

VARIABILIDADE DO REGIME DE MONÇÕES SOBRE O BRASIL EM SIMULAÇÕES DO CONJUNTO DE MODELOS GLOBAIS ACOPLADOS DO IPCC PARA O CLIMA PRESENTE.

RODRIGO JOSÉ BOMBARDI¹, LEILA M. V. CARVALHO²

¹ Meteorologista, Mestrando, Depto. de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo – SP, Fone: (0XX11)3091-4675, bombardi@model.iag.usp.br

² Profa. Doutora, Depto. de Ciências Atmosféricas, IAG-USP, São Paulo – SP.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju - SE

RESUMO: O presente trabalho consiste em um estudo observacional da variabilidade espacial da precipitação sobre o Brasil, associada ao Regime de Monções da América do Sul, e avaliação das simulações numéricas de sete modelos climáticos globais acoplados do IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) para o cenário do século XX (1981-2000) para esta região. Dados globais de precipitação em pântadas obtidos do Global Precipitation Climatology Project (GPCP) são investigados entre 1979 e 2004. O objetivo desse estudo é examinar a performance dos modelos em simular importantes características climáticas do século XX é avaliar quão confiáveis são as respectivas projeções para um cenário de mudanças climáticas. Verificou-se que os modelos do IPCC, em geral, representam bem o início, a duração e total precipitado das monções de verão para a região do Brasil central. Todos os modelos estudados subestimam a precipitação sazonal sobre a foz do Amazonas em aproximadamente 120 mm e superestimam a precipitação no nordeste do Brasil entre 40 e 80 mm.

PALAVRAS-CHAVE: Monções da América do Sul, Modelos Acoplados, IPCC, Cerrado.

VARIABILITY OF THE MONSOON REGIME OVER BRAZIL IN THE IPCC ENSEMBLE GLOBAL COUPLED MODEL SIMULATIONS FOR PRESENT CLIMATE

ABSTRACT: The present work compares the observed spatial variability of precipitation over Brazil, associated with the South American Monsoon System, with simulations from seven coupled climate models of the Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) for the 20th Century (1981-2000). Global pentad precipitation data were obtained from Global Precipitation Climatology Project (GPCP) are investigated between 1979 and 2004. The objective is to examine the performance of each model in simulating important climate features of the 20th century and evaluate the reliability of these models in projecting future climate changes. In general, the IPCC models represent well the onset, duration and total precipitation during the summer monsoon for Central Brazil. All models analyzed underestimate seasonal total precipitation over the Amazon River mouth in about 120 mm and overestimate precipitation over northeast Brazil in about 40 to 80 mm.

KEYWORDS: South America Monsoon System, Climate coupled models, Brazilian Savannah.

INTRODUÇÃO: O cerrado é a segunda maior formação vegetal brasileira. Nos últimos 35 anos, mais da metade dos dois milhões de km² originais foram substituídos por plantações e pastagens, dos quais apenas 2,2 % estão protegidos em parques ou reservas. (Marris, 2005). Apesar da expansão agrícola e da urbanização contribuírem para o crescimento econômico e social na região, a biodiversidade vem sendo prejudicada e o consumo humano e agrícola de água vem aumentando. Aliados a estes aspectos regionais, mudanças climáticas forçadas pelo aquecimento global oriundo do aumento de CO₂ do último século (IPCC-2001) podem produzir conseqüências ainda desconhecidas, alterando o regime de precipitação e seus extremos.

O objetivo do presente estudo está em caracterizar variabilidades no início e término das monções de verão sobre o Brasil e avaliar o desempenho de vários modelos do IPCC em simular estas características para o cenário do século XX. Se os modelos conseguem simular as características do clima do século XX o prognóstico destes modelos para um cenário de mudanças climáticas se torna mais confiável. Este trabalho tem também por finalidade contribuir com o projeto temático intitulado “Interação Biosfera-Atmosfera Fase-2: Cerrados e mudança do uso da terra” (FAPESP: 02/09289-9).

MATERIAL E METODOS: Os dados de precipitação utilizados são resultantes das análises de pântadas (média de cinco dias) construídas pelo Projeto Climatológico de Precipitação Global (GPCP) a partir de conjuntos de dados baseados em estimativas de satélite e medidas de estações de superfície (Xie et al. 2002). Os dados são criados com resolução de 2,5° de latitude e longitude. O período considerado é de 1979 a 2004. Além disso, foram examinadas as saídas dos modelos CNRM (França), CSIRO (Austrália), GFDL2.0 (EUA), GFDL2.1 (EUA), MIROC3.2-hires (Japão), MIROC3.2-medres (Japão) e MRI (Japão) para o cenário do clima do século XX (1981-2000). Foram utilizadas três simulações do modelo CSIRO, duas do modelo MIROC3.2-medres e cinco do modelo MRI, formando um total de dez membros. Foi construído um conjunto de dados com as características da estação chuvosa (início, fim, duração e etc.) resultante da média destas variáveis geradas previamente para cada modelo. Os resultados serão apresentados na forma deste conjunto médio de variáveis (ensemble). Para este trabalho foi escolhida uma região que compreende o domínio entre 5.0° norte e 35.0° sul e entre 30.0° e 80.0° oeste.

O início, o fim e conseqüentemente a duração da estação chuvosa foram determinados utilizando somente dados de precipitação através do método proposto por Liebmann e Marengo (2001), tal que:

$$S(dia) = \sum_{n=dia_0}^{dia} (R(n) - \bar{R}) \quad (1)$$

Onde é a precipitação medida na pântada n , é a precipitação média anual (tomados os 365 dias). Para se determinar o início da estação chuvosa, calcula-se a somatória S para cada pântada do ano, iniciando na estação seca de um determinado ano e terminando na estação seca do ano seguinte. Inicialmente, a somatória S terá contribuições negativas. O momento em que S passa a ter contribuições positivas de forma a apresentar um ponto de mínimo é considerado o início da estação chuvosa. Analogamente, determina-se o fim da estação chuvosa quando a somatória S , antes positiva, passa a ter contribuições negativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os maiores valores de mediana do total precipitado durante a estação chuvosa encontram-se sobre a região Amazônica, com valores por volta de 1600 mm no sul, leste e centro e 1400 mm no oeste. Um máximo sobre a região da foz do Amazonas também é observado. Um máximo sobre a região da foz do Amazonas também é

observado. Sobre a região do cerrado brasileiro a precipitação é relativamente menor, com medianas entre 1000 a 1400 mm (Fig. 1a).

a)

b)

Figura 1 – (a) Mediana do total precipitado durante a estação chuvosa de acordo com GPCP, onde as isolinhas estão separadas por um intervalo de 200 mm; (b) diferença entre a mediana do total precipitado durante a estação chuvosa baseada no ensemble para o cenário do século XX e a mediana do total precipitado durante a estação chuvosa de acordo com GPCP, onde as isolinhas estão separadas por um intervalo de 20 mm e as regiões sombreadas mostram as regiões onde a diferença é estatisticamente significativa para o teste da mediana, ao nível de significância de 5 %.

A mediana do total precipitado durante a estação chuvosa do obtido pelo ensemble mostra que a região com um máximo de precipitação observada sobre a região norte da Amazônia e da foz do Amazonas foram subestimadas em mais de 120 mm pelo modelo (Fig. 1b). Sobre a região do cerrado a diferença na mediana da precipitação varia entre -40 mm e 20 mm. Embora as diferenças na maior parte do domínio sejam pequenas, são estatisticamente significativas para o teste da mediana e indicam que a representação da precipitação sazonal de verão pelos modelos do IPCC para o cenário do século XX correspondeu parcialmente ao esperado (Fig. 1b). Todos os modelos subestimam a precipitação na região da foz do Amazonas e superestimam a precipitação no nordeste do Brasil (não mostrado)

Grande parte do Brasil central apresenta medianas de início da estação chuvosa entre as pântadas 56 a 64 (Fig. 2a). As medianas de início sobre o oeste e noroeste da Amazônia variam entre as pântadas 44 e 60. Fica por volta da pântada 68 Sobre a foz do Amazonas e da pântada 60 sobre o sul da Amazônia (Fig. 2a), o que concorda com Liebmann e Marengo (2001), embora a região noroeste da Amazônia apresente valores relativamente superiores dos observados por eles. O fato da Região nordeste da América do Sul (AS) apresentar valores menores de medianas de início da estação chuvosa deve-se ao início das monções de verão do Hemisfério Sul. A convecção forma-se sobre a América Central, noroeste da região Amazônica e sudeste do Pacífico Norte, em seguida desloca-se na direção sudeste da AS intensificando-se progressivamente (Kousky 1988, marengo et al. 2001 e Gan et al. 2004).

Sobre grande parte do Brasil central, o ensemble consegue reproduzir as características de início da estação chuvosa para o clima do século XX similarmente ao observado, apresentando diferenças de no máximo duas pântadas em relação aos dados do GPCP (Fig. 2b), sendo que o GFDL2.1 e o CNRM superestimam entre 4 e 6 pântadas enquanto que o MRI subestima a duração da estação chuvosa na região em até 3 pântadas (não mostrado). A mediana de início da estação chuvosa sobre o cerrado não apresenta diferença estatisticamente significativa sobre a maior parte da região, o que indica que a posição central dos dois conjuntos de dados é estatisticamente semelhante. As principais diferenças ocorrem sobre o

Nordeste do Brasil, Amazônia e extremo sul do país (Fig. 2b), com início antecipado da estação chuvosa sobre a região Nordeste do Brasil e oeste da Amazônia e atraso do início no extremo norte da Amazônia e no extremo sul do Brasil e início antecipado sobre o oeste da Amazônia e sobre a região da foz do rio Amazonas, chegando a diferenças de mais de seis pântadas (30 dias) (Fig. 2b).

a)

b)

Figura 2 – (a) mediana do início da estação chuvosa de acordo com o GPCP, onde as isolinhas estão separadas por um intervalo de quatro pântadas; (b) diferença entre a mediana do início da estação chuvosa baseada no ensemble para o cenário do século XX e a mediana do início da estação chuvosa de acordo com GPCP, onde as isolinhas estão separadas por um intervalo de uma pântada e as regiões sombreadas mostram as regiões onde a diferença é estatisticamente significativa para o teste da mediana, ao nível de significância de 5 %.

A mediana de duração da estação chuvosa varia entre 34 a 36 pântadas na maior parte da AS, apresentando os maiores valores no interior do continente (Fig. 3a). Kousky (1988) utilizou um critério para caracterização da estação chuvosa baseado em dados de radiação de onda longa emergente (ROLE) e verificou uma tendência a estações chuvosas mais duradouras a partir do sudeste do Brasil em direção ao noroeste até o oeste da Bacia Amazônica. O mesmo pôde ser observado aqui, porém próximo ao sudoeste da Bacia Amazônica em direção noroeste a duração da estação chuvosa passa a diminuir.

a)

b)

Figura 3 – (a) mediana da duração da estação chuvosa de acordo com o GPCP, onde as isolinhas estão separadas por um intervalo de duas pântadas; (b) diferença entre a mediana da duração da estação chuvosa baseada no ensemble para o cenário do século XX e a mediana da duração da estação chuvosa de acordo com GPCP, onde as isolinhas estão separadas por um intervalo de duas pântadas e as regiões sombreadas mostram as regiões

onde a diferença é estatisticamente significativa para o teste da mediana, ao nível de significância de 5 %.

A simulação do clima do século XX sobre o Brasil representa bem a duração da estação chuvosa, apresentando variações entre -2 a 2 pântadas. Subestima a mediana de duração da estação chuvosa em até duas pântadas sobre o sul da Amazônia e sobre o Brasil central (Fig. 3b). Novamente, as diferenças na região central do Brasil são pequenas, porém, estatisticamente significativas para o teste da mediana e indicam que a representação da duração da estação chuvosa para o cenário do século XX correspondeu parcialmente ao esperado (Fig. 3b). Os modelos GFDL2.0 e GFDL2.1 subestimam a duração da estação chuvosa para a região do Brasil central em aproximadamente 4 pântadas (não mostrado).

CONCLUSÕES: Sobre a região do cerrado, a precipitação durante a estação chuvosa apresenta medianas entre 1000 e 1400 mm. A estação chuvosa sobre esta região apresenta medianas de início entre as pântadas 56 e 64 e medianas de 34 a 36 pântadas (5 a 6 meses). Os modelos do IPCC, de maneira geral, conseguem uma boa representação espacial do início, duração e total acumulado da estação chuvosa no cenário atual, principalmente sobre a região do Brasil central. As diferenças em relação aos dados do GPCP para esta região ficam, em geral, por volta de duas pântadas para o início e duração da estação chuvosa e em até 40 mm para o total precipitado. Todos os modelos tendem a subestimar a precipitação sobre a região da foz do Amazonas em aproximadamente 120 mm e a superestimar a precipitação sazonal sobre o nordeste do Brasil entre 40 e 80 mm.

AGRADECIMENTOS: Os autores gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro obtido para este trabalho (Processos: 06/53769-6 – Bolsa de Mestrado do Primeiro autor – e 02/09289-9 – Projeto Temático “Interação Biosfera-Atmosfera Fase 2: Cerrados e Mudanças de Uso da Terra”). L. M. V. Carvalho agradece o CNPq (Proc: 474033/2004-0).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- GAN, M. A.; V. E. KOUSKY; C. F. ROPELEWSKI. The South America Monsoon Circulation and Its Relationship to Rainfall over West-Central Brazil. *J. Climate*, v. 17, p. 47 – 66, Jan. 2004.
- IPCC, 2001. *Climate change 2001. Impacts, Adaptation, and Vulnerability – Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, editores J.J. MCCARTHY; O.F. CANZIANI; N.A. LEARY; D.J. DOKKEN; K.S. WHITE; Cambridge University Press, Cambridge, UK e New York, N.Y., USA.
- KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. *Rev. Bras. Meteor.*, v. 3, p. 217 – 231. 1988.
- LIEBMANN, B.; J. MARENGO. Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon Basin. *J. Climate*, v. 14, p. 4308-4318. Jun. 2001.
- MARRIS, E. The Forgotten Ecosystem. *Nature*, v. 437, p. 944 – 945. 2005
- XIE, P.; J.E. JANOWIAK; P.A. ARKIN; R. ADLER; A. GRUBER; R. FERRARO; G.H. HUFFMAN; S. CURTIS. GPCP Pentad Precipitation Analyses: An Experimental Dataset Based on Gauge Observations and Satellite Estimates. *J. Climate*, v. 16, p. 2197-2214. Jul. 2003.