

Eixo Temático ET-05-026 - Recursos Hídricos

AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO SIMULADA PELO MODELO REGIONAL ETA/CPTEC NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ

Emanuella Almeida Figueiredo¹, Vanessa Wortmann Paulino²

¹Graduanda em Engenharia Ambiental, pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). E-mail: emanuellaalmeidaf@yahoo.com.br; ²Graduanda em Engenharia Ambiental, pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). E-mail: vanessawortmann@gmail.com.

RESUMO

A previsão climática é fundamental para estudos hidrológicos, necessários para o gerenciamento eficiente dos recursos hídricos. Nesse sentido, as projeções do clima são descritas por meio de Modelos de Circulação Global - representações que descrevem a previsão para o clima do planeta em decorrência de uma determinada alteração na série de dados hidroclimáticos, resultante das atividades humanas. Os Modelos de Circulação Global descrevem a complexa relação existente entre atmosfera, oceano e superfície do solo. No entanto, para a previsão de fenômenos numa escala convectiva, os modelos regionais são as ferramentas mais eficientes para se realizar previsões de tempo e clima, devido ao uso da alta resolução que está associado ao melhoramento da representação espacial e temporal. Desse modo, neste artigo investiga-se a sensibilidade do modelo Eta (CPTEC/INPE) na reprodução da precipitação numa bacia hidrográfica do nordeste brasileiro. A região de estudo escolhida foi a Bacia do Rio Piancó, localizada no sudoeste do Estado da Paraíba, no semiárido nordestino. Os dados de precipitação observada pertencem a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e a precipitação simulada foi obtida por meio de um *downscaling* dinâmico usando o modelo regional Eta. Os resultados mostraram que o modelo simulou de forma satisfatória a precipitação espacial sobre a bacia, no entanto, em termos quantitativos, verificou-se que os valores encontrados para a precipitação simulada são muito abaixo dos observados, ou seja, o modelo subestimou a precipitação na Bacia.

Palavras-Chave: Mudanças climáticas; Precipitação; Bacia do rio Piancó.

INTRODUÇÃO

O clima interfere diretamente nos sistemas hídricos e, conseqüentemente, em diversos setores da sociedade. As mudanças climáticas causam conseqüências negativas nos âmbitos ambiental, econômico e social. No que se refere ao ambiente, alguns dos efeitos são o aumento de temperatura; mudança no regime hidrológico, com aumento de precipitações em algumas regiões e diminuição em outras, além de variações temporais e espaciais das chuvas; alteração na evapotranspiração de regiões; elevação do nível médio do mar; perda de biomas; favorecimento de queimadas; entre outros (Escarião, 2012).

Dentre os diversos aspectos associados à questão das mudanças climáticas está a evolução da análise da variabilidade espacial e temporal de atributos naturais, como a precipitação pluviométrica, que vem recebendo mais atenção devido à possibilidade de se realizar estimativas com maior precisão (Silva, Guimarães e Tavares, 2003).

Para a realização de estudos do comportamento do clima futuro se faz necessário a previsão da evolução de determinados contextos e variáveis que influenciam, direta ou indiretamente, o comportamento desse clima. Para cada premissa de evolução, tem-se a previsão de um determinado comportamento em termos de emissões de gases de efeito estufa, que influência de forma direta na mudança do clima futuro e nas consequências que isso acarretará para o meio ambiente (Escarião, 2012).

Dessa forma, em 1988, a organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das nações unidas para o Meio ambiente (PNUMA) estabeleceram o *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. O IPCC foi criado pelos governos para fornecer informações técnicas e científicas sobre as mudanças climáticas e apoiar trabalhos de avaliações do clima. Uma das responsabilidades do IPCC é a criação de cenários de emissões prováveis de gases de efeito estufa. Os cenários publicados pelo IPCC são denominados Cenários IS92 e Cenários SRES.

As principais ferramentas utilizadas para obtenção de cenários futuros para mudanças climáticas são os Modelos de Circulação Global (MCGs). Segundo Morrison *et al.* (2002), um Modelo de Circulação Global é um modelo numérico de grande escala que simula os processos físicos que afetam o clima. Esses modelos possuem equações físicas que descrevem a complexa interação entre atmosfera, oceano e superfície do solo.

O uso de previsões de clima para o gerenciamento de recursos hídricos tem sido utilizado nos últimos anos em especial em regiões como o Nordeste do Brasil (Galvão *et al.*, 2005; Braga *et al.*, 2007), região semiárida, sujeita a escassez de água em decorrência das secas. Além das previsões de curto prazo e sazonais (entre 4 a 6 meses de antecedência), muitos estudos começaram a abranger outra escala de tempo a das mudanças climáticas (Marengo, 2008; Silva e Guetter, 2007; Braga *et al.*, 2012).

Nesses estudos, a compreensão das variáveis climáticas (como precipitação e temperatura) é extremamente importante, uma vez que essas variáveis são utilizadas como dados de entrada para a modelagem dos sistemas hídricos. Entretanto, devido à baixa resolução horizontal da malha dos modelos de circulação global, as variáveis relevantes às escalas local ou de bacia hidrográfica são mal representadas.

Assim, para que os dados de previsão ou projeção sejam utilizados para o gerenciamento dos sistemas hídricos, faz-se uma desagregação das variáveis climáticas que foram simuladas na escala do modelo atmosférico para a escala da bacia hidrográfica. Entre as técnicas usadas para a obtenção dessa previsão regional, uma das mais utilizadas e a que foi adotada para o escopo deste trabalho é o *downscaling* dinâmico. Esta técnica usa Modelos Regionais (MRs) aninhados a Modelos Dinâmicos de Circulação Geral da Atmosfera (MCGAs), obtendo uma descrição climática mais detalhada da região. O *downscaling* dinâmico tem se mostrado bastante eficaz nos vários estudos de previsão climática, apresentando boas simulações de variáveis meteorológicas.

Vários estudos têm demonstrado a eficácia dos modelos regionais em simulações das variáveis meteorológicas em escalas sazonais e intra-sazonais, em particular o Eta (Black, 1994). Alves, Chou e Marengo (2004) avaliaram as previsões de chuvas sazonais do modelo Eta climático sobre o Brasil em 2003. Os resultados das simulações foram comparados com o modelo global CPTEC/COLA e dados de precipitações. O estudo mostrou que as previsões do modelo regional sobre algumas regiões do Brasil apresentam melhores resultados que o modelo global e que, além

disso, houve acertos em algumas estatísticas de variabilidade sazonal prevista pelo modelo.

Entretanto, os resultados das simulações com o modelo regional também geram erros. Assim, é fundamental que também se leve em consideração a incerteza nesses resultados. Segundo Domingues (2010), estudos anteriores indicam que estes modelos são afetados pelo tipo de estratégia de aninhamento, pela escolha do domínio e resolução, como também por erros das condições de contorno de Modelos de Circulação Globais. Além disso, o modelo pode produzir previsões de baixa qualidade em alguns eventos, posicionando erroneamente o sistema, subestimando ou superestimando a sua intensidade (Chou, 1998).

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo analisar a distribuição espacial da precipitação numa bacia hidrográfica a partir da comparação de dados de precipitação observada e precipitação simulada pelo modelo regional ETA-CPTEC no modo mudanças climáticas para o clima atual, ou seja, pretende-se avaliar as incertezas na simulação do clima simulado entre 1961-1990 de forma que se compreenda os efeitos do modelo sobre os resultados. Assim, não pretende-se aqui fazer projeções do clima futuro, mas sim avaliar como o modelo interfere numa simulação do clima atual.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A Bacia do Rio Piancó corresponde a uma das sete sub-bacias do Rio Piranhas em território paraibano e apresenta aproximadamente 9.247,75 km² de área. Localiza-se no Sudoeste do Estado da Paraíba, entre latitudes 6°43'51'' e 7°58'15'' e longitudes 37°27'41'' e 38°42'49''. Limita-se ao Norte com as sub-bacias do Alto e Médio Piranhas, ao Sul com o estado de Pernambuco, ao Leste com a sub-bacia do rio Espinharas e a Oeste com o estado do Ceará, e apresenta aproximadamente 9.247,75 km² de área.

A bacia está localizada na região do semiárido nordestino, caracterizada principalmente pelos longos períodos de seca e uma alta variação espacial na ocorrência de chuvas, que historicamente provoca consequências que afetam economicamente e socialmente a região (Garcia *et al.*, 2011). Encontra-se inserida no denominado "Polígono das Secas", caracterizado por um clima semiárido. O regime pluviométrico é baixo e irregular, com médias anuais de 870 mm (Braga, 2001) e a média anual da umidade relativa varia de 64 a 72%. A evaporação média anual é de aproximadamente 1150 mm (Braga, 2001).

A Bacia do Rio Piancó é considerada uma das bacias de maior conflito de uso das águas, pois nela está inserida a maior reserva hídrica estadual formada por dois reservatórios interligados: Sistema Coremas - Mãe d'Água, com capacidade para acumular 1,4 bilhões de metros cúbicos (Sousa *et al.*, 2010). O Rio Piancó, é o principal curso d'água da bacia, é o mais importante efluente do açude de Coremas. Pode-se dizer, também, que a bacia tem importância estratégica por ser a cabeceira da bacia do rio Piranhas-Açu, que compreende 147 municípios dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.

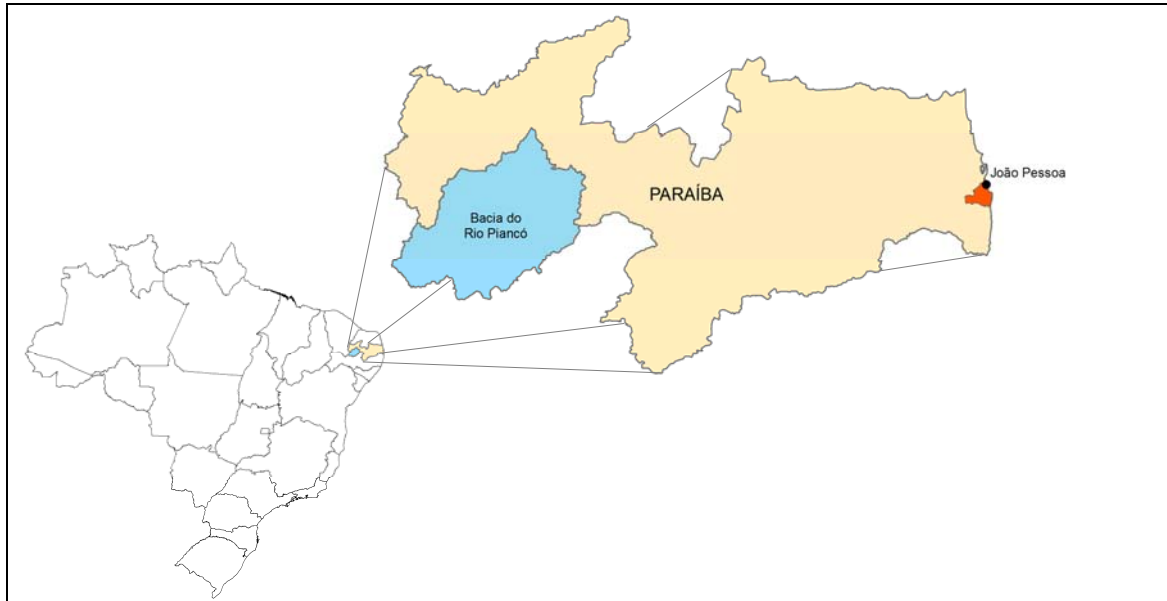


Figura 1. Localização da Bacia do Rio Piancó.

Levantamento de Dados

Os dados de precipitação observada foram coletados da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), disponibilizados pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) no site <http://dca.ufcg.edu.br/clima/chuvaspb.html>. Foram obtidos dados de precipitação mensal cobrindo o período de 1911 a 1990 para os municípios que compreendem a bacia do Rio Piancó, como também os que a cercam, sendo eles: Agua Branca, Aguiar, Aparecida, Bonito De Santa Fé, Cajazeirinhas, Catingueira, Condado, Curemas 1, Curemas 2, Garrotes, Ibiara, Imaculada, Itaporanga, Juru, Mae Dagua De Dentro, Manaira, Nazarezinho, Nova Olinda, Olho Dagua, Pianco, Pombal, Princesa Isabel, Santa Teresinha, São José Da Lagoa Tapada, São José De Piranhas e Serra Grande.

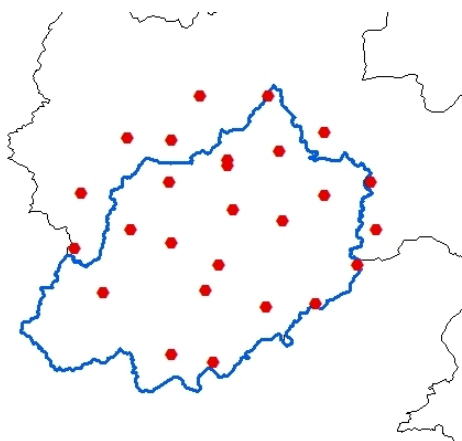


Figura 2. Postos pluviométricos utilizados.

Os dados de precipitação simulada foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-Clima), sendo

provenientes de um downscaling dinâmico feito a partir do modelo Eta-CPTEC com condições de contorno do modelo global HadCM3 (Gordon *et al.*, 2000; Collins *et al.*, 2001). O Modelo Eta foi desenvolvido pela Universidade de Belgrado em conjunto com o Instituto de Hidrometeorologia da Iugoslávia (Mesinger *et al.*, 1988, apud Chou, 1996) e é operacionalizado no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) desde dezembro de 1996. Esse modelo regional tem a resolução espacial de 40km, muito superior à resolução média de 250km dos modelos do AR4/IPCC (que foram muito utilizados entre 2009 e 2010) e resolução vertical de 38 camadas. O domínio do modelo cobre a maior parte da América do Sul e oceanos adjacentes e as previsões são fornecidas duas vezes ao dia, uma com condição inicial as 0000 UTC e outra às 1200 UTC (Chou *et al.*, 1998).

As simulações disponibilizadas foram realizadas pelo CPTEC/INPE para o clima atual (1961 a 1990) e para o clima futuro (2011-2040, 2041 a 2070 e 2071-2100), com o cenário A1B do IPCC. Essas simulações são a referência brasileira para cenários de mudanças climáticas, visto que se compõe de um downscaling dinâmico sobre a América do Sul. A resolução do modelo regional permite uma melhor caracterização regional das variáveis atmosféricas. No presente trabalho foram avaliadas as simulações de precipitação para o clima atual e para o membro de controle, ou seja, o membro um.

A precipitação simulada foi extraída do modelo atmosférico através de um script no software *Grads*, que fixa os pontos de coordenadas de cada uma das estações pluviométricas com dados observados e obtém o valor simulado pelo modelo no referido ponto. Foram obtidos dados de chuvas diários, e as chuvas médias mensais para cada ponto da grade foi calculada a partir do uso de planilhas do Excel.

Avaliação Espacial

Os dados foram avaliados como médias mensais entre os meses de fevereiro a maio, que compreende o período chuvoso da bacia hidrográfica. Os mapas com os dados observados foram elaborados com os dados médios mensais levantados para cada posto pluviométrico. Já os mapas com os dados simulados foram gerados para cada ponto de grade do modelo atmosférico coincidente com a área da bacia. Isso foi feito para causar menor alteração possível nos dados da modelagem atmosférica.

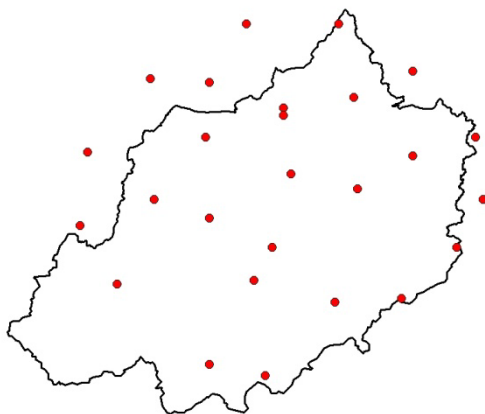


Figura 3. Localização dos postos pluviométricos.

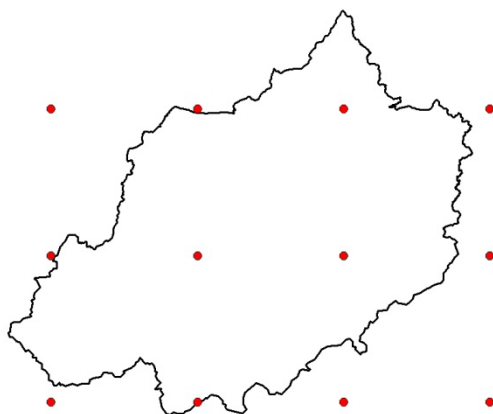


Figura 4. Localização dos pontos da grade do modelo atmosférico.

A avaliação espacial foi realizada através da geração de mapas com o *software ArcGis*, produzido pelo *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*. Com o auxílio do aplicativo *Arctoolbox*, os pontos foram interpolados várias vezes com os diversos interpoladores (*Spline*, *Kriging* e *IDW*) a fim de encontrar o melhor método de representação. Ao final, decidiu-se utilizar o interpolador *Kriging Ordinary*, por apresentar maior êxito e sensibilidade. A krigagem utiliza vários métodos estatísticos e a autocorrelação espacial.

Na espacialização das informações sobre os mapas adotaram-se como parâmetro padrão quatro intervalos de classes de precipitação. Nos mapas gerados para a precipitação observada as classes de precipitação (30 a 103, 103 a 168, 168 a 233, 233 a 298) possuem um intervalo de 65 mm de chuva. Nos mapas gerados para a precipitação simulada os dados obtidos para a precipitação apresentaram-se bem menos espaçados, no entanto, também foram utilizadas 4 classes de precipitação (10 a 23, 23 a 26, 26 a 49, 49 a 62), com o intervalo de 13 mm de chuva.

Avaliação Quantitativa

Para complementar o estudo e fornecer uma melhor visualização e compreensão das diferenças entre as precipitações foi realizada também uma avaliação quantitativa dos dados através da elaboração de gráficos no Excel com a precipitação observada e simulada pelo modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da Distribuição Espacial

Ao se comparar os mapas da precipitação observada e simulada para o mês de Fevereiro (Figura 5), pode-se observar que o modelo simulou a distribuição espacial das chuvas de forma satisfatória. A precipitação se distribuiu de acordo com o que previa a precipitação observada, com chuvas mais pesadas no extremo oeste, chuvas moderadas na região central e chuvas mais amenas no extremo leste da Bacia. Observam-se três classes de precipitação em ambas os mapas.

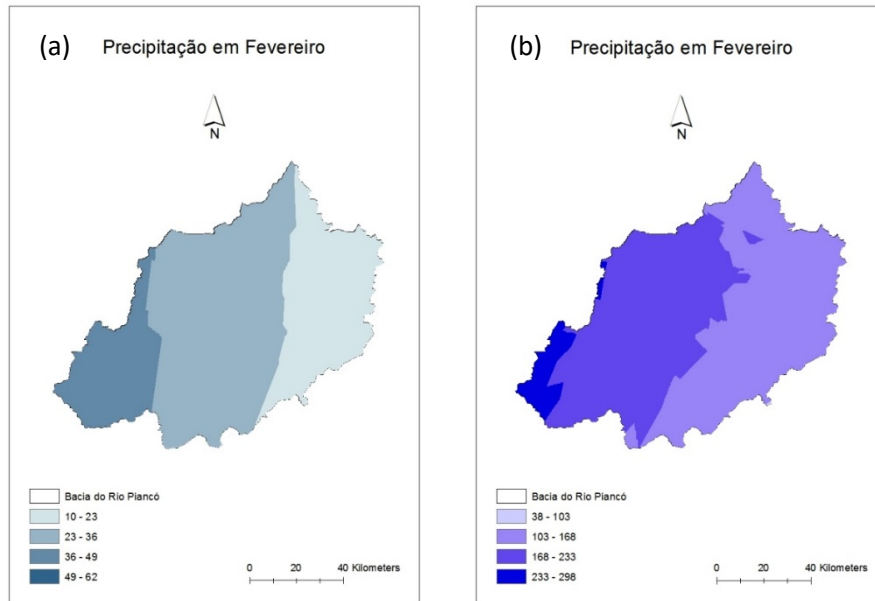


Figura 5. Mapa da precipitação observada (a) e simulada (b), respectivamente, para o mês de Fevereiro.

Março caracteriza o mês mais chuvoso da bacia. Para esse mês (Figura 6), foram geradas de três classes de precipitação. Em Março, as médias pluviométricas são maiores na parte Noroeste da bacia, porém, enquanto que no mapa gerado para a precipitação observada as chuvas mais fortes se estendem por uma grande área dessa região, no mapa de precipitação observada elas ocupam uma pequena área. Além disso, as chuvas mais equilibradas que para a precipitação histórica abrange aproximadamente 50% da área da bacia, para a precipitação simulada abrange em média 80% da bacia. A parte Sudeste da bacia é a que possui melhor simulação, de modo que há pouca diferença nessa região entre os mapas gerados.

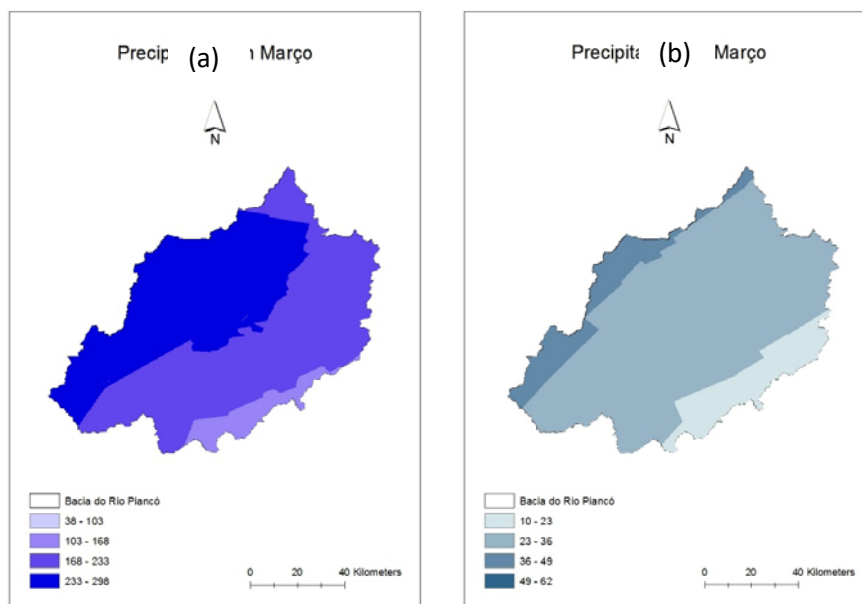


Figura 6. Mapas da precipitação observada (a) e simulada (b), respectivamente, para o mês de Março.

No mês de Abril (Figura 7), em ambos os mapas as médias pluviométricas crescem do extremo sul para o extremo norte da bacia. Os maiores valores de precipitação se encontram na região norte da bacia, porém na simulação esses valores se estendem também na região noroeste. Ao sul da bacia observam-se chuvas menos intensas, mas, para a precipitação simulada, esses valores abrangem também a região do sudoeste. No mapa de precipitação simulada se apresentam quatro classes de precipitação enquanto que no de precipitação observada tem-se apenas três.

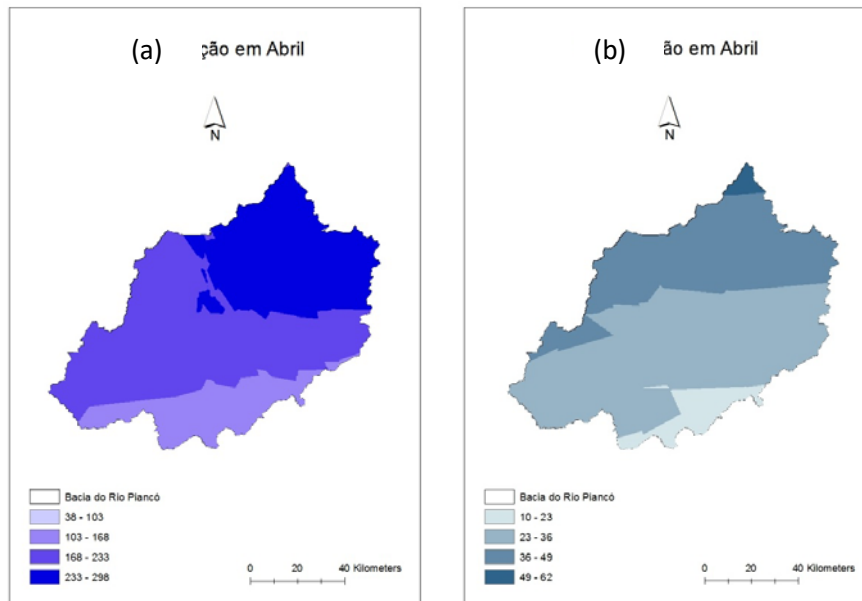


Figura 7. Mapas da precipitação observada (a) e simulada (b), respectivamente, para o mês de Abril.

Para Maio (Figura 8), o modelo simula chuvas pesadas na região norte da bacia, chuvas moderadas na região central e chuvas amenas na região sul, de forma análoga ao mês de Abril. A precipitação simulada e observada se divide em quatro classes em ambos os mapas.

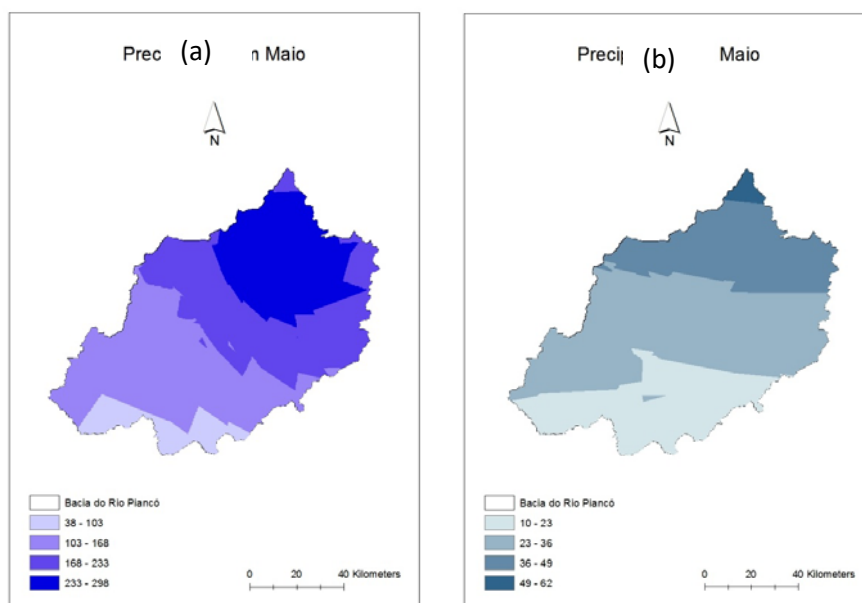


Figura 8. Mapas da precipitação observada (a) e simulada (b), respectivamente, para o mês de Maio.

Análise Quantitativa

De modo geral, em todos os pontos comparados houve considerável subestimativa dos dados simulados. Comparando os dados para o mês de Fevereiro, o valor máximo para precipitação simulada é de 35,90 mm e para precipitação observada é de 195,78 mm de chuva. Em Março (o mês mais chuvoso da bacia), a precipitação máxima observada e simulada são, respectivamente, 290 mm e 61,76mm. No mês de Abril, para a precipitação observada temos como valor máximo 296,40 mm de chuva e para a precipitação simulada o valor máximo é de apenas 45,29 mm de chuva. Em Maio, o maior valor para a precipitação simulada é de 23,18 mm e para a precipitação observada é de 134,60mm.

Foram selecionados três postos pluviométricos (Cajazeirinhas, Olho D'Água e Manaíra) para serem avaliadas as precipitações médias mensais. A avaliação foi feita comparando as chuvas medidas do posto pluviométrico com as chuvas simuladas pelo modelo atmosférico no ponto de grade de coordenada mais próximo do posto pluviométrico. Os gráficos apresentados na Figura 9 (entre os meses de fevereiro a maio) retratam esse distanciamento encontrado para os valores de precipitação observada e simulada. A partir dos gráficos, pode-se comprovar o que foi mencionado no parágrafo anterior, em que os valores de precipitação simulados pelo modelo é relativamente menor do que os valores de precipitação observados.

Nas Figuras 10 e 11, elaboradas para os postos pluviométricos de Água Branca e Nova Olinda, respectivamente, nota-se que o modelo representa bem a distribuição das chuvas ao longo do ano. As maiores discrepâncias entre os valores obtidos abrangem os meses de Janeiro a Maio, incluindo o período mais chuvoso da bacia, o qual foi escolhido para a elaboração dos mapas.

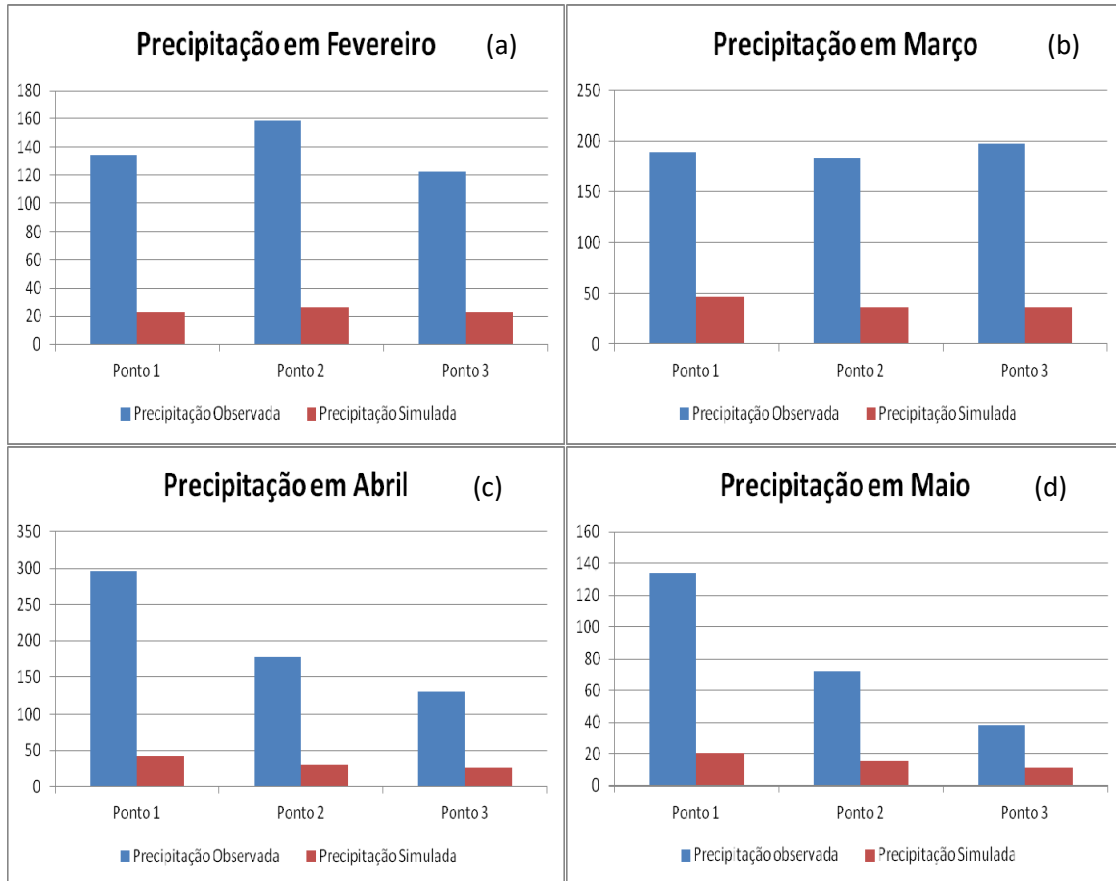


Figura 9. Gráficos comparativos quantitativos da precipitação média observada e simulada em alguns pontos da bacia hidrográfica do Rio Piancó em (a) Fevereiro, (b) Março, (c) Abril, e (d) Maio.

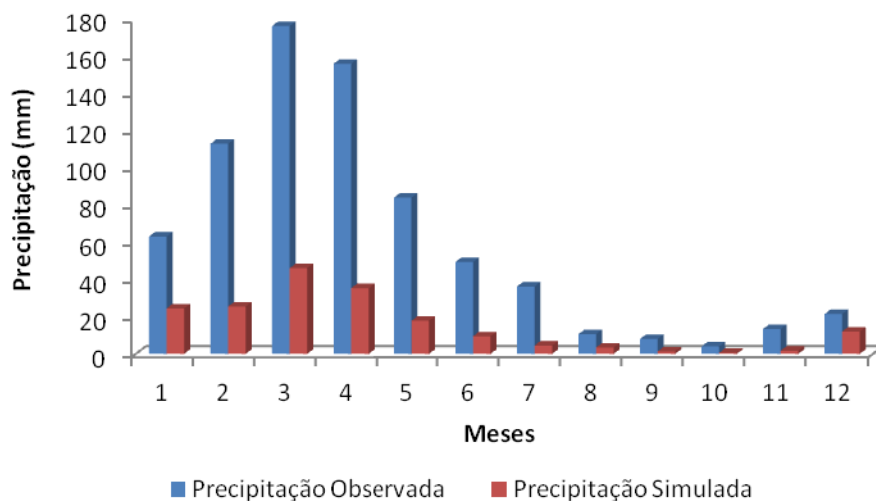


Figura 10. Gráfico comparativo quantitativo da precipitação observada no posto pluviométrico de Água Branca e da precipitação média simulada para todos os meses.

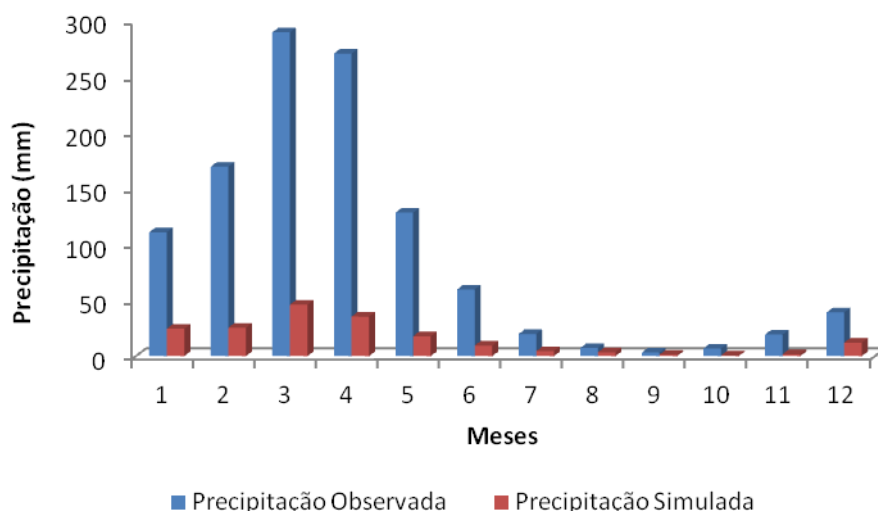


Figura 11. Gráfico comparativo quantitativo da precipitação observada no posto pluviométrico de Nova Olinda e da precipitação média simulada para todos os meses.

CONCLUSÕES

O estudo apresentou uma análise comparativa entre a variabilidade de precipitação na Bacia do Rio Piancó, localizada na região do semiárido paraibano. Os dados observacionais foram obtidos da SUDENE e as simulações disponibilizadas foram realizadas pelo CPTEC/INPE, com o cenário A1B do IPCC e com o modelo Eta-CPTEC com condições de contorno do modelo global HadCM3.

Para os meses avaliados, que representam o período chuvoso na bacia hidrográfica, o modelo simulou bem a distribuição espacial da precipitação como a distribuição das chuvas ao longo do ano. No entanto, em especial nessa estação chuvosa, o modelo apresentou um forte viés de subestimativa da precipitação em toda a bacia. Contudo, como as demais avaliações foram boas, essa diferença quantitativa pode ser passível de correção para ser usado como dados de entrada em modelos de gerenciamento de recursos hídricos.

Entende-se assim que o modelo atmosférico mostrou-se ser uma ferramenta passível de uso para projeções futuras do clima na bacia do rio Piancó.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. M.; SIN CHAN, C.; MARENGO, J. A. Avaliação das previsões de chuvas sazonais do modelo ETA climático sobre o Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., Fortaleza. Anais... 2004. CD-ROM, On-line. (INPE-12132-PRE/7478).

BRAGA, A. C. F. M., GALVÃO, C. O., SOUZA, E. P., CAVALCANTI, E., FERNANDES, R., OLIVEIRA, K. Integrated atmospheric and hydrologic modelling for short-term and basin-scale forecasts in a tropical semi-arid context. In: Quantification and Reduction of Predictive Uncertainty for Sustainable Water Resources Management. Wallingford: IAHS Press. p. 134-140. Vol. 313. 2007.

BRAGA, A. C. F. M. Efeitos dos fatores climáticos e do uso do solo sobre o escoamento de uma região semiárida da Paraíba. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2001.

BRAGA, A. C. F. M.; BRAGA, C. F. C.; GALVÃO, C. O. Climate change and water management in a coastal tropical basin in north-eastern Brazil. In: Planet under pressure - Towards new solutions, 2012, Londres. Anais do ... 2012.

BLACK, T. The new NMC Mesoscale Eta model: description and forecast examples. **Weather and Forecasting**, v. 9, n. 2, p. 265-278, 1994.

CHOU, S. C. Modelo Regional ETA. **Revista Climanálise**, v. 10, 1996.

CHOU, S. C.; GOMES, J. L.; GALVAO, J. A. C.; BUSTAMANTE, J.; COUTINHO, M. M. Avaliação de Erros do Modelo Eta. In: X Congresso Brasileiro e Meteorologia, 1998. Congresso Brasileiro e Meteorologia. Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia. v. 1.

CHOU, S. C.; JUSTI DA SILVA, M. G. A. Avaliação Objetiva das Previsões de Precipitação do Modelo Regional Eta. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1998. Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Meteorologia. v.1.

COLLINS, M.; TETT, S. F.B.; COOPER, C. The internal climate variability of HadCM3, a version of the Hadley centre coupled model without flux adjustments. **Climate Dynamics**, v. 17, p. 61-81, 2001.

DOMINGUES, I. L. P. **Contribuição do Aninhamento do Modelo Eta no Modelo de Circulação Geral Atmosférico e Acoplado Oceano-atmosfera do CPTEC na Previsão do Clima de Verão sobre a América do Sul e Atlântico Tropical**. 2010. 128 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). INPE, São José dos Campos, 2010.

ESCARIÃO, R. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; AZEVEDO, J. R. G.; RIBEIRO NETO, A. Influência do Modelo na Resposta Hidrológica a Cenários de Mudanças Climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 3, 2012.

GALVÃO, C. O.; NOBRE, P.; BRAGA, A. C. F. M.; OLIVEIRA, K. F.; MARQUES, R.; SILVA, S. R.; GOMES FILHO, M. F.; SANTOS, C. A. G.; LACERDA, F.; MONCUNILL, D. Climatic predictability, hydrology and water resources over Nordeste Brazil. In: Regional Hydrological Impacts of Climatic Change - Impact Assessment and Decision Making. Wallingford: IAHS Press. p. 211-220. IAHS Publ. 295, 2005.

GORDON, C.; COOPER, C.; SENIOR, C. A.; BANKS, H.; GREGORY, J. M.; JOHNS, T. C.; MITCHELL, J. F. B.; WOOD, R. A. The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transport in a version of the Hadley centre coupled model without flux adjustments. **Climate Dynamics**, v. 16, p. 147-168, 2000.

GARCIA, J. F. C.; MOREIRA, L. F. F.; MATTOS, A. Caracterização dos Eventos de Precipitação no Semi-árido Nordeste. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XIX., 2011. Maceió. ., 2011.

MARENGO, J. A., ALVES, L. M., VALVERDE, M. C., ROCHA, R. M., LABORBE, R. 2007. Eventos Extremos em Cenários Regionalizados de Clima na América do Sul e no Brasil para o Século XXI: Projeções de Clima Usando Três Modelos Regionais: Relatório 5. Brasília: MMA.

MESINGER, F.; JANJIC, Z. I.; NICKOVIC, S.; GAVRILOV, D.; DEAVEN, D.G. The Step-mountain Coordinate: Model Description and Performance for Cases of Alpine lee Cyclogenesis and for a Case of Appalachian Redevelopment. **Mon. Wea. Rev.**, v. 116, p. 1493-1518, 1988.

MORRISON, J.; QUICK, M.C.; FOREMAN, M.G.G. Climate change in the Fraser River watershed: flow and temperature projections. **Journal of Hydrology**, v. 263, p. 230-244, 2002.

SILVA, M. E. S.; GUETTER, A. K. Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. **Terra Livre**, v. 1, n. 20, p. 111-126, 2003.

SILVA, J. W.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade Temporal da Precipitação Mensal e Anual na Estação Climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 3, p. 665-674, 2003.

SOUSA, W. S.; SOUSA, F. A. S. Rede neural artificial aplicada à previsão de vazão da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 173-180, 2010.