tavares, P., 2012. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. **Climate Dynamics**, 38(9-10), 1829-1848.