

AVALIAÇÃO DE SIMULAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO POR MODELO ATMOSFÉRICO REGIONAL NA BACIA DO RIO GRAMAME

*João Dehon de A. Pontes Filho¹; Ana Cláudia F. Medeiros Braga²;
Renato de Oliveira Fernandes³; Carlos de Oliveira Galvão⁴*

RESUMO – Previsões de precipitação de curto prazo confiáveis são cada vez mais necessárias. O presente artigo avalia simulações de precipitações para uma bacia do litoral sul do estado da Paraíba. Foi utilizado o Modelo Atmosférico Regional BRAMS, aninhado com o Modelo Atmosférico Global CPTEC. A comparação das simulações com dados observados em estações pluviométricas na bacia mostraram tendência do modelo regional em superestimar chuvas, apresentando desvios acima de 10 mm, exceto para precipitações diárias acima de 40 mm. A maior dificuldade foi apresentada nos dias sem precipitação, nos quais o modelo simulou chuvas acima de 5mm com certa frequência.

ABSTRACT – Reliable short-term forecasts of rainfall are increasingly necessary. This article evaluates simulations of rainfall for a basin at the southern coast of the State of Paraíba. We used the Regional Atmospheric Model BRAMS, nested within the CPTEC Global Atmospheric Model. Comparison between simulated rainfall and observed data from rainfall stations in the basin showed a tendency to overestimation with deviations above 10 mm, except for daily precipitation above 40 mm. The greatest difficulty was presented on days without precipitation, in which the model has allocated over than 5 mm rainfall.

Palavras-chave: Previsão de chuva, modelo atmosférico, verificação

¹ Aluno de graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Centro de Tecnologia, Campus I, João Pessoa/PB. CEP: 58.059-900. E-mail:dehonambiental@gmail.com

² Professora Adjunta da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Centro de Tecnologia, Campus I, João Pessoa/PB. E-mail: anaclaudiafmb@gmail.com

³ Professor Assistente da Universidade Regional do Cariri (URCA). Centro de Ciência e Tecnologia. Departamento de Construção Civil. Campus CRAJUBAR, Juazeiro do Norte/CE. E-mail: renatodeof@gmail.com

⁴ Professor Adjunto da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Centro de Ciências e Tecnologia, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil. Campus I. Campina Grande/PB. Email: galvao@dec.ufcg.edu.br.

1 - INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais difíceis de serem simuladas, pois é resultado da interação de processos complexos que podem ocorrer em várias escalas, desde grandes massas de ar até deslocamentos convectivos extremamente localizados. Apesar dos avanços na qualidade das simulações e previsões da precipitação, sua determinação ainda é passível de muitos erros em termos de quantidade, espaço e tempo dessa chuva. Ramos (2010) mostrou evidências de uma intensificação contínua do ciclo hidrológico da Terra, enfatizando a real necessidade de melhorar a capacidade de monitorar e projetar as consequências de mudanças nos regimes hidrológicos.

Segundo WWRP/WGNE (2008) existem vários motivos para avaliar a previsão de precipitação, entre os quais se destacam: (i) o monitoramento da qualidade da previsão ao longo do tempo, (ii) a comparação de diferentes sistemas de previsão e (iii) o aperfeiçoamento da qualidade da previsão através do entendimento dos erros gerados.

Métodos eficientes de previsão podem servir de apoio à tomada de decisões, desde que os responsáveis por essas atitudes tenham sensibilidade às potencialidades e limitações das previsões que utilizam modelos numéricos.

Em estudos realizados utilizando o mesmo modelo numérico que o empregado neste estudo, verificou-se o melhor desempenho quando simulado para menores resoluções, próximas de 20 km e que, de maneira geral, o modelo superestima precipitação (Teichrieb, 2008). Evidenciou-se, também, uma dificuldade em simular precipitação para períodos com ocorrência do fenômeno El Niño (Verardo *et al.*, 2011). Foi sugerido por Gevaerd e Freitas (2006) cautela com relação à utilização do BRAMS para regiões urbanas, onde a interferência humana pode alterar o ciclo hidrológico. Fernandes (2009) avaliou simulações de precipitação com o modelo BRAMS para uma bacia hidrográfica situada na região semiárida do Estado da Paraíba.

Nesse sentido, o presente artigo avalia simulações de precipitação produzidas com o modelo atmosférico BRAMS para uma bacia hidrográfica do litoral do Nordeste brasileiro, que tem regime climático distinto das outras regiões onde o modelo tem sido testado.

2 - METODOLOGIA

2.1 - Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Gramame localiza-se entre as latitudes 7°11' e 7°23' sul e as longitudes 34°48' e 35°10' oeste, no litoral sul do estado da Paraíba, e possui extensão de 589,10 km² (Figura 1). A bacia possui um clima tropical chuvoso, com precipitação média anual de 1600 mm e evaporação medida em tanque classe A no valor médio de 1300 mm/ano (Paraíba, 2000). De acordo com a AESA (2011), os maiores totais de precipitação no litoral do estado são observados no mês de abril, se estendendo até junho, quando a chuva já começa a apresentar sinais de redução de seus valores. Nesse período, os principais agentes causadores de chuvas na região são a Zona de Convergência Intertropical e os Distúrbios Ondulatórios de Leste.

Essa bacia possui o reservatório que abastece de água a grande João Pessoa, fato que a torna importante na realização de estudos que auxiliem a tomada de decisões, como o uso de previsões de precipitação, principalmente no que se refere ao consumo humano.

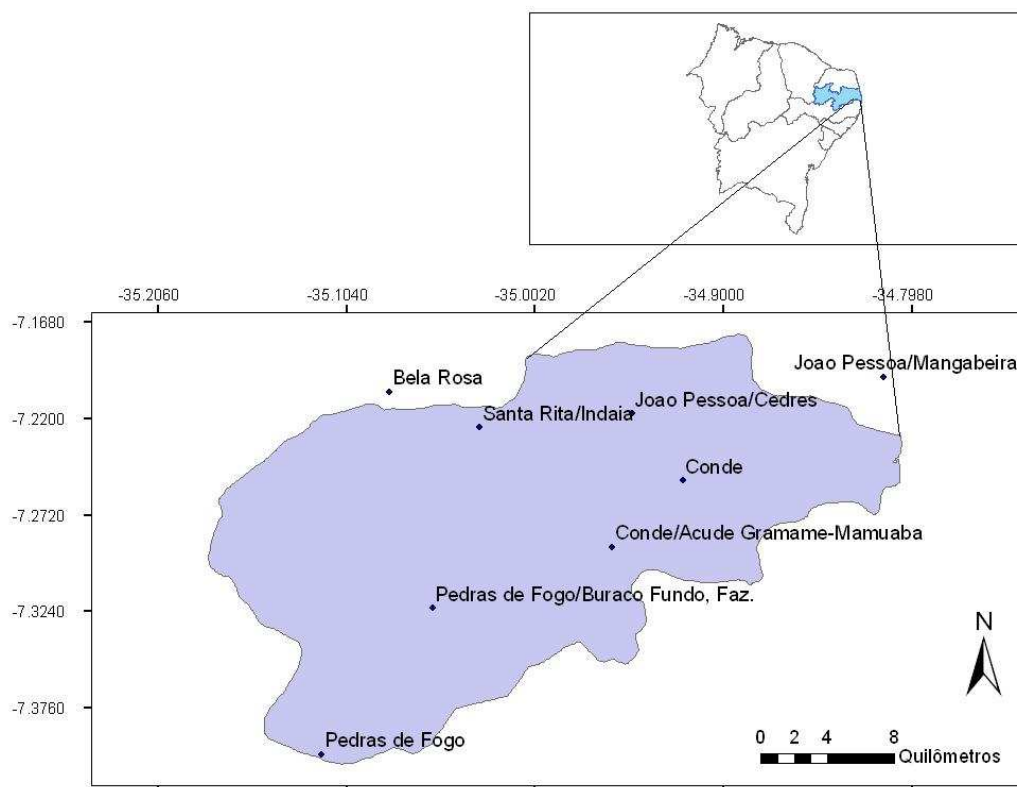


Figura 1 - Localização geográfica da bacia do Gramame-Mamuaba.

2.2 - Postos Pluviométricos

Foram escolhidas oito estações pluviométricas distribuídas na bacia e em seu entorno (Tabela 1). Os dados foram obtidos do banco de dados da AESA e da Usina Olho d'Água, que mantém um posto de monitoramento.

Tabela 1 - Informações dos postos pluviométricos da bacia.

Estação	Localização (lat-lon)		Administrador
Santa Rita/Indaiá	-7,2246	-35,0319	AESA
João Pessoa/ CEDRES	-7,2171	-34,9496	AESA
Pedras deFogo/Buraco Fundo, Faz.	-7,3223	-35,0575	AESA
João Pessoa/Mangabeira	-7,1972	-34,8131	AESA
Conde	-7,2533	-34,9217	AESA
Conde/Açude Gramame-Mamuaba	-7,2892	-34,9600	AESA
Bela Rosa	-7,2055	-35,0806	U. Olho D'água
Pedras de Fogo	-7,4014	-35,1175	AESA

2.3 - Modelo atmosférico

O BRAMS - Brazilian Regional Atmospheric Modelling System é um Modelo Atmosférico Regional adaptado para os trópicos a partir do RAMS – Regional Atmospheric Modelling System (Pielke *et al.*, 1992) utilizado na simulação de fenômenos de mesoescala, para previsão de tempo. Ele foi executado em modo de simulação por Fernandes (2009) com duas grades, uma de menor resolução (22 x 22 km) e outra maior (5 x 5 km), sobre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.

O modelo foi configurado com 32 níveis verticais com espaçamento começando em 120 m no primeiro nível aumentando até atingir uma resolução de 1000 m, mantendo-se constante até o topo das camadas verticais (Fernandes, 2009). Os principais parâmetros do modelo estão listados na Tabela 2.

Fernandes (2009) simulou o BRAMS entre os meses de janeiro e junho de 2004 a 2009 com o objetivo de avaliar as vazões geradas a partir do modelo. No entanto, reconhecendo a influência da chuva na geração da vazão, nesse mesmo trabalho foi realizado uma análise das chuvas simuladas em uma das sub-bacias (localizada na região semiárida da Paraíba). Um dos resultados encontrados mostra que o modelo apresenta *viés* na simulação das precipitações, principalmente nas faixas de 10 a 15 mm e de 15 a 20 mm, significando que o modelo simulou chuvas nessa faixa com maior frequência que a observada.

Neste trabalho, foram simulados os anos de 2007 e 2008, com as mesmas configurações prescritas por Fernandes (2009).

Tabela 2 – Configurações e parametrizações utilizadas no BRAMS (Fernandes, 2009).

Campo	Parametrização
Centro das grades	37,5°W; 6,3°S
Pontos em x	110
Pontos em y	106
Espaçamentos das grades	22,0 km; 5,5 km
Camadas de solos	9
<i>Patches</i>	2
Classes de vegetação	Heterogênea
NDVI	Heterogênea
Umidade inicial do solo	Heterogênea
Classes de textura do solo	Heterogênea
Convecção	Kuo (1974)
Turbulência	Smagorinsky (1963)
Radiação	Chen e Cotton (1983)

2.4 - Extração dos dados da precipitação simulada

Para a extração dos dados simulados pelo modelo BRAMS, foi utilizado o *Grid Analysis and Display system* (GrADS, <http://www.iges.org/grads/>). Os dados de precipitação simulada foram extraídos para os pontos de coordenadas dos postos pluviométricos selecionados a partir de uma interpolação bilinear. O *script* utilizado para esta tarefa foi originalmente desenvolvido durante o Projeto PRECLIHNE (PRECLIHNE, 2006) e foi adaptado posteriormente no âmbito do Projeto SegHidro (<http://seghidro.lsd.ufcg.edu.br/>) para extração dos dados do BRAMS.

2.5 - Análise de resultados

A análise foi realizada através da precipitação média na bacia, calculadas utilizando o método de Thiessen, nas escalas diária, mensal e totais acumulados para o período. Foi também analisada a distribuição espacial das simulações em relação às observações. As análises espaciais possibilitaram a avaliação do erro espacial do modelo (onde foram simulados os maiores picos de chuva, por exemplo). A análise quantitativa da chuva permitiu avaliar se, por exemplo, se o modelo antecipou ou atrasou os picos de chuva.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma análise geral do erro cometido pelo modelo, percebe-se sua tendência em superestimar precipitações diárias entre 0 e 5 mm. No entanto, quando a precipitação diária observada está próxima de 40 mm, o modelo passa a subestimar os valores observados. O modelo mostra dificuldade de simular adequadamente dias em que não ocorreu precipitação, alocando, para esses, precipitações entre 5 e 20 mm e raramente valores menores. As distribuições de frequência para as chuvas observadas e simuladas para o ano de 2007 são mostradas na Figura 2. O modelo simulou poucas chuvas abaixo de 5 mm, quando a maioria das chuvas observadas encontra-se nessa faixa de valores. Apenas 9,4% das chuvas foram simuladas nessa faixa enquanto que a distribuição de frequência dos dados observados mostra que 65,2% das ocorrências encontra-se nessa faixa. O ano de 2008 apresentou resultados bastante semelhantes, como mostra a Tabela 3. Os valores máximos simulados encontram-se na ordem de 50 a 55 mm, enquanto os maiores valores observados no período são da ordem de 80 mm.

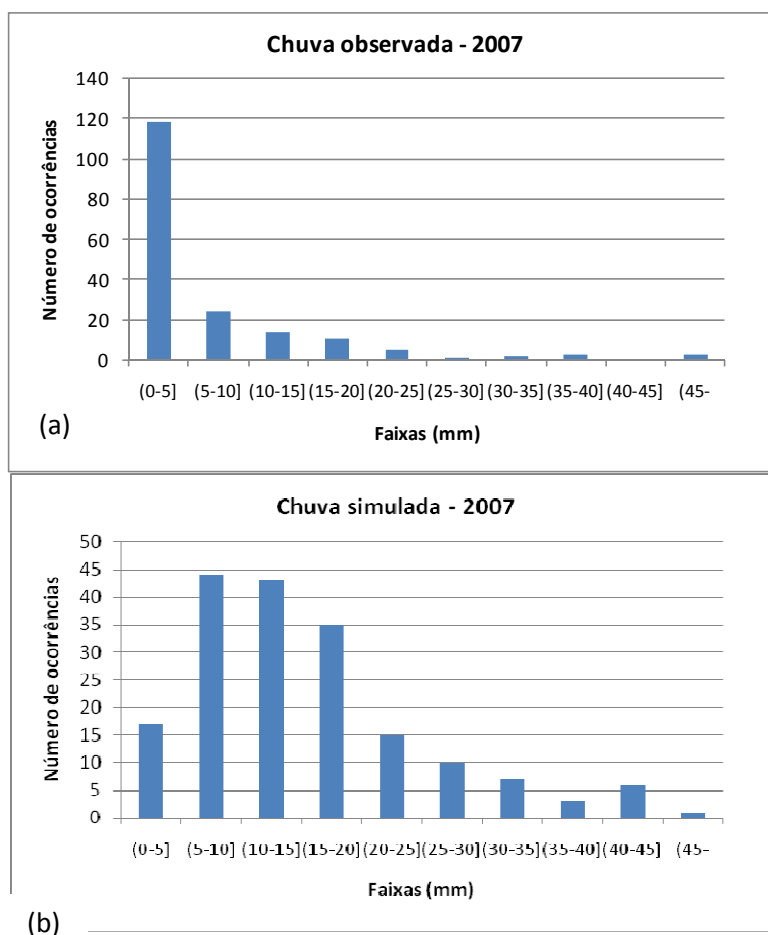


Figura 2 - Distribuição de frequência de precipitação diária para o primeiro semestre de 2007: (a) observada e (b) simulada.

Tabela 3 - Distribuição de frequência em 11 classes para o primeiro semestre de 2008.

Limiares das classes	Número de ocorrências			
	Observado		Simulado	
(0-5]	109	65,3%	17	10,2%
(5-10]	20	12,0%	33	19,8%
(10-15]	11	6,6%	45	26,9%
(15-20]	12	7,2%	40	24,0%
(20-25]	4	2,4%	16	9,6%
(25-30]	4	2,4%	9	5,4%
(30-35]	2	1,2%	2	1,2%
(35-40]	3	1,8%	2	1,2%
(40-45]	0	0,0%	2	1,2%
(45-	2	1,2%	1	0,6%
total	167	100%	167	100%

3.1 - Análise 2007

Segundo a AESA, o ano de 2007 iniciou-se com a normalização da temperatura da superfície do mar sobre o oceano Pacífico, indicando o fim do fenômeno El Niño, que vinha enfraquecendo durante os meses anteriores. A partir de abril foi verificado o início do fenômeno La Niña, afetando a dinâmica climática em escala global. Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram comportamentos similares. Quase não choveu por um longo período, de 11 de janeiro até 13 de fevereiro, entretanto, o modelo alocou chuvas acima de 5 mm para todos esses dias, como mostra a Figura 3 para o mês de fevereiro de 2007. Na Figura, são destacados os meses em que não houve chuva observada, mas o modelo simulou chuvas acima de 5mm.

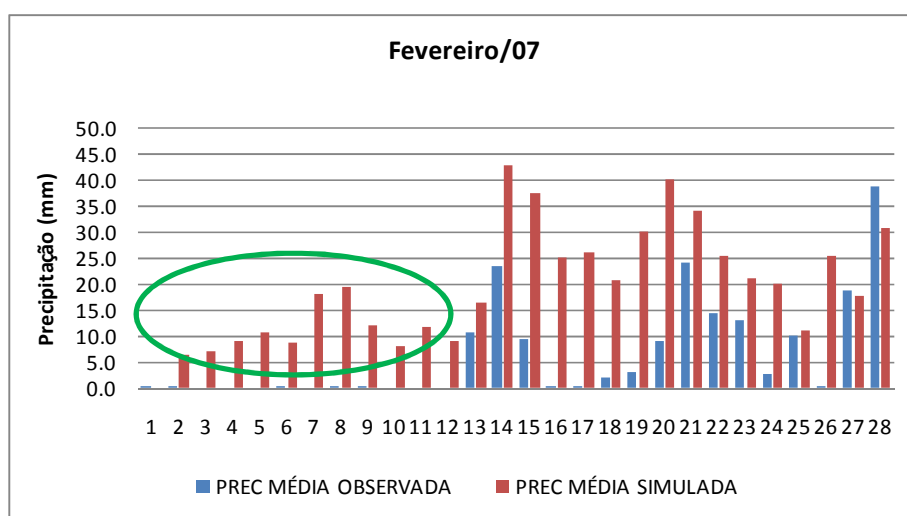


Figura 3 – Precipitação diária observada x simulada (mm) – fevereiro 2007.

Mesmo após o início das chuvas, foram obtidos desvios de mais de 20 mm entre precipitações simuladas e observadas, exceto em dois casos: (i) acima de 30 mm, onde o modelo subestimou e (ii) variando entre 10 e 20 mm, com resultados apresentando desvios de menor magnitude. Uma das maiores dificuldades apresentadas pelo modelo foi simular chuvas observadas acima de 40 mm, por não conseguir representar os mecanismos formadores desse tipo de chuva e ainda simular adequadamente o dia e local de sua ocorrência. Nos meses de março e abril, no entanto verificou-se um bom comportamento para chuvas observadas próximas de 40 mm, como mostra a Figura 4. Tanto em maio quanto em junho, o modelo acompanhou a variação da precipitação ao longo do tempo. Contudo, junho apresentou chuvas com maiores intensidades (superiores a 50 mm), que não foram simuladas pelo modelo, o qual alocou em torno de 10 mm para esses dias (Figura 5).

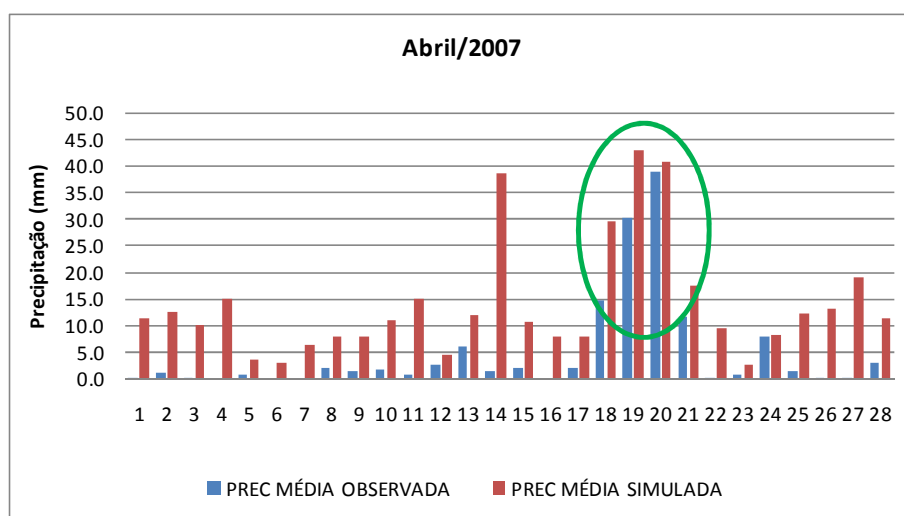


Figura 4 - Precipitação diária observada x simulada (mm) – abril 2007.

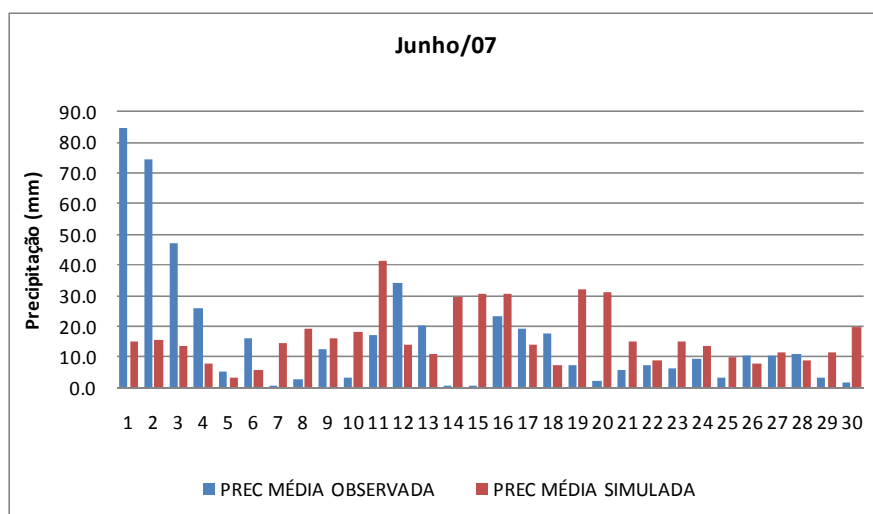


Figura 5 - Precipitação diária observada x simulada (mm) – junho 2007.

Na escala mensal (Figura 6), notou-se melhor comportamento do modelo no mês de junho, provavelmente devido ao aumento da precipitação observada. Analisando exclusivamente a escala mensal não seria possível notar os erros percebidos na escala diária. Observa-se que o erro relativo (Tabela 4) tende a diminuir ao longo dos meses. Esse fato pode indicar a necessidade de melhorar as condições iniciais e/ou os parâmetros utilizados para execução do modelo atmosférico.

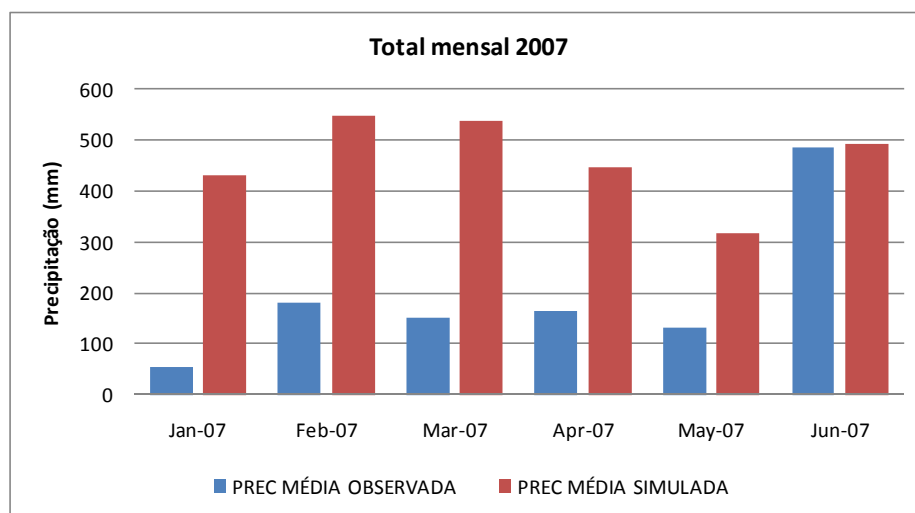


Figura 6 - Total de precipitação mensal observada x simulada em 2007.

Tabela 4 - Precipitações médias mensais e erro relativo - 2007

	PREC. MÉDIA OBSERVADA	PREC. MÉDIA SIMULADA	ERRO RELATIVO
JAN	54,81	431,83	6,88
FEV	18,79	546,29	2,01
MAR	150,78	538,80	2,57
ABR	163,97	448,34	1,73
MAI	132,86	316,34	1,38
JUN	484,30	493,14	0,02
	TOTAIS ACUMULADOS	TOTAIS ACUMULADOS	
	1168,52	2774,74	

A Figura 7 mostra a distribuição espacial da chuva acumulada simulada para o primeiro semestre de 2007 em comparação com a chuva acumulada observada. Percebe-se que o modelo superestima as chuvas e mostra diferenças em sua localização. Na distribuição simulada, existem maiores concentrações na região Noroeste da bacia hidrográfica e diminuição considerável na direção Sul, enquanto que os dados observados mostram maior concentração na região Centro –

Norte e menor volume, principalmente, na região Noroeste, onde o modelo simulou maiores concentrações. Esse erro relata a dificuldade do modelo atmosférico em simular precipitação com precisão espacial. Por outro lado, a superestimativa da chuva acumulada observada evidencia a deficiência do mesmo em simular os dias de não ocorrência de chuva, de forma, que ao serem acumuladas ao longo de um longo período, geram totais superiores aos observados.

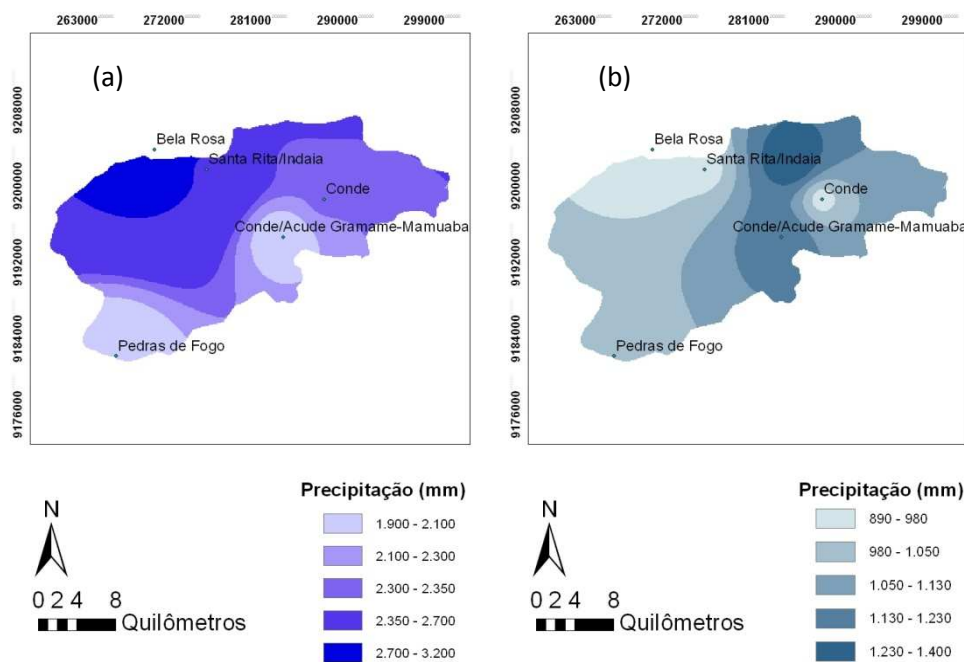


Figura 7 - Distribuição da precipitação acumulada no primeiro semestre de 2007: (a) simulada e (b) observada.

3.2 - Análise 2008

No ano de 2008, de acordo com a AESA, ocorreu o fenômeno La Niña, tendo se enfraquecido a partir de março até o fim do período analisado. Em janeiro, poucos dias apresentaram chuva observada, enquanto que o modelo alocou chuva. Fevereiro foi também um mês de pouca precipitação. Nele, o modelo também a superestimou, o que está relacionado à dificuldade de simular chuvas abaixo de 5 mm. Este foi o mês que obteve o pior resultado da simulação. Em março iniciou-se o período de chuvas na região. Com o aumento de sua quantidade, o modelo passou a ter um melhor comportamento: na última semana do mês, a chuva observada acumulada foi de 124 mm e o modelo simulou 197 mm, além do fato de que em alguns dias o modelo estimou bem os valores precipitados, a exemplo do dia 30, como mostra a Figura 8. Em abril, os padrões de precipitação se mantiveram ao longo do mês. O modelo apresentou erros temporais antecipando dois picos de chuvas que ocorreram nos dias 27 e 28 para os dias 14 e 15 (Figura 9).

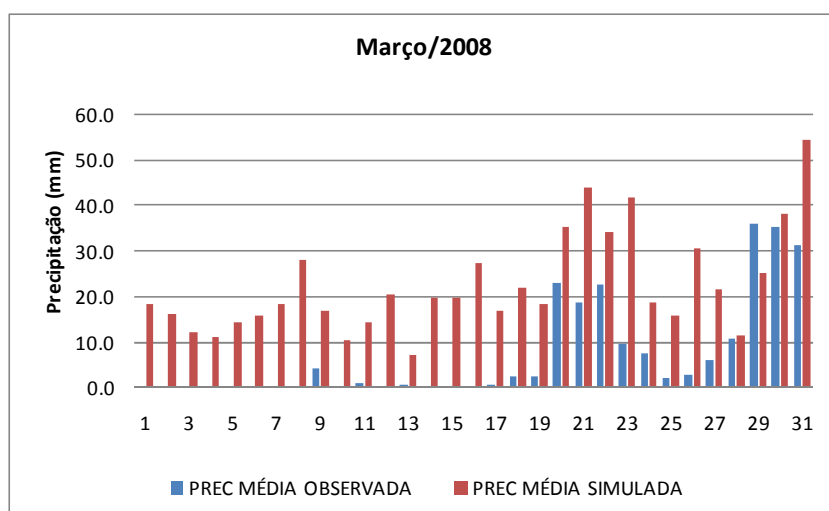


Figura 8 - Precipitação diária observada x simulada (mm) – março 2008.

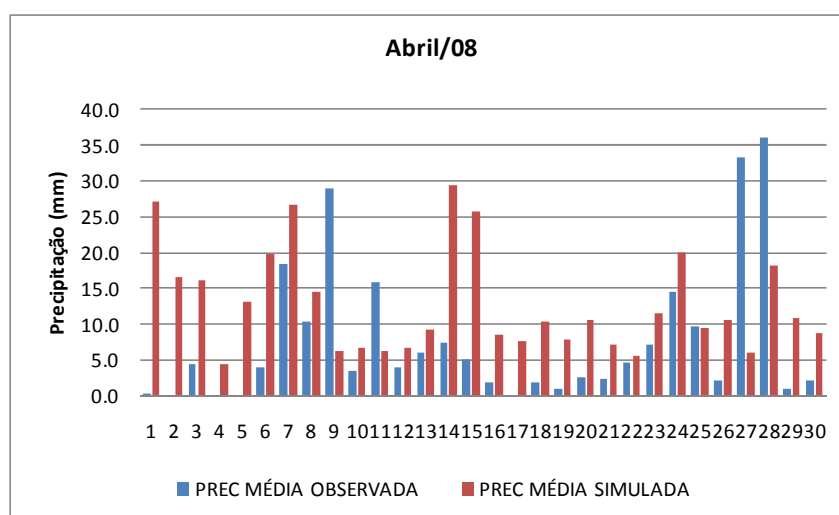


Figura 9 - Precipitação diária observada x simulada (mm) – abril 2008.

Nos meses de maio e junho, o comportamento do modelo foi semelhante, obtendo os melhores resultados, pois conseguiu simular com precisão considerável as precipitações próximas de 5 mm. Além disso, ainda conseguiu acompanhar as mudanças ao longo dos dias. No entanto, ficou bem representada nesses dois meses a dificuldade em simular eventos extremos, tanto de chuvas elevadas (dia 16) quanto de dias sem precipitação (entre 10 e 14), resultado apresentado durante todo o período analisado (Figura 10).

A Tabela 5 apresenta algumas estatísticas na escala mensal. Observando a Figura 10 e comparando-a com a Tabela 5, nota-se que o erro relativo na escala mensal, considerado pequeno, não seria tão bem representado na escala diária, especialmente no mês de junho, pois esconderia os

desvios notados. Pode-se observar os baixos erros relativos para o trimestre de abril a junho (Tabela 5). Os menores valores desses erros coincidem com o trimestre de maiores totais de chuvas da região segundo a AESA, comprovando o melhor desempenho do modelo para períodos chuvosos.

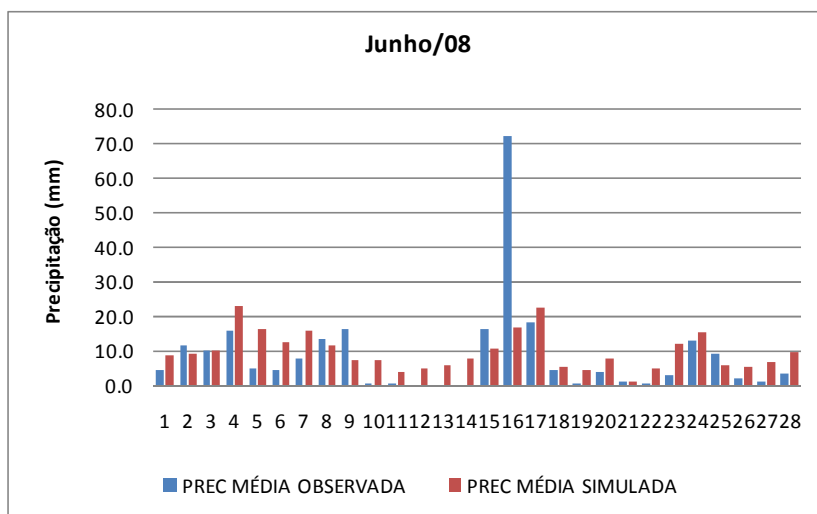


Figura 10 - Precipitação diária observada x simulada (mm) – junho 2008.

Tabela 5- Precipitações médias mensais e erro relativo – 2008.

	PREC. MÉDIA OBSERVADA	PREC. MÉDIA SIMULADA	ERRO RELATIVO
JAN	78,29	234,74	2,00
FEV	9,87	448,78	44,48
MAR	219,33	698,90	2,19
ABR	227,85	381,34	0,67
MAI	300,34	412,73	0,37
JUN	268,00	272,17	0,02
	TOTAIS ACUMULADOS	TOTAIS ACUMULADOS	
	1103,68	2448,65	

A Figura 11 mostra mapas da distribuição espacial das chuvas acumuladas no primeiro semestre de 2008. Observando-os, constata-se a ocorrência de um erro sistemático do modelo, prevendo chuva mais ao norte, alocando menos chuva ao sul da bacia.

4 - CONCLUSÕES

Este artigo apresenta uma análise da qualidade das simulações de chuva do modelo atmosférico regional BRAMS, para a bacia do rio Gramame, localizada no litoral sul do Estado da Paraíba. Mesmo tendo analisado apenas dois anos, durante o período de janeiro-junho, comparando

os resultados aos encontrados por Fernandes (2009), pode-se inferir algumas conclusões potencialmente úteis ao uso deste tipo de modelo em previsão de tempo em médias bacias hidrográficas.

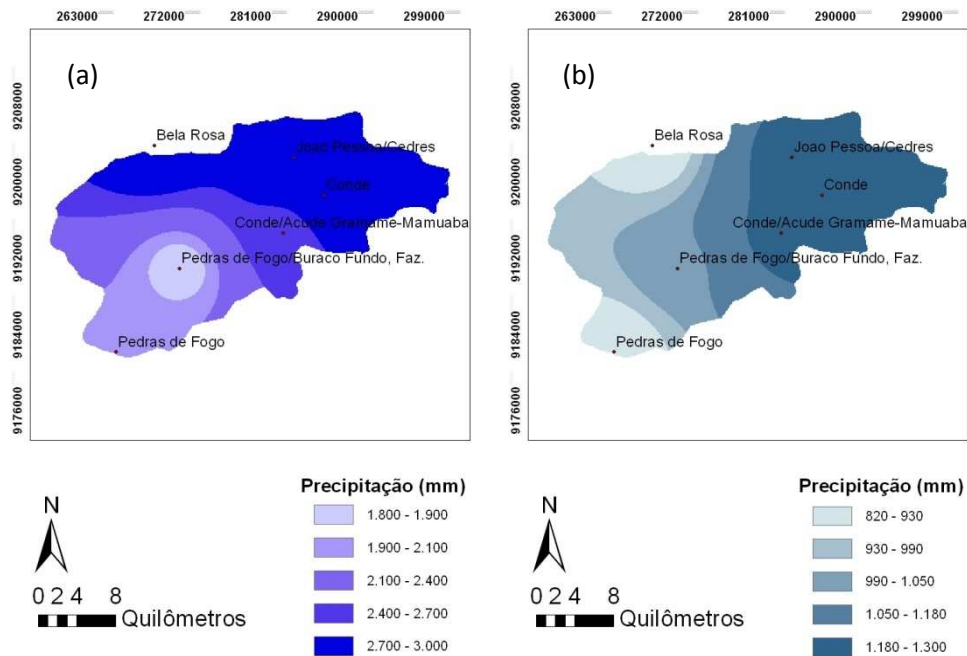


Figura 11 - Distribuição da precipitação acumulada no primeiro semestre de 2008: (a) simulada e (b) observada.

O modelo utilizado obteve melhores resultados para simulações de precipitação diária entre 10 mm – 20 mm. As precipitações na faixa de 0-5 mm foram simuladas acima desse valor, assim como detectado por Fernandes (2009) para a bacia do rio Piancó, localizada no semiárido do estado da Paraíba. Os valores numéricos máximos das séries também não foram simulados com precisão.

Os resultados na escala mensal se mostraram bastante próximos do observado para o mês de junho. Esse fato pode estar relacionado a dois motivos: (i) maiores volumes de totais observados e (ii) dificuldade enfrentada nos primeiros meses devido às condições iniciais e de contorno. No entanto, deve-se frisar que essa escala encobre os erros da escala diária produzidos pelo modelo.

Outro aspecto observado foi o erro do modelo atmosférico em simular maiores concentrações de chuvas ao norte da bacia do que ao sul.

Para consolidação dos resultados aqui encontrados é necessário a avaliação de outros anos, pois a série de 2 anos é curta. Adicionalmente, a simulação de um longo período com configurações diferentes das usadas neste trabalho e por Fernandes (2009) pode trazer informações sobre a

influência das parametrizações e das condições de contorno no *viés* apresentado pelo modelo e na dificuldade em simular os dias sem chuva observada.

Os resultados aqui encontrados corroboram os que Fernandes (2009) encontrou para a região semiárida. O modelo apresentou o mesmo *viés* nas chuvas na faixa 10 a 20mm; aparentemente este comportamento não está relacionado aos sistemas formadores de chuva, já que os sistemas que formam as chuvas no litoral são em parte diferentes dos do semiárido e nos dois anos analisados os sistemas formadores de chuva parecem não influir no *viés* do modelo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo financiamento aos projetos Impacto das Mudanças Climáticas na operação do reservatório Gramame-Mamuaba, Edital MCT/CNPq 14/2009 – Universal e Projeto em Mudanças Climáticas (INCT-Clima), Edital MCT/CNPq/FNDCT/CAPES/FAPEMIG/FAPERJ/FAPESP 15/2008, no âmbito dos quais esta pesquisa foi realizada.

BIBLIOGRAFIA

AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba), (2011). Disponível em <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em abril de 2011.

FERNANDES, R. O. (2009). *Avaliação de simulações de precipitação e vazão por um modelo atmosférico em bacias do semiárido brasileiro*. Dissertação de Mestrado. 109 p. Universidade Federal de Campina Grande/PB: Campina Grande.

GEVAERD, R., FREITAS, S. (2006). “*Estimativa operacional da umidade de solo para iniciação de modelos de previsão numérica da atmosfera - Parte I: Descrição da metodologia e validação*”, Revista Brasileira de Meteorologia. V. 21, n.3a, p. 59-73.

PARAÍBA. (2000). *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do rio Gramame*. ProÁgua Semi-Árido. Banco Mundial, Scientec, SRH/MMA.

PIELKE, R. A., COTTON, W. R., WALKO, R. L., TREMBACK, C. J., LYONS, W. A., GRASSO, L. D., NICHOLLS, N. E., MORAN, M. D., WESLEY, D. A., LEE, T. J., COPELAND, J. H.

(1992). “A comprehensive meteorological modeling system – RAMS”. *Meteorology and Atmospheric Physics*. Vol. 49, p. 69-91.

PRECLIHNE, Previsão Climática e Hidrológica para o Nordeste do Brasil. (2006). *Relatório Final do Projeto*. Edital CT-Hidro/GBH: FINEP 02/2002.

RAMOS, A. M. (2010). *Influência das mudanças climáticas devido ao efeito estufa na drenagem urbana de uma grande cidade*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco: Recife/PE.

TEICHRIEB, C. A.. (2008). *Sensibilidade do BRAMS para descrição de chuva e temperatura, no Nordeste do Rio Grande do Sul, para diferentes resoluções espaciais*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria/RS: Santa Maria.

VERARDO, G. F.; FERRAZ, S. E. T.; SOUTO, R. P. (2011). “Avaliação do modelo BRAMS – Projeto Climars na previsão de precipitação para o Rio Grande do Sul” In IV Encontro Sul-Brasileiro de Meteorologia, Pelotas/RS.

WWRP/WGNE (World Weather Research Programme/Working Group on Numerical Experimentation), (2008). *Recommendations for the verification and intercomparison of QPFs and PQPFs from operational NWP models*.