



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Avaliação do BRAMS na previsão numérica de temperatura e umidade relativa do ar para o estado da Paraíba

Everson Batista Mariano¹, Enilson Palmeira Calvacanti², Herika Pereira Rodrigues³

¹ Mestrando em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Paraíba – PB

² Professor Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Paraíba – PB

³ Mestranda em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Paraíba – PB

Artigo recebido em 18/08/2011 e aceite em 10/09/2011

RESUMO

Neste trabalho foram avaliadas as previsões numéricas feitas pelo modelo numérico Brazilian Developments on the Regional Atmospheric Model System – BRAMS conforme execução em produção na UFCG. Foram analisadas as variáveis meteorológicas: temperatura do ar e umidade relativa do ar em superfície. A comparação foi feita com dados coletados em 19 estações meteorológicas automáticas, espalhadas pelos estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Os resultados mostram que os valores de temperatura do ar observados e estimados pelo modelo BRAMS mostram-se satisfatórios para até 5 dias em quase todas as localidades. As diferenças entre o observado e o estimado pelo modelo BRAMS, para a umidade relativa do ar, foram menos evidentes em comparação com a temperatura do ar.

Palavras-Chaves: BRAMS, Dados Observados, Temperatura, Umidade Relativa.

Evaluation of BRAMS in numerical prediction of temperature and relative humidity in state of Paraíba

ABSTRACT

In this work we evaluate the predictions made by numerical model Developments on the Brazilian Regional Atmospheric Model System - BRAMS as implemented in production at the UFCG. We analyzed the meteorological variables: air temperature and relative humidity at the surface. The comparison was made with data collected from 19 automatic weather stations, scattered over the states of Paraíba, Pernambuco and Alagoas, belonging to the National Institute of Meteorology - INMET. The results show that the values of air temperature observed and predicted by the model BRAMS was satisfactory for up to 5 days in almost all locations. The differences between the observed and estimated by the model BRAMS, for relative humidity were less evident in comparison with the air temperature.

Keys words: BRAMS, Observed Data, Temperature, Relative Humidity.

*E-mail para correspondência: everson@dca.ufcg.edu.br

1. Introdução

O Brazilian developments on the Regional Atmospheric Model System (BRAMS) é baseado na mais recente versão do modelo RAMS (Walko et al., 2000) que através de parametrizações e aperfeiçoamentos foi adequado para condições em regiões localizadas nos trópicos e sub-trópicos. Este modelo, em fase experimental, vem sendo rodado em produção pela Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) juntamente com a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A). Esta iniciativa foi realizada pelo projeto SegHidro, que há algum tempo vem contribuindo para expandir e difundir conhecimentos. O SegHidro propõe uma infra-estrutura de tecnologia para viabilizar o compartilhamento de dados, conhecimento e poder computacional a serviço de uma melhor gestão dos recursos hídricos do país.

O BRAMS é um modelo atmosférico capaz de reproduzir grande parte dos fenômenos físicos e dinâmicos existentes no sistema Terra-Atmosfera, quando se fornece condições iniciais e de contorno confiáveis. Entretanto, não se pode descartar a possibilidade de erros inerente ao modelo que influenciam na qualidade da previsão. Assim, é de grande importância comparar os dados observados com os gerados pelo modelo BRAMS no sentido de avaliar seu desempenho.

Em previsão numérica de tempo (PNT) são necessários dois ingredientes básicos: um estado inicial da atmosfera, definido pelas observações, e a necessidade de um modelo físico da atmosfera que possa ser integrado no tempo através de um procedimento numérico. Na derivação do estado inicial, a partir de um conjunto de dados observacionais incompletos no espaço-tempo, diversos centros de previsão utilizam a técnica de assimilação intermitente de dados. Este é um procedimento cíclico onde os resultados de uma integração curta, tipicamente de 6 h é usado como “first guess” (FG), que combinado com as últimas observações disponíveis formam o novo estado inicial para a próxima integração do modelo. A combinação do FG com as observações é chamada de fase de análise, e a saída da análise no senso estatístico é o estado inicial ótimo para ser usado na previsão do modelo, sendo esse um dos maiores e mais importantes problemas associado à previsão numérica de tempo - a determinação da condição inicial (Lorenz 1986).

Na modelagem numérica da atmosfera, a previsão do tempo e clima, são utilizadas as Leis de Newton aplicadas aos movimentos que regem a atmosfera. Estas equações quando aplicadas à atmosfera são chamadas de modelos numéricos e representam os fenômenos que acontecem na atmosfera, e expressam os processos físicos de formação de nuvens,

chuvas, ventos fortes e também a diferenciação de condições dos mares, continentes, solos e vegetações. Tudo isso tem que estar representado dentro dos modelos, porque são dados que fundamentam a previsão numérica do tempo.

Porém a distribuição e obtenção desses dados são muitos irregulares e, o modelo necessitando de uma distribuição mais constante para seu processamento, faz necessário haver uma série de etapas para a interpolação deste campo irregular para o regular que exige métodos mais eficazes de análise objetiva. A resolução do modelo é caracterizada pela divisão da Terra na horizontal e vertical em quadrados e camadas (grade), respectivamente.

Para conhecer e acompanhar as melhorias nas previsões decorrentes dos ajustes dos modelos de previsão numérica de tempo faz-se necessário o uso de métodos de avaliação e verificação desses modelos (Anthes, 1983). Sabe-se que as previsões com modelos atmosféricos apresentam incertezas, que podem ser decorrentes da representação dos processos físicos do modelo, os quais podem não estar ajustados às condições de determinados locais, ou mesmo da precisão dos cálculos. Muitas vezes, tais incertezas estão associadas à falta de calibração dos modelos às condições regionais e locais. Dentro desse contexto, os métodos de avaliação são capazes de indicar os índices de

erro, a eficiência e as possíveis limitações dos modelos (Fonseca, 1998).

Segundo Andreoli et al. (2008), quando se avalia a inclusão de novas observações no sistema de assimilação de dados/previsão de tempo, cada experimento é avaliado de encontro às suas próprias análises. Contudo, no contexto de estudos de impacto, uma representação mais precisa de cada tipo de observação é obtida quando a estimativa do estado da atmosfera, que melhor represente o campo observado, é usada para a avaliação.

Outros fizeram análises de comparações à precipitação prevista pelo modelo atmosférico BRAMS com a nebulosidade obtida a partir de imagens do satélite GOES. E os resultados se mostraram satisfatórios, visto que, as imagens degradadas mantiveram as características de mesoescala observadas nas imagens originais, Beserra e Cavalcanti (2006).

Com a realização de comparações de simulações numéricas, Barbosa et al. (2006) obtiveram de maneiras distintas o comportamento da camada limite planetária através de dados observacionais coletados pelo experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera (Large Scale Biosphere – LBA) numa campanha realizada em 1999. Para tais simulações foram utilizadas três diferentes parametrizações de turbulência; Smagorinsky (1963), Mellor e Yamada (1982) e Degrazia et al. (2000). As duas primeiras parametrizações

fazem parte da versão utilizada do modelo BRAMS, enquanto que a terceira será considerada como uma nova parametrização de turbulência implementada no modelo. Os resultados mostraram que de maneira global a nova parametrização de turbulência proposta por Degrazia et al. (2000) obtida a partir da teoria estatística de Taylor (1921), implementada no modelo BRAMS, teve um melhor desempenho durante o período adotado para as simulações numéricas. Em seguida, a parametrização de Mellor e Yamada (1982) e por último a de Smagorinsky (1963).

O objetivo deste trabalho é verificar se o modelo BRAMS está gerando resultados satisfatórios comparando-se com os valores observados das variáveis meteorológicas temperatura e umidade relativa do ar em estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no Estado da Paraíba.

2. Material e métodos

2.1 Características operacionais do BRAMS

O BRAMS constitui-se em uma versão brasileira do Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) descrito por Pilke (1984); Pielke et al. (1992) e Walko et al. (1995). Na versão BRAMS tem-se um melhoramento do código e a implementação no modelo da parametrização de nuvens rasas, o que torna o modelo mais completo para utilização no Brasil e em especial na região Nordeste do Brasil (NEB). O modelo resolve as equações

compressíveis e não-hidrostáticas governantes da atmosfera segundo (Tripoli e Cotton, 1982). A preparação dos dados iniciais utiliza um método de análise objetiva proposto por Barnes (1964).

Para a execução do BRAMS utilizam-se como condições iniciais e de contorno informações do modelo atmosférico global do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), baixados diariamente via ftp. As informações de umidade do solo são obtidas do laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais da Universidade de São Paulo (MASTER/USP), também são baixados diariamente. Já os dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) são obtidos semanalmente do National Centers for Environmental Prediction/National Oceanic and Atmospheric Administration (NCEP/NOAA). Na Figura 1a tem-se um esquema do fluxo de execução do BRAMS na UFCG.

No pós-processamento são geradas imagens e arquivos no formato GrADS para as áreas com grades de 20x20 km e 5x5 km conforme exemplifica a Figura 1b. Os arquivos de análise no formato GrADS podem ser acessados pelo *Grads Data Service* (GDC) da UFCG no endereço <http://150.165.83.23:8080/dods>.

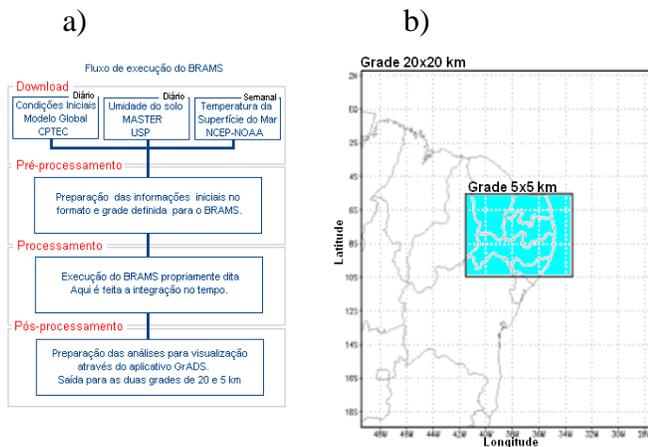


Figura 1 – a) Fluxo de execução do BRAMS na UFCG e b) Áreas de domínio das grades de 20 x 20 km e 5 x 5 km

GrADS

O Grid Analysis and Display System (GrADS) é uma ferramenta interativa utilizada para fácil manipulação e visualização de dados de Ciências da Terra. O formato de tais dados pode ser binário, GRIB, NetCDF ou HDF-SDS (Scientific Data Sets). O GrADS foi implementado mundialmente em uma variedade de sistemas operacionais e é distribuído gratuitamente pela internet. Essa ferramenta é muito usada nos grandes Centros Meteorológicos para a visualização dos dados obtidos através dos Modelos Numéricos, Sondagens Via Satélite, Radiossondagens, entre outros, Doty (1998).

2.2 Dados observados

Foram utilizados dados de temperatura e umidade do ar coletados de estações automáticas da rede meteorológica do Instituto

Nacional de Meteorologia (INMET) em intervalos 6 em 6 horas, com início no dia 01/03/2009 até 06/03/2009. O nome e localização das estações utilizadas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Relação das estações meteorológicas automáticas do INMET e respectivas coordenadas locais, utilizadas no estudo

Local	Longitude	Latitude	Altitude
Campina Grande – PB	-35,9056°	-7,2258°	548,0m
Cabaceiras – PB	-36,2864°	-7,4833°	436,0m
Areia – PB	-35,6833°	-6,9667°	574,62 m
Patos –PB	-37,2725°	-7,0797°	282,0m
Monteiro –PB	-37,1244°	-7,8942°	604,0m
João Pessoa –PB	-34,8508°	-7,1419°	44,0m
Camaratuba –PB	-35,1347°	-6,6108°	136,0m

Para fins de comparação com os resultados do modelo BRAMS os dados observados foram formatados para a mesma plataforma de visualização. Na análise dos resultados sobre a variação temporal foram mostradas graficamente e discutidas apenas algumas estações características de cada micro-região do Estado da Paraíba.

3 Resultados e discussão

3.1 Variação Espacial da Temperatura do Ar

A Figura 2 representa a distribuição espacial da temperatura do ar em intervalos de 24 horas, em que o primeiro horário é relativo às 12 UTC do dia 01 de março de 2009 que corresponde à análise da previsão gerada pelo modelo BRAMS. Os dados obtidos nas estações automáticas foram plotados em intervalos de 24 horas e, constituem-se nas observações. As Figuras 2b, 2c, 2d, 2e e 2f são correspondentes às previsões de 24, 48, 72, 96 e 120 horas, respectivamente, o que implica em 5 dias de previsão. Os valores numéricos representam a temperatura instantânea observada pelas estações automáticas do INMET. Já a escala de cores indica a temperatura do ar prevista pelo modelo BRAMS.

A análise (Figura 2a) apresenta núcleos frios na parte do cariri e curimataú, nas demais áreas a temperatura apresenta certa uniformidade em volta de 24 °C, comportamento característico pela presença do Planalto da Borborema. Ao passo que ao se analisar às previsões para 24, 48, 72, 96 e 120 horas (Figuras 2b, 2c, 2d, 2e e 2f) observa-se que esse núcleo frio foi dissipado e que a faixa

litorânea permanece. Esse resultado parece indicar que o modelo, com as condições impostas inicialmente, não responde adequadamente na faixa litorânea, possivelmente pela descontinuidade entre continente e oceano.

Observa-se também, que as temperaturas apresentadas nas áreas do agreste, cariri, curimataú e sertão estão coerentes e apresentaram pequena diferença em relação ao observado pela rede de estações automáticas. Já para o litoral, constata-se discrepâncias ainda maiores entre a previsão e a observação.

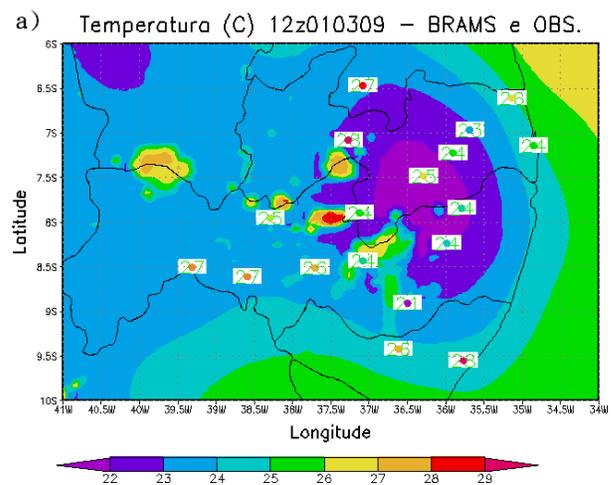
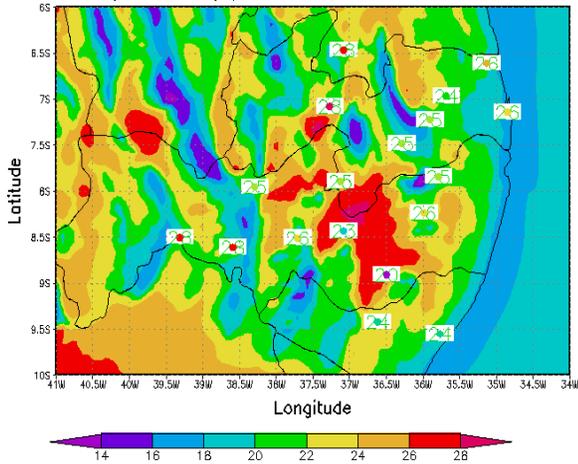
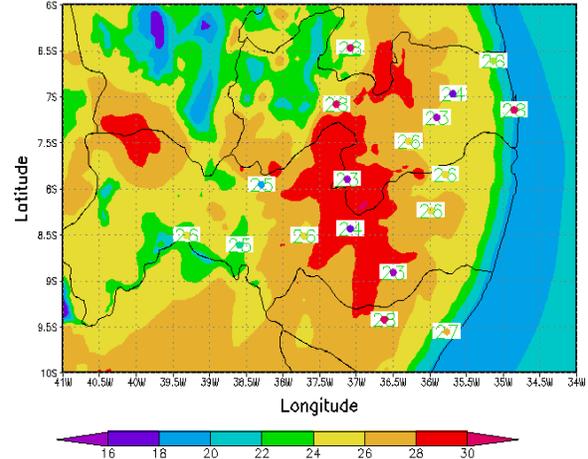


Figura 2a.

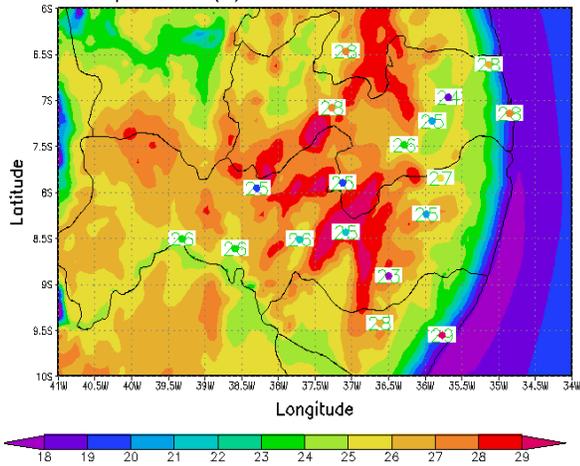
b) Temperatura (C) 12z020309 – BRAMS e OBS.



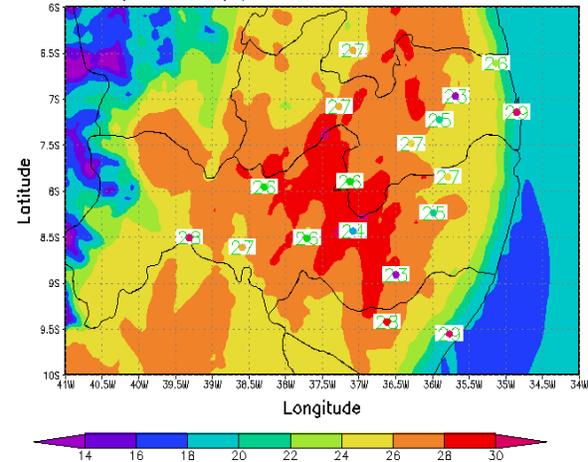
c) Temperatura (C) 12z030309 – BRAMS e OBS.



d) Temperatura (C) 12z040309 – BRAMS e OBS.



e) Temperatura (C) 12z050309 – BRAMS e OBS.



f) Temperatura (C) 12z060309 – BRAMS e OBS.

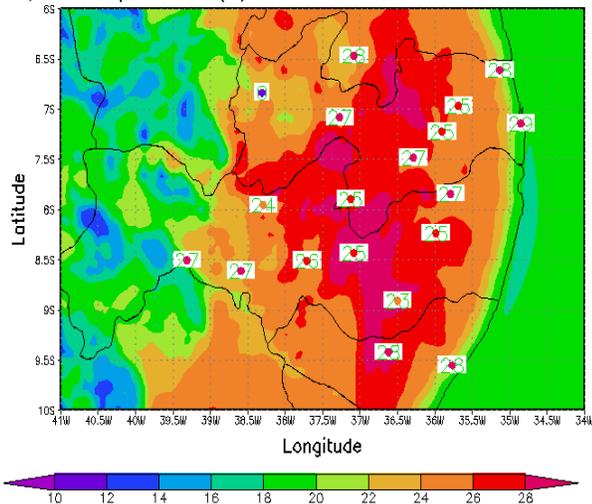


Figura 2. Distribuição espacial da temperatura (°C) gerada pelo modelo BRAMS e os respectivos valores observados nas estações, para: a) 12 TMG do dia 01-03-09, b) previsão para 24 horas, c) previsão para 48 horas, d) previsão para 72 horas, e) previsão para 96 horas e f) previsão para 120 horas

3.2 Variação Espacial da Umidade Relativa

Na Figura 3a é apresentada a análise da umidade relativa do ar referente às 12 UTC do dia 01/03/2009. Observa-se um núcleo de altos valores de umidade relativa do ar centrado na região do agreste e cariri paraibano diminuindo principalmente em direção ao sertão.

As demais Figuras 3b, 3c, 3d, 3e e 3f referem-se às previsões de 24, 48, 72, 96 e 120 horas, respectivamente. Na previsão de 24 horas (Figura 3b) tem-se que a umidade relativa do ar alcança valores muito altos em praticamente todo o Estado com variações que vão de 65 a 95%. Com relação as outras previsões (Figuras 3c, 3d, 3e e 3f) verifica-se uma queda da umidade relativa do ar para cerca de 60% no interior do Estado, enquanto que, no litoral e oceano ela permanece alta com valores acima de 95%. A exemplo do ocorrido para temperatura do ar, as maiores discrepâncias

encontram-se no litoral. Este fato também é atribuído a interface continente-oceano, visto que para uma grade de 5 por 5 km um valor assumido como litoral pode estar bastante influenciado pelas condições de umidade alta do oceano.

A alta umidade relativa do ar representada pelo BRAMS faz sentido, visto que as previsões são para o mês de março, início da estação chuvosa na maior parte do nordeste brasileiro devido a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) com ocorrência do transporte de umidade do oceano para o continente.

Para uma melhor compreensão do que foi discutido anteriormente, e melhor ajustar os dados observados e os previstos, é apresentada a seguir a distribuição temporal da temperatura do ar e umidade relativa do ar das micro-regiões do Estado da Paraíba.

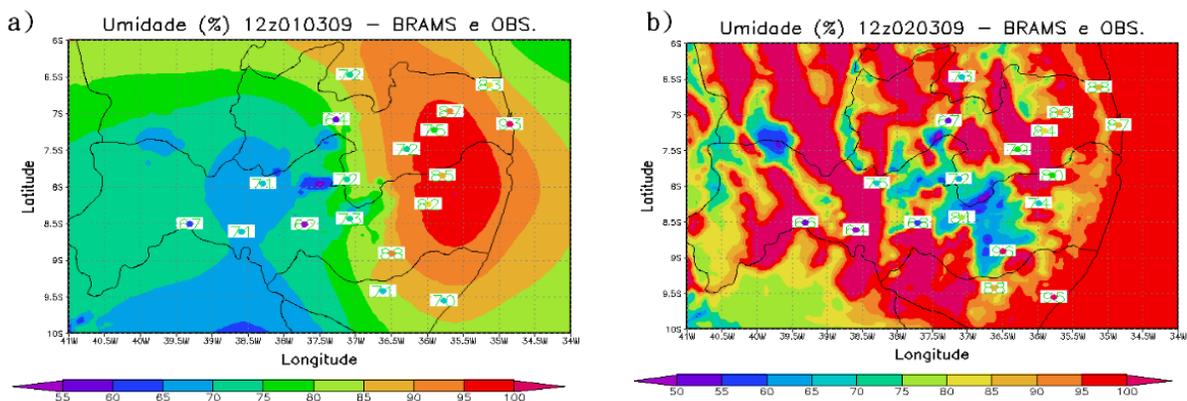


Figura 3. Distribuição espacial da umidade relativa do ar (%) em intervalos de 24 horas, os respectivos valores são os dados observados nas estações, para: a) 12 TMG do dia 01-03-09, b) previsão para 24 horas, c) previsão para 48 horas, d) previsão para 24 horas, e) previsão para 24 horas e f) previsão para 24 horas.

temperatura (Figura 7a), entretanto, há uma defasagem sistemática de cerca de 8 °C entre o previsto e o observado.

A umidade relativa do ar prevista para João Pessoa se mantém quase constante e próximo dos 100% enquanto o comportamento dos observados apresenta uma tendência de diminuição ao longo dos cinco dias de previsão. Apesar de o modelo ter uma tendência de subestimar os valores observados, por que este

representa um valor médio da área associada ao ponto de grade, um valor de 8 °C pode ser assumido como uma diferença significativa e comprometedor. No entanto, alterações nas condições iniciais e de contorno em superfície podem ser aprimoradas para minimizar erros grosseiros desta natureza.

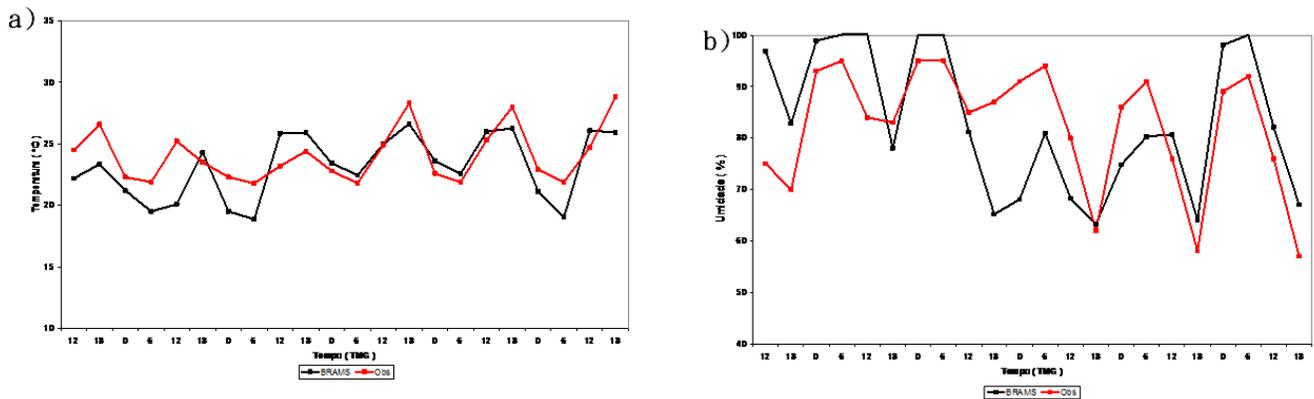


Figura 4 – Distribuição temporal da a) Temperatura do ar (°C) , b) Umidade Relativa do ar para Campina Grande – PB, no período de 01/03/09 a 06/03/09.

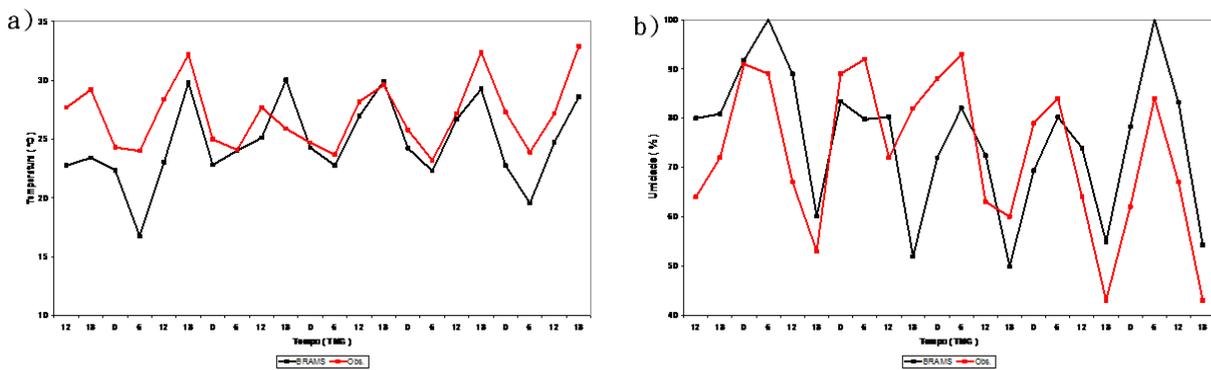


Figura 5 – Distribuição temporal da a) Temperatura do ar (°C) , b) Umidade Relativa do ar para Patos – PB, no período de 01/03/09 a 06/03/09.

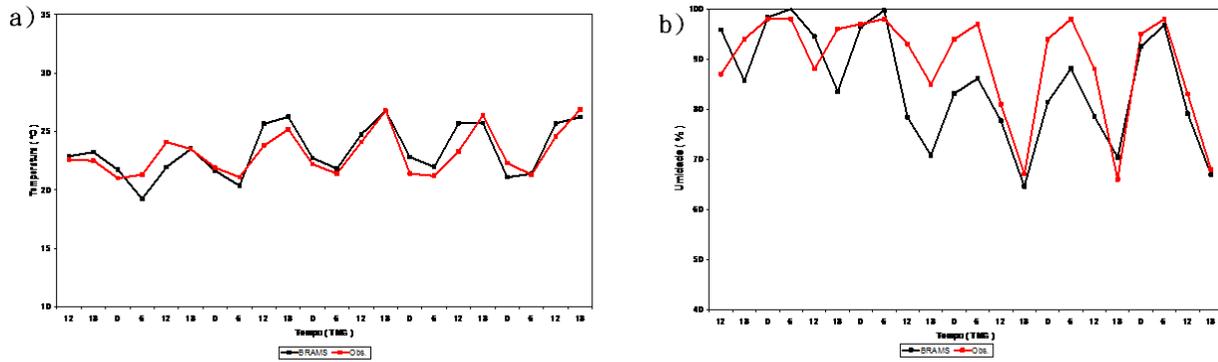
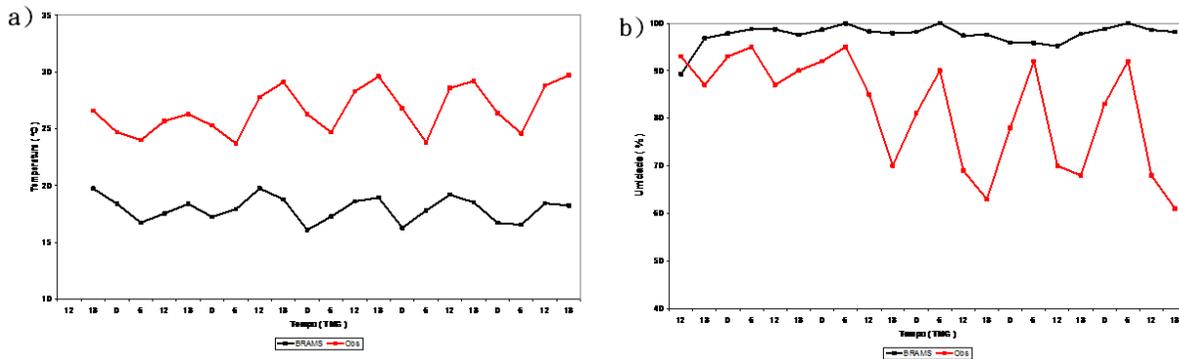


Figura 6 – Distribuição temporal da a) Temperatura do ar (°C) , b) Umidade Relativa do ar para Areia – PB, no período de 01/03/09 a 06/03/09.



(Figura 7 – Distribuição temporal da a) Temperatura do ar (°C) , b) Umidade Relativa do ar para João Pessoa - PB, no período de 01/03/09 a 06/03/09.

4 Conclusões e sugestões

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

1. Os valores de temperatura do ar observados e estimados pelo modelo BRAMS mostram-se satisfatórios para até 5 dias em quase todas as localidades;
2. As diferenças entre o observado e o estimado pelo modelo BRAMS, para

a umidade relativa do ar, foram menos evidentes em comparação com a temperatura do ar;

3. Especula-se que interações entre continente e oceano, não bem resolvidos nestas rodadas, influenciaram negativamente os resultados para o litoral;
4. As previsões do modelo BRAMS, feitas com as condições impostas nas rodadas em produção na UFCG, mostraram-se não apropriadas para o litoral do Estado da Paraíba.

Face ao exposto sugerimos que em trabalhos futuros sejam aplicados critérios mais exigentes para as condições iniciais e de contorno à superfície. Também, fazer testes para minimizar erros na interface continente-oceano e avaliar um número maior de variáveis.

5 Referências

- Andreoli, R. V.; Ferreira, S. H. S.; Sapucci, L. F.; Souza, R. A. F. de; Mendonça, R. W. B.; Herdies, D. L.; Aravequia, J. A. (2008). Contribuição de Diversos Sistemas de Observação na Previsão de Tempo no CPTEC/INPE. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 23, p. 218-237.
- Anthes, R. A. (1983). Regional Models of the Atmosphere in Middle Latitudes. *Mon. Weather Ver.*, 111: 1306-1335.
- Barnes, S. L. (1964). A Technique for maximizing details in numerical weather map analysis. *J. of Appl. Meteorol.* v.3, p.396-409.
- Barbosa, J. P. S. ; Velho, H. F. C. ; Freitas, S. R. (2006). Intercomparação das parametrizações de Turbulência do B-RAMS. Parte 1: Simulação Numérica para o Sítio de Abraços. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis, SC.
- Beserra, E. A ; Cavalcanti, E. P. (2006). Degradação e comparação de imagens GOES com a precipitação prevista pelo modelo BRAMS. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. Anais.
- Degrazia, G. A.; Anfissi, D.; Carvalho, J. C.; Mangia, C.; Tirabassi, T. (2000). Turbulence parameterization for PDL dispersion models in all stability conditions. *Atmospheric Environment*, v. 34, p. 3575–3583.
- Doty, B. (1998). The grads analysis and display system. Versão para língua portuguesa: Pesqueiro, J. F. Operação Meteorológica/CPTEC/INPE. Cachoeira Paulista – SP. 145p.
- Fonseca, J. F. B. (1998). Modelos regionais de previsão numérica do tempo: Um estudo comparativo das destrezas dos modelos FSU e ETA, sobre a América do Sul. Tese de Mestrado-INPE.

Lorenç, A., (1986): Analysis Methods for numerical weather prediction. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 112, n. 474, 1177-1194.

Mellor, G. L.; Yamada, T. (1982). Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. Rev. of Geophysical Physics and Space Physics, v. 20, p. 851–875.

Pielke, R. A. (1984). *Mesoscale meteorological modeling*. Academic Press. 612p.

Pielke, R.A.; Cotton, W.R.; Walko. R.L.; et al. (1992). A comprehensive meteorological modeling system – RAMS. *Meteorology and Atmospheric Physics*. Austria. 49, 69-91.

Smagorinsky, J. (1963). General circulation experiments with the primitive equations: I. the basic experiment. Mon. Weather Rev. v. 91, p. 99–164.

Taylor, G. (1921). Diffusion by continuous movements. Proc. Lond. Math. Soc., v. 2, n. 20, p. 196–212.

Tripoli, G., W. Cotton. (1982). The Colorado State University three-dimensional cloud-mesoscale model. Part I: General theoretical framework and sensitivity experiments, J. Res. Atmos. 16, 185-219.

Walko R., Band L., Baron J., Kittel F., Lammers R., Lee T., Ojima D., Pilke R., Taylor C., Tague C., Tremback C., Vidale P. (2000). Coupled Atmosphere-Biophysics-Hydrology Models for Environmental Modeling. J. of Appl. Meteorol. 39: (6) 931-944.

Walko, R. L.; Tremback, J. C.; Hertenstein, R. F. A. (1995). The regional atmospheric modeling system. Version 3b, User's Guide. Fort Collins: ASTER Division. 121 p.