

MODELO DE MESO-ESCALA WRF NO PROGNÓSTICO DE CHUVA NA BACIA DO RIO MUNDAÚ ALAGOAS / PERNAMBUCO

Raniéri Carlos Ferreira de Amorim¹; Ricardo Ferreira Carlos de Amorim²; Samuellson Lopes Cabral³;
Mikael Timóteo Rodrigues⁴; Alane Saldanha dos Santos⁵; Gyuliano Carlos do Nascimento⁶

¹ Pesquisador DCR do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus de Marechal Deodoro, Rua Lourival Alfredo, 176.
CEP 57160-000, Marechal Deodoro - AL. Email: rcafamorim@gmail.com

² Professor Adjunto do Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas. Maceió – AL, Email:
rcafamorim@gmail.com;

³ Doutorando em Eng.Civil (Recursos Hídricos) - DEHA/UFC, samuellsoncabral@hotmail.com;

⁴ Mestrando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas – ICAT / UFAL, mikaelgeo@gmail.com;

⁵ Mestrando em Meteorologia, IGEO-CCMN-UFRJ;

⁶ Graduando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas – ICAT / UFAL.

ABSTRACT: This study aims to evaluate the model performance of the WRF mesoscale prognostic rain in the Rio Mundaú in Alagoas and Pernambuco. Atmospheric models are computational tools that aid in weather forecasts, indicating adverse phenomena as intense rainfall, temperature and pressure anomalies, among others, their results can be applied in order to avoid losses in economic sectors such as agriculture, livestock, tourism and as human lives. 17 and 18 June 2010 were studied due to intense rains that occurred that caused discomfort and damage the local population of Rio Mundaú-Alagoas. Were simulated by the model, images of precipitation in the states of Alagoas and Pernambuco, using data from the NCEP reanalysis and NCAR generated for the same period of study because the occurrence of intense rainfall, GOES 12 Satellite Images and Maps of rainfall the state Department of Environment and Water Resources - SEMARH were compared to the WRF simulations for a better view of the systems in the region, giving greater consistency to the results obtained by the model. The simulations were generated with two fields containing 100 x 90 grid points in the first area and second in 133 x 121, with 15km and 5km spatial resolution. The data used in the simulations were the type FNL (Final Global Analyses) for the NCEP reanalysis data, the results could be observed through the viewer GRADS (Grid Analysis Display System). The model is efficient for simulation of rainfall for Mundaú River Basin, located in the states of Alagoas and Pernambuco, as well as in the simulation of convective systems as CCM's working in the area of research.

KEYWORDS: Mesoscale Model, WRF and Hydrologic simulation

1 INTRODUÇÃO

O avanço da modelagem numérica para previsão de tempo nas últimas décadas tem sido de grande ajuda na tomada de decisão em diversos setores da economia. A interpretação correta das perdas econômicas ou de vidas resultantes de eventos meteorológicos extremos exige a compreensão das causas desses eventos, porque os impactos sociais são função não somente de eventos atmosféricos, mas também da ação humana (PIELKE e CARBONE, 2002). A maioria dos desastres naturais decorre de precipitações intensas, e o conhecimento preciso das condições do tempo sobre os fenômenos intensos pode reduzir substancialmente acidentes e prejuízos financeiros. Sistemas de alertas meteorológicos precisam agir como principal ferramenta no combate a danos humanos e físicos, em que o aperfeiçoamento de meios e métodos das previsões é de suma importância para o sucesso dessa operação.

Segundo KELLY (2006), os prejuízos econômicos decorrentes de eventos meteorológicos extremos nos Estados Unidos consomem cerca de um sétimo da economia por ano, e os esforços empregados na modernização da tecnologia e do uso das informações do tempo, do clima e dos recursos hídricos possibilitam a redução de perdas bilionárias na economia do país.

A previsão de chuvas intensas é um desafio para a meteorologia, pois não é suficiente prever apenas a ocorrência do evento de chuva, mas também antecipar a magnitude do evento. Mais ainda, dentro do contexto hidrológico, segundo DOSWELL et al. (1996), o desafio é aumentado pela interação da meteorologia com a hidrologia, pois a previsão quantitativa da precipitação influi diretamente na previsão e abrangência de inundações. Ainda segundo (GANGULY; BRAS, 2003), a previsão quantitativa de precipitação é de grande complexidade, pois seus processos físicos podem ocorrer em várias escalas,

desde grandes massas de ar até eventos convectivos extremamente localizados, tornando-a extremamente variável no tempo e no espaço.

Apesar do uso generalizado de modelos de previsão do tempo em vários centros estaduais e de pesquisa, o método mais utilizado na avaliação das previsões de precipitação é o que permite a comparação entre dados de saída dos modelos numéricos com os dados observados na superfície (DEMIRTAS et al., 2005). Entretanto, a qualidade da avaliação está relacionada diretamente com a densidade de estações de observação, sendo economicamente inviável manter uma rede de estações com densidade suficiente para avaliar uma previsão atmosférica de alta resolução com a devida acurácia (BENOIT; PELLERIN, 2000).

De acordo com NASCIMENTO (2005), o fato de eventos extremos serem relativamente raros não implica dar menos atenção ao estudo desses sistemas e ao treinamento de pessoal operacional visando a sua previsão. Identificar, com antecedência de várias horas, condições favoráveis à formação de sistemas convectivos severos é essencial para a veiculação adequada de alertas e para antecipar a adoção de estratégias que eliminem ou minimizem o impacto negativo desses fenômenos meteorológicos.

O estudo de tempestades severas e convecção profunda é uma das linhas de pesquisa que recebe especial atenção pelas comunidades científicas. Chuvas intensas trazem prejuízos de diversas maneiras para a população, desde prejuízos de ordem material, como desabamentos, deslizamentos de encostas e inundações, prejuízos de perda de vidas humanas, além dos prejuízos financeiros (PIELKE, 1997; KELLY 2006; PIELKE e CARBONE, 2002; NASCIMENTO, 2005; JUNKER et al, 1999; PONTRELLI et al., 1999).

O modelo numérico de mesoescala utilizado no sistema é o WRF (www.wrf-model.org). O WRF é considerado um modelo de previsão numérica da próxima geração, pois além de ser flexível quanto a sua instalação e configuração física e numérica, pode ser utilizado em diversas escalas, que pode ir de apenas alguns metros até milhares de quilômetros e atende finalidades tais como: a) simulações idealizadas (convecção, ondas baroclínicas, etc.), b) pesquisa em parametrizações, c) pesquisa em assimilação de dados, d) pesquisa em previsão de tempo, e) acoplamentos entre modelos de aplicações diferentes (tempo-ondas, tempo-poluição, etc.), f) ensino. O WRF permite, portanto, realizar simulações com dados reais ou idealizados e é considerado muito eficiente em termos computacionais, com uma arquitetura de software pronta para o processamento paralelo. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a precipitação utilizando o modelo atmosférico de mesoescala WRF no prognóstico de chuva na bacia do rio mundaú em Alagoas e Pernambuco para os dias 17 e 18 de junho de 2010.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Descrição da Área de Estudo

O trabalho foi conduzido no “Laboratório de Pesquisa em Modelagem Atmosférica MM5, pertencente ao Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). A bacia do rio Mundaú possui uma área de 4.126 km², da qual 52,2% no estado de Pernambuco e 47,8 % em Alagoas, Figura 1. O rio Mundaú tem nascente em Pernambuco e foz na lagoa do Mundaú (Complexo Estuarino Mundaú-Manguaba), em Alagoas, caracterizando-o como um rio federal. Abrange área de trinta municípios, sendo quinze em Pernambuco e quinze em Alagoas. Dentre os municípios pernambucanos, quatro estão integralmente inseridos na bacia do rio Mundaú e, além destes, mais quatro têm a sede do município na bacia. Em Alagoas não há municípios com área integral na bacia e dez possuem sede na bacia.

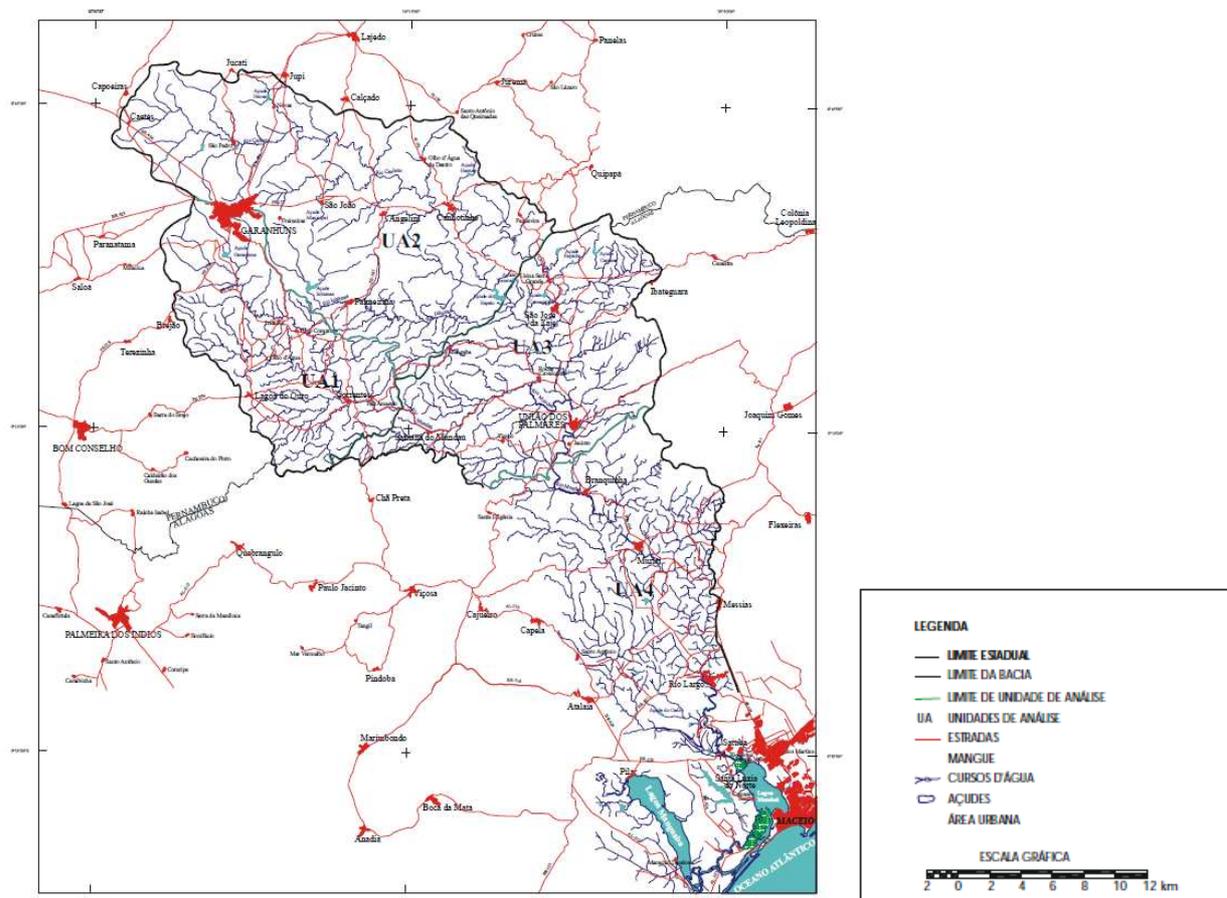


Figura 1 - Localização da bacia do rio Mundaú no Estado de Alagoas.

2.2 PERÍODO DE ESTUDO

Para realização desse trabalho foram considerados os dias 17 e 18 de Junho 2010. Para a análise dos totais pluviométricos simulados pelo WRF foram efetuadas comparações entre Imagens do Satélite GOES 12, mapas de precipitação acumulada da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH e dados de reanálise do NCEP e NCAR gerados para o mesmo período de estudo.

2.3 CONFIGURAÇÕES DO MODELO DE MESOSCALA WRF

Desenvolvido para fazer o prognóstico do tempo e clima, o modelo tem funcionalidade para, casos idealizados, estudo de parametrização, estudo de entrada de dados, operacionalização, acoplamento, ensino dentre outros. Suas características físicas inclui Pré-processamento (WPS), Processamento (ARW) e Pós-processamento (GrADS, Matlab, GEMPAK), exposto na Figura 2.

WRF Modeling System Flow Chart

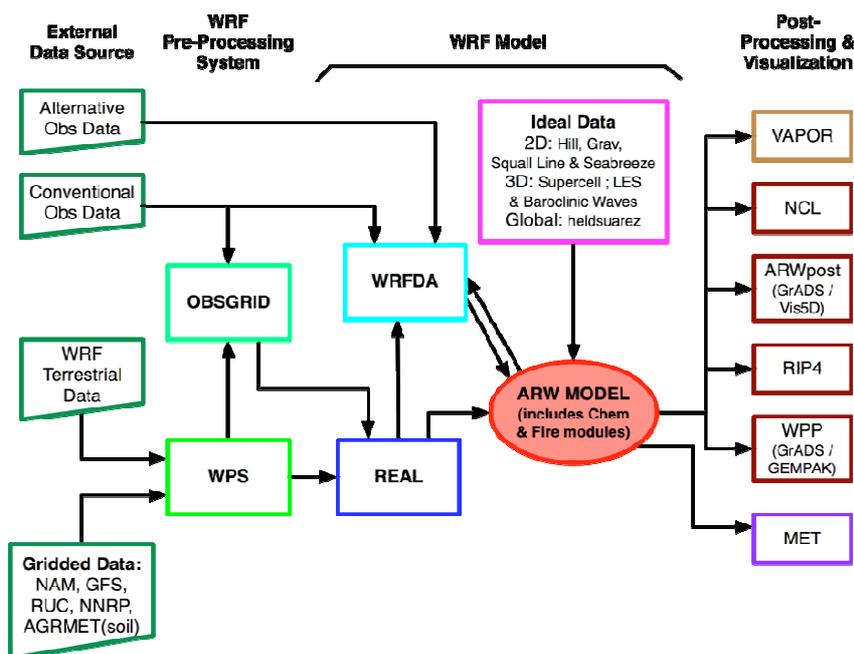


Figura 2 - Fluxograma do sistema do modelo WRF

2.3.1- Pré-Processamento

O sistema de pré-processamento do WRF (WPS) é um conjunto de três programas, onde o seu papel é preparar os dados de condição de contorno, para alimentar o programa real. Cada programa realiza uma etapa da preparação: geogrid define o domínio do modelo (região limitada ao cálculo da simulação ou previsão) e interpola dados fixos da geografia para a malha; ungrib extrai os campos meteorológicos dos arquivos em formato GRIB; e metgrid interpola horizontalmente os campos meteorológicos extraídos pelo ungrib para a malha do modelo definido pelo geogrid. O trabalho da interpolação vertical em níveis de pressão (ETA ou Sigma), dos campos meteorológicos para o WRF é realizado no programa real. Todos os programas do WPS lêem parâmetros de um arquivo namelist. Este arquivo determina as características de processamento a serem executados os programas contidos no WPS irão realizar.

2.3.2 - Processamento

O modelo WRF é totalmente compressível e não hidrostático (com opção hidrostática). Possui coordenada vertical que segue o terreno na seqüência de pressão hidrostática, (níveis sigma) e grade de escalonamento Arakawa-C. Método de Runge-Kutta 2^a e 3^a ordem para tempo de integração e 2^a-6^a ordem no esquema de advecção horizontais e verticais. Usa um time-split de pequeno passo para modos de ondas acústicas e de gravidade.

2.3.3 – Pós - Processamento

O pós-processamento faz com que o arquivo bruto gerado pelo modelo, passe a ser visível em forma de figuras com o auxílio dos programas auxiliares, tais como Vis5D, GEMPAK, GrADS e outros. Atualmente, são disponibilizados conversores que padronizam o arquivo do modelo para um que seja manipulado por um dos programas de gráficos, ou seja, o produto final (imagens), como por exemplo os programas WRF2GrADS e o ARWPost, sendo o ultimo utilizado neste trabalho.

Os dados do projeto de reanálises foram criados através da cooperação entre os centros americanos do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e do National Center for Atmospheric Research (NCAR). Esses dados são produzidos desde janeiro de 1948 através da utilização do modelo numérico global e de dados de observações interpolados para compor o estado da atmosfera global, suprimindo os locais onde é inexistente ou existem poucas observações meteorológicas, com grade espacial de aproximadamente 210 km. Os dados observacionais incluem desde observações de estações meteorológicas convencionais de superfície, passando por observações de ar superior, observações de

navios e bóias, até dados de sondagens atmosféricas via satélite. Todos esses dados fazem parte dos dados de entrada para o modelo de circulação geral executado para compor a atmosfera mundial. Os dados são disponibilizados através da página do projeto (<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/>), podendo ser acessados com resolução temporal a cada 6 horas, médias diárias e mensais.

Os dados de precipitação acumuladas diárias foram geradas na característica física final do modelo de mesoescala WRF (Pós-processamento), visualizadas através do GRADS (ARWpost, WPP), para verificação dos CCM's sobre a região da Bacia do Rio Mundaú. O WRF foi configurado para gerar 2 domínios entre 43°W e 29°W, 5°S e 14°S, devido a CCM's, que se desenvolveram e atingiram grandes áreas, tornando-se inviável a visualização da precipitação apenas sobre o Estado de Alagoas e Pernambuco.

Os dados selecionados para esta pesquisa foram do tipo FNL (NCEP Final Analyses), referentes aos dados de Reanálises. Possuem 1 grau de resolução e suas saídas são geradas de seis em seis horas. Os dados foram utilizados para testes de parametrizações e calibração do modelo e estão disponíveis na página do UCAR pelo site <https://dss.ucar.edu/datazone/dsszone/ds083.0/datasets>.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A precipitação acumulada de 00:00UTC à 23:00UTC (24 horas), pode ser visualizado na Figura 3, onde mostra a ocorrência de precipitação com valores na ordem de 20mm ao sul do Litoral alagoano, chegando até os maiores picos de precipitação no litoral pernambucano, com registros de 90mm na região metropolitana do Recife. Esses resultados podem ser melhor caracterizados através da Figura 4, na qual são mostradas através da imagem de satélite GOES 12, às 18:00UTC, uma instabilidade atmosférica, gerando assim um grande sistema sobre a região estudada. Sobre o litoral de Pernambuco o modelo simulou ocorrências de chuvas, no qual pode ser comprovada na Figura 4, onde pode ser observada nuvens do tipo Cb's. Para termos uma idéia do volume de chuva, a climatologia deste trimestre é de 1.105,1 mm em Recife-PE e de 964,1 mm em Maceió - AL.

Em média o mês de junho acumulou 389,6 mm na região de Recife e 298,3 mm em Alagoas. O que ressalva que esse evento pode ser considerado um eventos de chuva extrema durante este período nesta área em particular. Enquanto no mês de maio observou-se um déficit de precipitação nestes Estados, no mês de junho foram mais de 200 mm acima da climatologia. E isso, apenas em três dias (16, 17 e 18 de junho), principalmente na região de Pernambuco. Em Alagoas aconteceram outros períodos de chuva significativa como os 188 mm do dia 05 e os 143 mm do dia 28, do referido mês. Ainda de acordo com o período estudado, registraram 258 mm em Recife - PE (aeroporto): 73 mm; 97 mm; 98 mm, respectivamente; Já na estação de Curado também em Recife os acumulados foram ainda maiores nestes dias: 82mm, 116 mm, 150 mm, respectivamente, somando 348 mm em três dias. Na capital Alagoana os acumulados foram bem menores: 8,9; 36,2 e 42 mm, respectivamente, pois o setor nordeste de Alagoas é que foi o mais atingido.

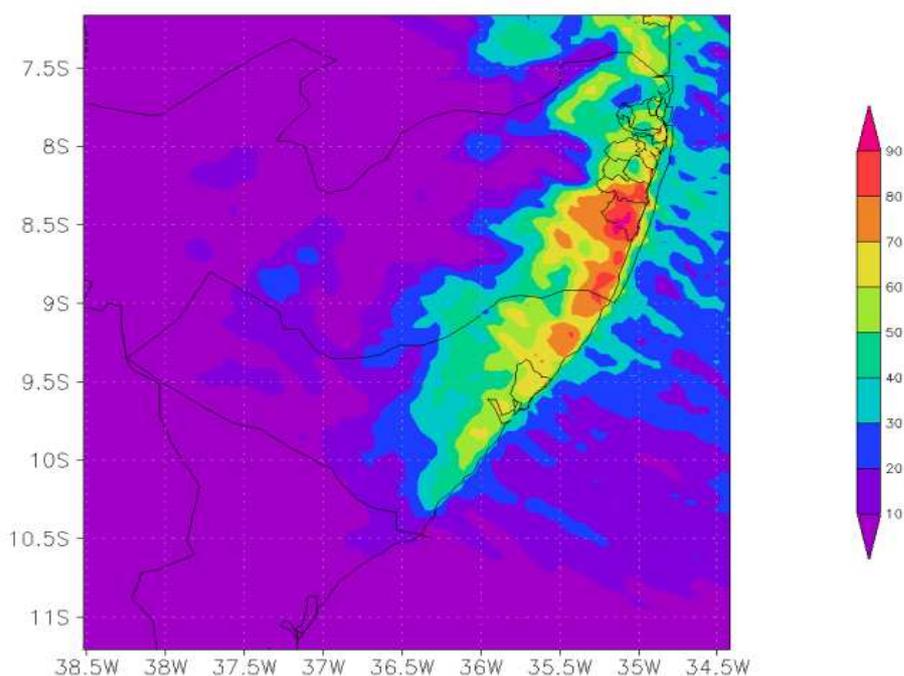


Figura 3 - Precipitação acumulada gerado pelo WRF para o dia 17/06/2010

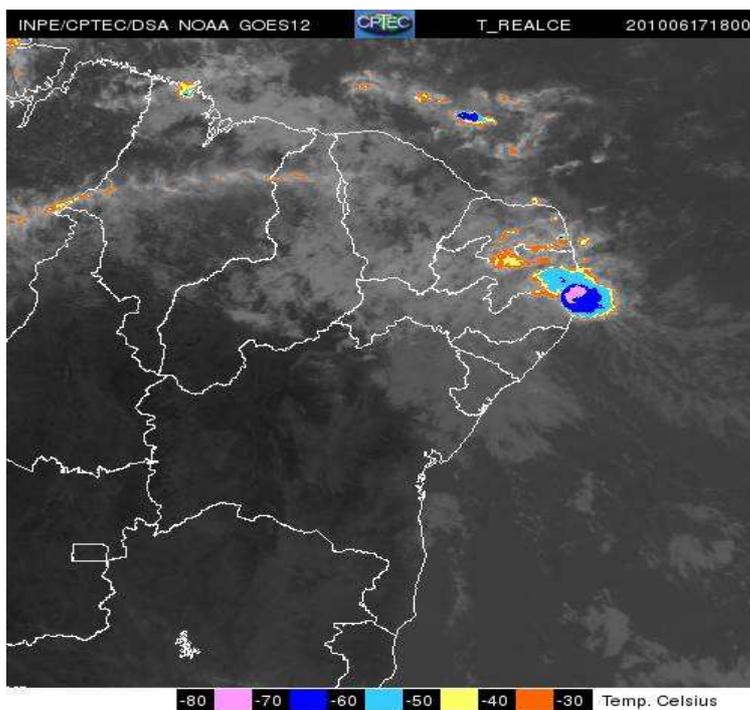


Figura 4 - Imagem do satélite GOES 12 no dia 17 as 18Z

A Figura 5 mostra a precipitação acumulada para Alagoas com valores variando de 25mm a 100mm, onde o modelo simulou para a mesma região(litoral e agreste de Alagoas) valores na ordem de 20 a 90mm, observando assim, que o modelo de mesoescala gerou de forma satisfatória a precipitação, simulando valores e núcleos de chuva muito próximo da observada pela SEMARH.

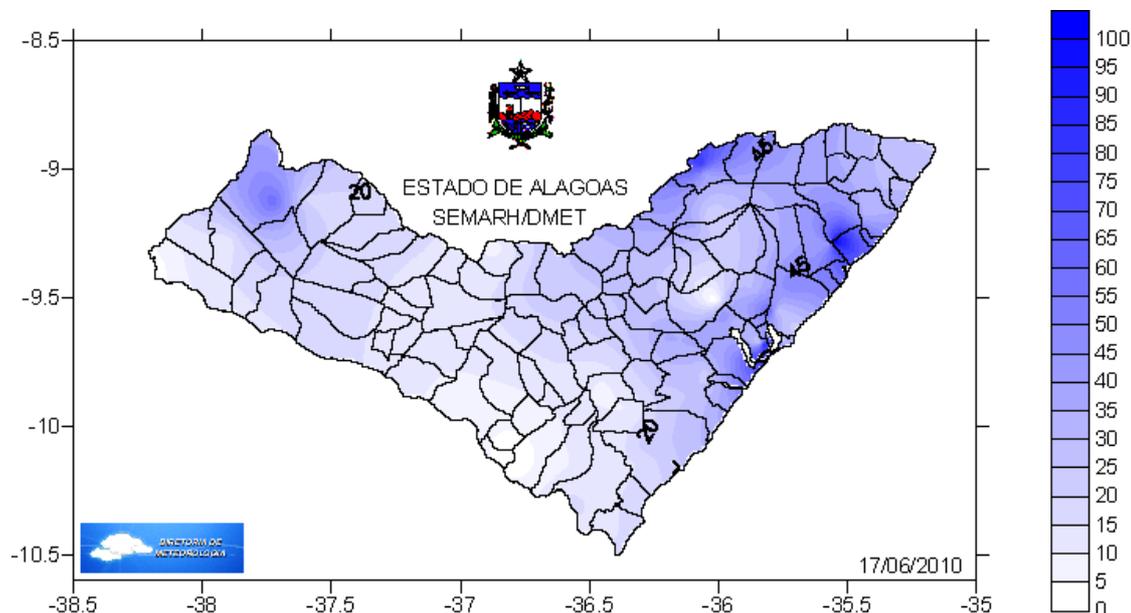


Figura 5 - Precipitação acumulada para o dia 17/06/2010(SEMARH)

As Figuras 6a, 6b, 6c e 6d, mostram uma seqüência de imagens do satélite GOES 12 com uma forte instabilidade que predominou neste período no leste de Pernambuco e nordeste de Alagoas, caracterizando o tempo atual da atmosfera às 22:00 UTC, 22:30 UTC, 23:00 UTC e 23:30 UTC respectivamente, onde verificou-se que as nuvens Cb's se concentraram sobre a Zona da Mata de Pernambuco e Paraíba. Foi observado que o núcleo de chuva que se encontrava sobre o litoral Pernambucano aumentou significativamente de intensidade, causando fortes precipitações na região, na ordem de 80 mm. Baseado nessa informação, e notório observar que estragos causados em Alagoas foram

principalmente devido a que as chuvas que ocorreram na cabeceira dos rios em Pernambuco e que se estenderam pelo nordeste de Alagoas. Assim, as cidades ribeirinhas pertencentes aos estados de Alagoas também foram atingidas, fortemente.

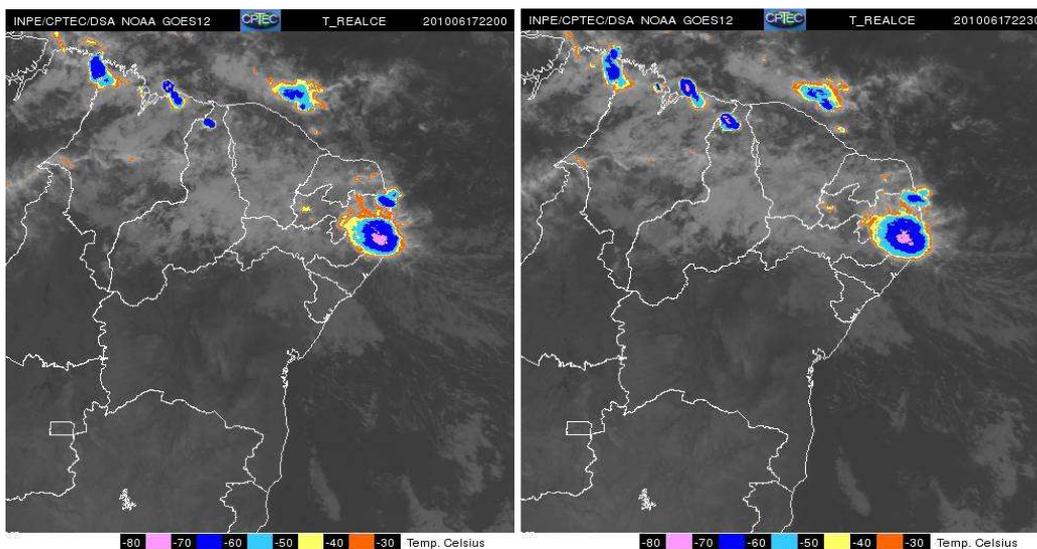


Figura 6a

Figura 6b

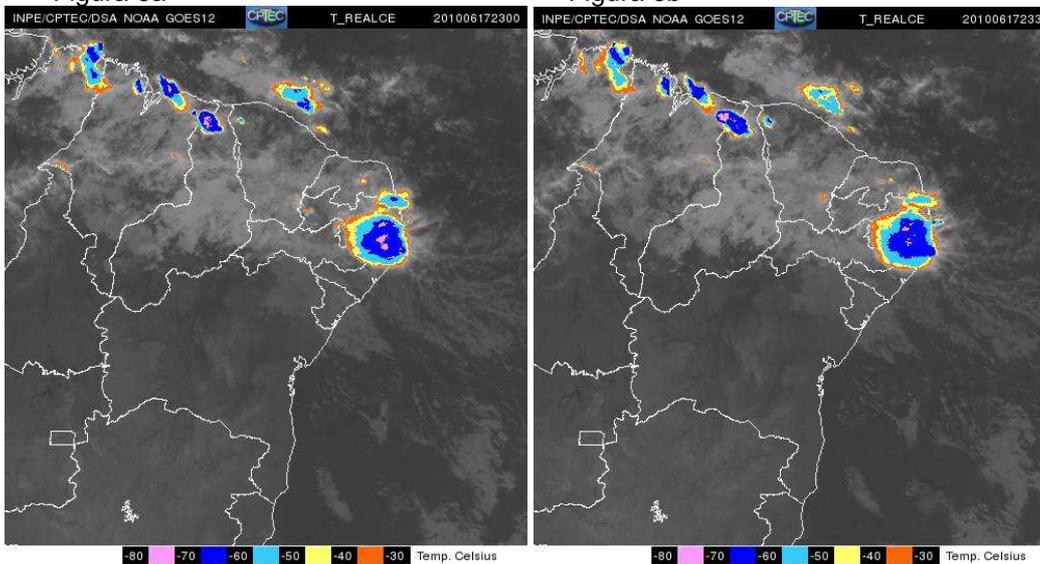


Figura 6c

Figura 6d

De acordo com a imagem da Figura 7, foi possível observar um aumento espacial da precipitação acumulada do dia 18 de junho sobre o território de Alagoas e Pernambuco, quanto a variação temporal, observando-se que a intensidade da chuva aumentou no decorrer do tempo. Ainda de acordo com a Figura 7, verificou-se que os núcleos de maior intensidade de chuva sobre o Estado de Pernambuco, permaneceu com índices pluviométricos de variando de 50 a 80mm.

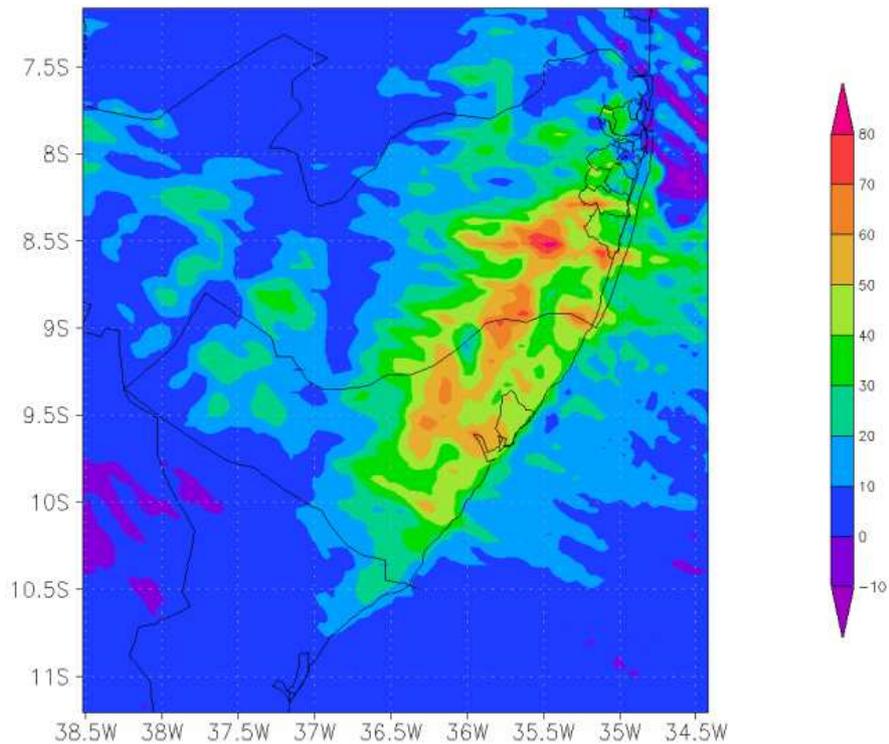


Figura 7 - Precipitação acumulada gerada pelo WRF para o dia 18/06/2010

Os índices de precipitação acumulada simulados pelo modelo são relevantes, pois são considerados altos se comparados com outras series históricas para a mesma região (Zona da Mata de Alagoas e Pernambuco), onde sua intensidade também aumentou nas proximidades das cidades de Garanhuns e Panelas, localizadas no Auto Mundaú, saltando da ordem de 45 mm para 70 mm, o que é condizente com a imagem do Satélite GOES 12 (Figura 8). Foi possível verificar pela imagem de satélite que houve dissipação de nebulosidade, onde podem ser observadas células convectivas Cb's que originaram a CCM deslocando para oeste em direção ao continente.

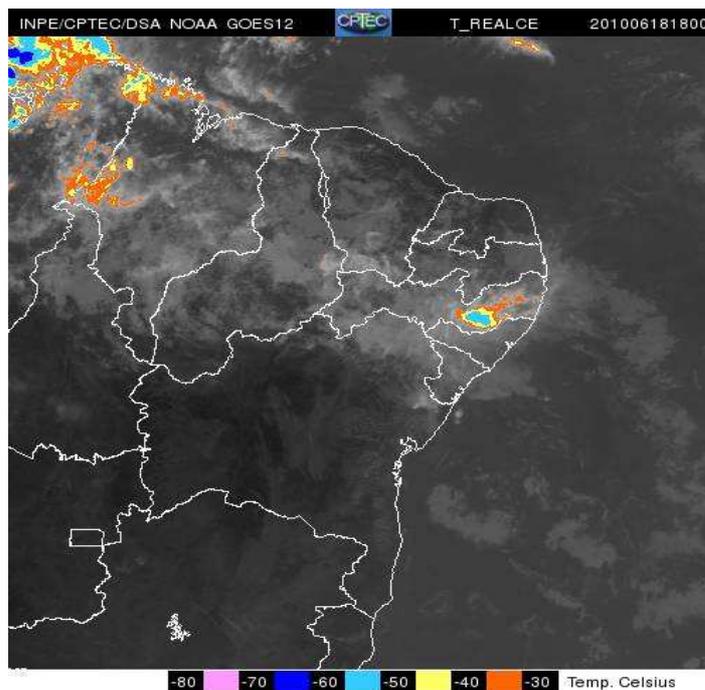


Figura 8 - Imagem do satélite GOES 12 no dia 18 as 18Z

Referente ao mapa de precipitação acumulada, gerado pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH (Figura 9), o modelo interpretou de forma satisfatória os valores de precipitação acumulados entre 60mm e 70mm à montante da Bacia e 40mm e 50mm à jusante, representando confiabilidade do modelo para previsão de eventos com totais pluviométricos extremos.

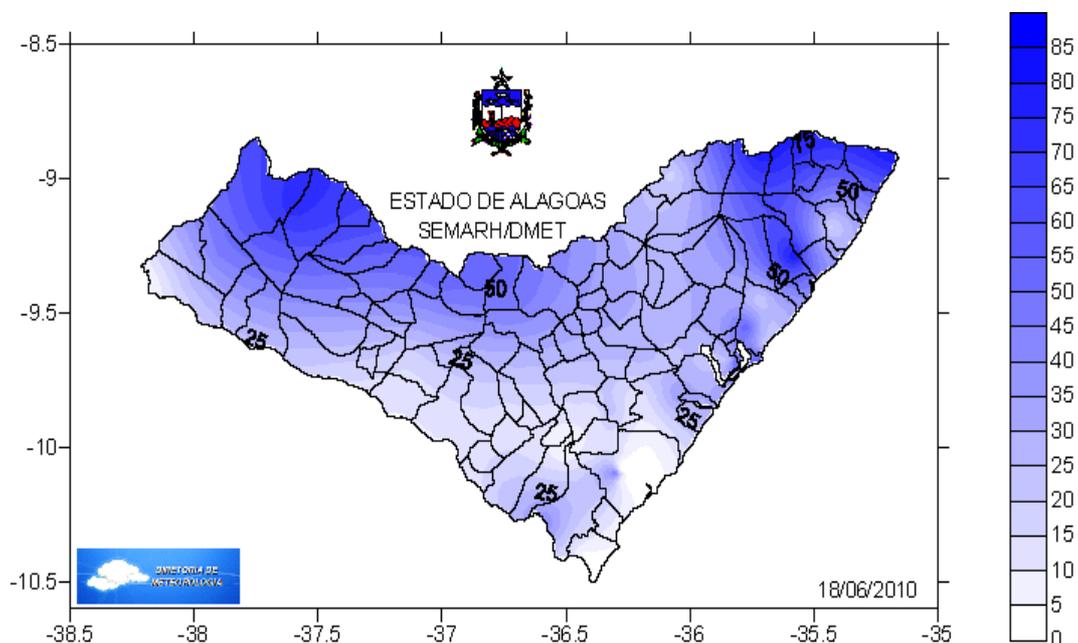


Figura 9 - Precipitação acumulada para o dia 18/06/2010 (SEMARH)

4 CONCLUSÕES

O modelo de meso-escala WRF desempenhou de forma satisfatória o prognóstico de chuva para a bacia do Rio Mundaú, simulando com eficiência a ocorrência de chuvas intensas sobre os Estados de Alagoas e Pernambuco.

O modelo foi eficaz, conseguindo assim, prever com agilidade, a penetração do sistema frontal, que se desenvolveu do Oceano Atlântico em direção a região de estudo (Alagoas e Pernambuco).

Foi possível observar semelhanças entre as imagens geradas pelo WRF, aumentando a credibilidade do modelo, quanto à comparação das imagens do satélite GOES 12. Foi observado que as imagens de satélite foram condizentes com os mapas de precipitação acumulada. A precipitação acumulada em 24 horas pelo modelo foi satisfatória quando comparada a dados reais de precipitação cedidos pelo SEMARH-AL, simulando de forma perfeita ocorrências de precipitação intensa no Nordeste Alagoano e Sudeste Pernambucano.

O modelo atmosférico WRF mostrou-se eficiente para simulação de variáveis como precipitação, podendo ser identificados os sistemas atuantes que acarretam fenômenos adversos, como foi mostrada nos dois casos, a influência de CCM sobre a região estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENOIT, R.; PELLERIN, P. Toward the use of coupled atmospheric and hydrologic models at regional scale. Monthly Weather Review, v. 128, 2000. p. 1681-1706.

DEMIRTAS, M.; NANCE, L.; BERNARDET, L.; LIN, Y.; LOUGHE, A.; MAHONEY, J. L.; GALL, R.; KOCH, S. Quantitative precipitation forecast (qpf) verification of dwfe. In: 21st Conference on Weather Analysis and Forecasting. [S.l.: s.n.], 2005.

DOSWELL III, C.A., BROOKS, H.E., MADDOX, R.A., "Flash-flood forecasting: an ingredients-based methodology". *Weather Forecast.* 11, 360- 381, 1996.

GANGULY, A. R.; BRAS, R. L. Distributed quantitative precipitation forecasting using information from radar and numerical weather prediction models. *Journal of Hydrometeorology*, p. 1168_1180, 2003.

JUNKER, N. W.; SCHNEIDER, R. S.; FAUVER, S. L.; "A study of heavy rainfall events during the great Midwest flood of 1993". *Weather Forecasting*, 14, 701-712, 1999.

KELLY, J., Opportunities for 21st century meteorology: new markets for weather, water and climate information, 2006. Disponível em: www.ametsoc.org/atmospolicy/presforums/albq2001/Kelly.pdf. Acesso em: 03/05/2011 às 19:30h.

NASCIMENTO, E. L., "Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil?" *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 20, p. 121-140, 2005.

PIELKE JR., R. A., CARBONE, R., "Weather impacts, forecasts and policy: an integrated perspective", *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 83, n. 12,(Mar.), pp. 393-402, 2002.

PIELKE JR., R. A., CARBONE, R., "Weather impacts, forecasts and policy: an integrated perspective", *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 83, n. 12,(Mar.), pp. 393-402, 2002.

PIELKE JR., R.A., "Asking the right questions: atmospheric sciences research and societal needs", *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, n. 2 (Feb.), p. 255-264, 1997.

PONTRELLI, M. D.; BRYAN, G.; FRITCH, J. M., "The Madison county , Virginia, flash flood of 27 June 1995", *Weather Forecasting*, 14, p. 384-404, 1999.

SILVA, T. L.; Análise da sensibilidade da parametrização de microfísica e Cumulus do modelo WRF: Estudo de caso dos dias 15 e 16 de Maio de 2009 em Alagoas. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil, Alagoas, Maceió. 2009.