

## **O MODELO ATMOSFÉRICO MM5 NA SIMULAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA ÁREA URBANA DE MACEIÓ E A ZONA DA MATA DE ALAGOAS**

### **THE ATMOSPHERIC MODEL MM5 IN THE SIMULATION OF PRECIPITATION IN THE BASINS OF THE URBAN AREA MACEIÓ AND THE ALAGONA FOREST ZONE**

**Mikael Timóteo Rodrigues<sup>1</sup>**  
**Bruno Timóteo Rodrigues<sup>2</sup>**  
**Jessica Moraes Malheiros<sup>3</sup>**  
**Ricardo Ferreira Carlos de Amorim<sup>4</sup>**  
**Rosiberto Salustiano da Silva Jr.<sup>5</sup>**

**Resumo:** O presente trabalho tem como objetivo avaliar precipitação utilizando o modelo atmosférico de mesoescala MM5, para as bacias hidrográficas urbanas de Maceió e a zona da mata do estado de Alagoas. Modelos atmosféricos são ferramentas computacionais que auxiliam nas previsões de tempo, indicando fenômenos adversos como chuvas intensas, anomalias de temperatura e pressão, entre outros, seus resultados podem ser aplicados a fim de se evitarem perdas nos setores econômicos como agricultura, pecuária, turismo, bem como vidas humanas. Os dias 17 e 18 de Junho de 2010 foram estudados devido às chuvas intensas ocorridas em tais dias, causando prejuízos e desconforto a população. Imagens do Satélite GOES 12 e Mapas de precipitação acumulada da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMARH foram confrontadas às simulações do MM5 para uma melhor visualização dos sistemas presentes na região, dando maior consistência aos resultados obtidos pelo modelo. O modelo se mostrou eficiente na simulação de precipitação para Zona da Mata e bacias na área urbana de Maceió, bem como na simulação de sistemas convectivos atuantes na área de pesquisa.

**Palavras chave:** Chuvas intensas, Imagens de Satélite, Modelo de meso escala

**Abstract:** This study aims to evaluate precipitation using the MM5 mesoscale atmospheric model for basins urban Maceio and the forest zone state of Alagoas. Atmospheric models are computational tools that aid in weather forecasts, indicating adverse phenomena such as heavy rainfall anomalies of temperature and pressure, among others, its results can be applied in order to avoid losses in economic sectors such as agriculture, livestock, tourism, and human lives. 17 to 20 June 2010 were studied due to the intense rains on such days, causing damage and discomfort population. GOES 12 Satellite images and maps of accumulated rainfall of the State

<sup>1</sup> Geógrafo, Mestre em Meteorologia, Doutorando em Agronomia pela UNESP - Campus de Botucatu. E-mail: mikaelgeo@gmail.com;

<sup>2</sup> Geógrafo, Gestor Ambiental, Mestrando em Agronomia pela UNESP – Campus de Botucatu. E-mail: brunogta21@gmail.com;

<sup>3</sup> Zootecnista, Doutoranda em Genética e Melhoramento Animal pela UNESP – Campus de Jaboticabal. E-mail: jessicamalheiros@yahoo.com.br;

<sup>4</sup> Professor Adjunto, ICAT, Universidade Federal de Alagoas. E-mail: rfcamorim@gmail.com;

<sup>5</sup> Professor Adjunto, ICAT, Universidade Federal de Alagoas. E-mail: rosibertoj@gmail.com

Secretariat for the Environment and Water Resources - SEMARH were compared to simulations of MM5 for better viewing of the systems in the region, giving greater consistency to the results obtained by the model . The model is efficient for simulation of precipitation for the Forest Zone and basins in the urban area of Maceió, as well as the simulation of convective systems in the active area of research.

**Keywords:** Heavy rains, Satellite Images, Mesoscale model

## **Introdução**

Embora o público em geral associe Nordeste do Brasil com secas severas, os eventos de tempo ríspidos são recorrentes em sua costa leste (FIALHO, 2012), devido a mecanismos sinóticos como Perturbação Ondulatória no campo dos Alísios (POAs) que confluem com restos de um Sistema Frontais (SF) associadas a Linhas de Instabilidade (LI) e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) sobre o nordeste de Alagoas e sudeste de Pernambuco, ocorrendo assim, tempestades tropicais.

Contudo, 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, 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 e 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).

Devido à necessidade de estimativas em zonas com diferentes topografias, que são mais específicos para cada região, Modelos de mesoescala (mm) foram desenvolvidos, com sistemas especiais de avaliação para previsões localizadas (ONCLEY e DUDHIA, 1995; DUDHIA et al., 2005).

Contudo, o modelo atmosférico MM5 é um modelo de prognóstico. Ele foi desenvolvido no final da década de 70 num esforço conjunto da Penn State University e da NCAR (National Center for Atmospheric Research). O MM5 faz uso de um sistema de coordenadas denominado “coordenadas sigma” (SILVA et al., 2009). Estas são obtidas em função dos níveis de pressão definidos em um dos seus módulos. As coordenadas sigma acompanham a topografia da região em estudo.

### **Período e localização da área de estudo**

A Zona da Mata de Alagoas é a maior e a mais populosa mesorregião do estado, constituída de seis microrregiões, com 52 municípios no total. Nessa mesorregião encontra-se a cidade de Maceió e suas bacias hidrográficas urbanas (Figura 1). O Município de Maceió situa-se na parte central da faixa litorânea do estado de Alagoas estendendo-se entre os paralelos 09°21'31" e 09°42'49" latitude sul e os meridianos 35°33'56" e 35°38'36" de longitude oeste.



Figura 1: (A) Mapa de localização da mesorregião da Zona da Mata. (B) Região metropolitana de Maceió.

Para realização desse trabalho foram considerados os dias 17 e 18 de Junho 2010 devido totais pluviométricos extremos nesta data, onde o número de pessoas atingidas elevado, com milhares de desabrigados e desalojados atingidos pelas enchentes. Para a análise dos totais pluviométricos simulados pelo MM5 foram efetuadas comparações entre Imagens do Satélite GOES 12 e Mapas de precipitação acumulada da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) para o mesmo período de estudo.

### **Análises de chuvas intensas para o período estudado**

As imagens do satélite GOES 12 do canal Infravermelho e suas imagens realçadas – cedidas pela Divisão de Satélites Ambientais (DGA) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - foram utilizadas para análise de mecanismos sinóticos causadores de chuva intensa na costa leste do Nordeste Brasileiro, especialmente sobre o Estado de Alagoas, onde está localizada o município de Maceió e suas respectivas bacias hidrográficas urbanas e a Zona da Mata ao leste do Estado.

### **Configurações do modelo de Atmosférico MM5**

A estrutura clássica do modelo de mesoscala MM5, descrita por Dudhia et al (2005), foi adaptada para executar apenas os módulos de pré-processamento TERRAIN, REGRID, INTERPF, de processamento MM5 e de pós-processamento MM5toGRADS, de tal forma que o esquema de configuração para o MM5 encontra-se como exposto na Figura 2.

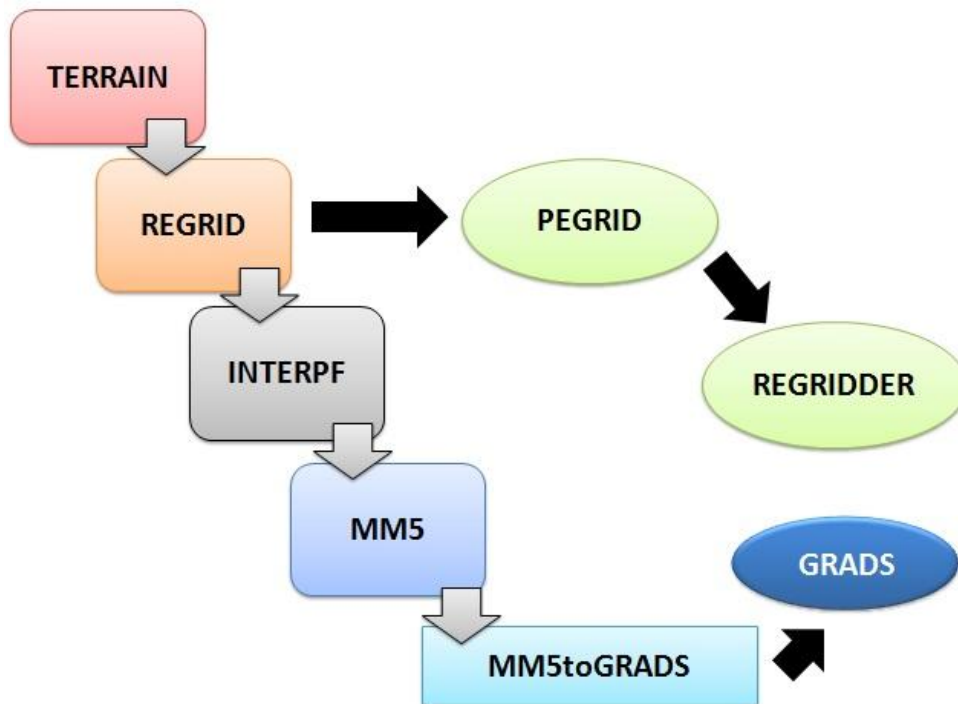


Figura 2: Diagrama representativo dos módulos do modelo MM5

As imagens de precipitação acumulada geradas pelo MM5, visualizadas através do GRADS, foram geradas nos horários de 00:00UTC, 06:00UTC, 12:00UTC e 18:00UTC para verificação dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's) sobre a região da Bacia do Rio Mundaú.

O MM5 foi configurado para gerar 1 domínio entre 43°W e 29°W, 5°S e 14°S, conforme é mostrado na Figura 3, devido a CCM's, que se desenvolvem a ponto de atingir grandes áreas, portanto se tornaria inviável a visualização da precipitação apenas sobre a região metropolitana de Maceió e suas respectivas bacias urbanas.

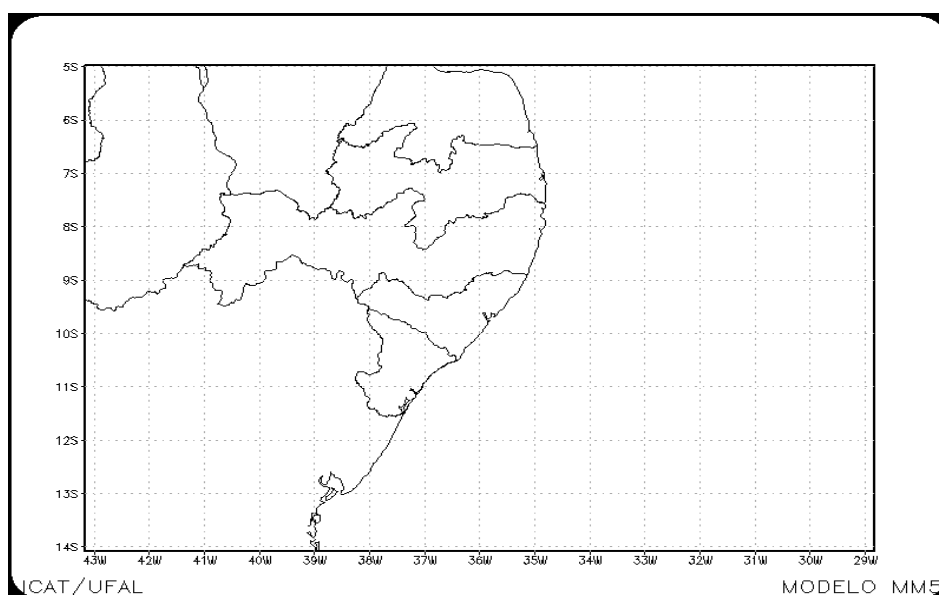


Figura 3: Domínio utilizado no MM5

## Descrições do Modelo MM5

O Modelo atmosférico MM5 consiste em um Modelo meteorológico de mesoescala desenvolvido pela Penn State University em conjunto com o NCAR (National Center for Atmospheric Research), encontra-se na quinta geração de uma série de modelos atmosféricos de área limitada utilizado na previsão operacional do tempo. Foi desenvolvido para simular ou prever circulação atmosférica de escala regional e de mesoescala. (Dudhia e Bresch, 2002). O MM5 é dividido em módulos de pré-processamento, processamento e pós-processamento. No primeiro, foram escolhidos os dados de entrada utilizados na simulação. O processamento é responsável pelo tratamento dos dados meteorológicos selecionados no pré-processamento. O pós-processamento gerou a visualização em mapas, gráficos ou valores numéricos dos resultados obtidos pelo modelo.

## Dados de entrada

O modelo MM5 recebe como dados de entrada, variáveis meteorológicas como TSM (Temperatura da superfície do Mar), dados de ventos, entre outros, que podem ser de origens observacionais de superfície e de altitude, saídas de outros modelos numéricos e também produtos obtidos por meio de informações de satélites meteorológicos (CORREIA, 2005; SILVA, 2009). Os dados selecionados para esta pesquisa foram do tipo FNL (NCEP Final Analyses), referentes aos dados de Reanálise. Possuem 1 grau de resolução e suas saídas são geradas de seis em seis horas. Dados FNL, são utilizados para testes de parametrizações e calibração do modelo, estes dados estão disponíveis na página do UCAR pelo site: <https://dss.ucar.edu/datazone/dsszone/ds083.0/datasets>.

## Resultados e Discussão

A Figura 4, consiste no resultado da simulação feita entre 00:00 UTC e 23:00 UTC correspondente ao acumulado precipitado nas 24 horas do dia 17 de Junho, onde pode ser observado a ocorrência de precipitação na ordem de 35 a 65 mm em boa parte da Zona da Mata e todo Litoral Alagoano, onde encontra-se as bacias hidrográficas urbanas de Maceió.

Esses resultados podem ser melhor caracterizados por meio da Figura 5 (A) e 5 (B), na qual são demonstrados por meio da imagem de satélite GOES 12, às 18:00 UTC (Figura 5 A) e 23:00 UTC (Figura 5 B) respectivamente, uma instabilidade atmosférica, gerando um grande sistema convectivo sobre a região estudada e o seu entorno.

Sobre a grade de simulação, foi caracterizado pelo MM5, um volume alto e intenso de chuva dentro das 24 horas, podendo ser ajustado à imagem do GOES 12, onde é observado um Sistema Frontal (SF), caracterizado pelo encontro de duas massas de ar distintas associado às Linhas de Instabilidade (LI), onde essas áreas instáveis contribuíram significativamente para alagamentos, inundações bruscas (enxurradas), ventos fortes e outros desconfortos aos sistemas sociais alocados nas bacias urbanas.

O mês de junho acumula em média 298,3 mm na parte central da faixa litorânea do estado de Alagoas, o que reafirma esse tipo de sistema como causador de chuva extrema durante este período, em particular nas bacias urbanas do Riacho

do Reginaldo e do Rio Jacarecica. Na Zona da Mata alagoana, e no litoral norte os acumulados foram bem menores, com 36,2 e 42 mm, respectivamente, pois o setor nordeste de Alagoas é que foi o mais atingido, sobretudo, pela vulnerabilidade dos seus sistemas sociais associados às características geoambientais e sócio-econômicos, devido ao crescimento populacional, segregação sócio-espacial (aumento das favelas e bolsões de pobreza) e a acumulação de capital em áreas de risco (ocupação da zona costeira).

As inundações bruscas (enxurradas) ocorrem associadas a elevados índices de precipitação ( $> 25$  mm/h) como geralmente ocorre na região metropolitana de Maceió e todo seu entorno na Zona da Mata no período de inverno devido aos sistemas causadores de instabilidade atmosférica, e por sua vez esse eventos extremos são altamente perigosos e destrutivos (DOSWELL et al., 1996; MARCELINO et al., 2004).

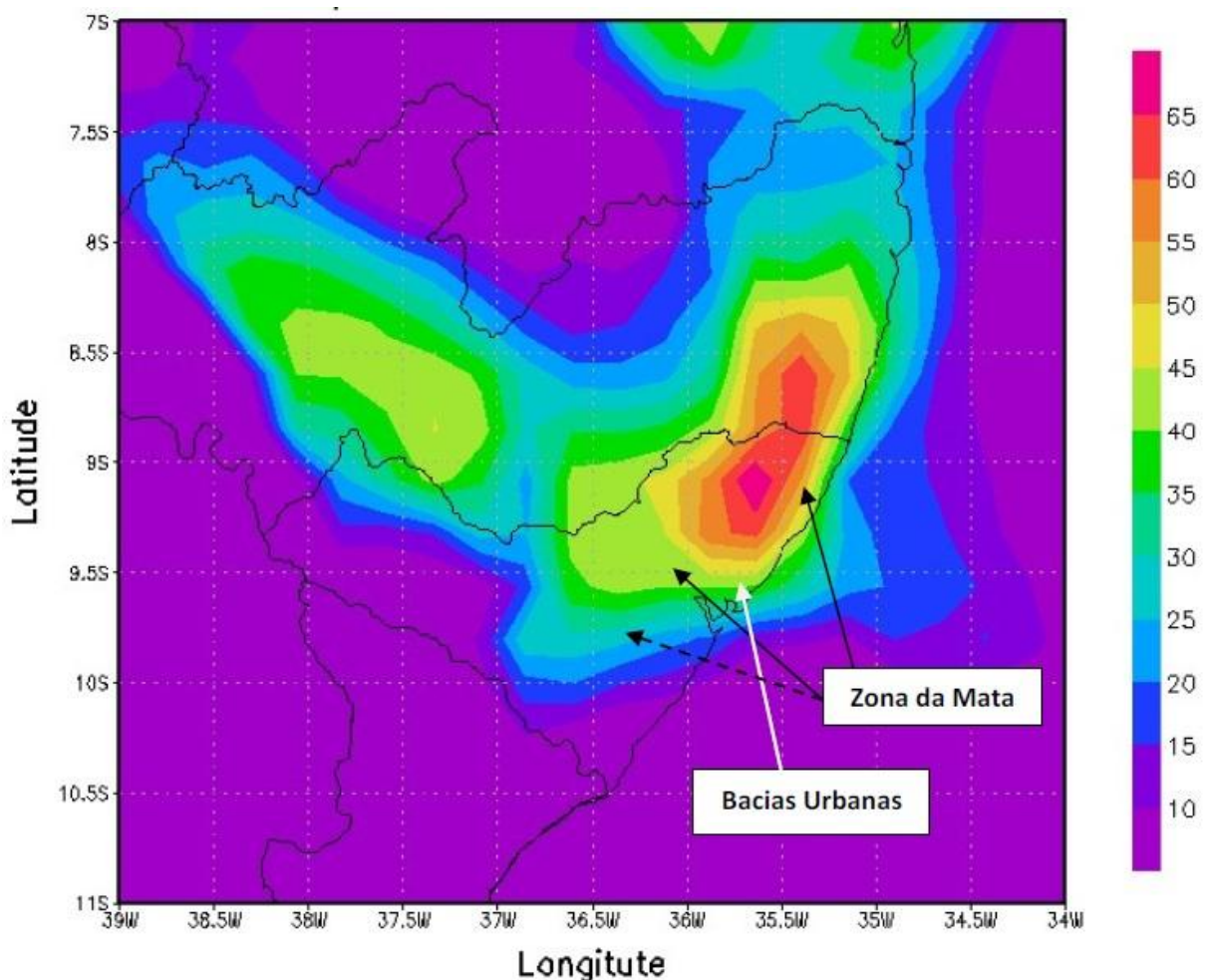


Figura 4: Mapa de Precipitação acumulada gerado pelo MM5 para o dia 17

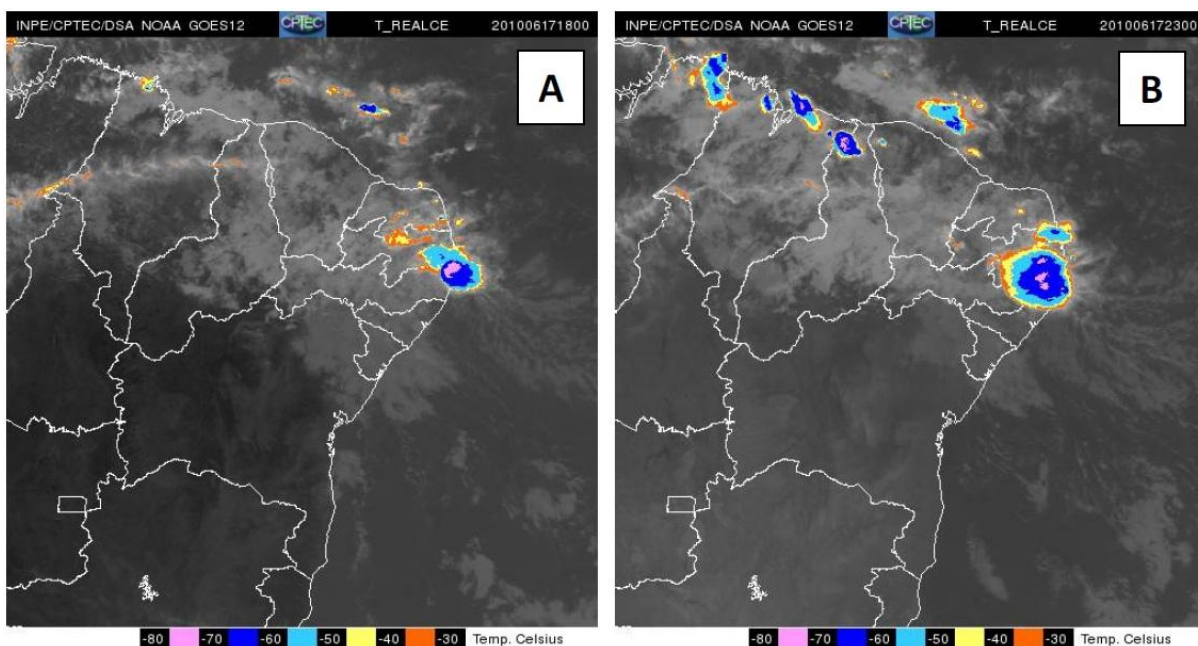


Figura 5: Imagem do satélite GOES 12 no dia 17 de Junho as 18:00 e 23:00 UTC

O modelo também foi eficaz com o mapa de precipitação acumulada gerado pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH-AL) (Figura 6), com índices medidos das estações meteorológicas do INMET, onde a precipitação acumulada para todo Estado de Alagoas variou entre 20 mm e 100 mm onde o modelo atmosférico MM5 simulou para faixa central do Litoral de Alagoas e a Zona da Mata, valores na ordem 25 mm a 65 mm, bem como os índices apontados pela SEMARH-AL para mesma região (parte central da faixa litorânea do estado de Alagoas) com valores mínimos de precipitação entre 20 e 25 mm e máximos de 65 a 70 mm. Desta forma, o MM5 simulou valores e núcleos de chuva em escala temporal e espacial muito próxima da realidade, condizentes com os índices reais observados pela SEMARH-AL.



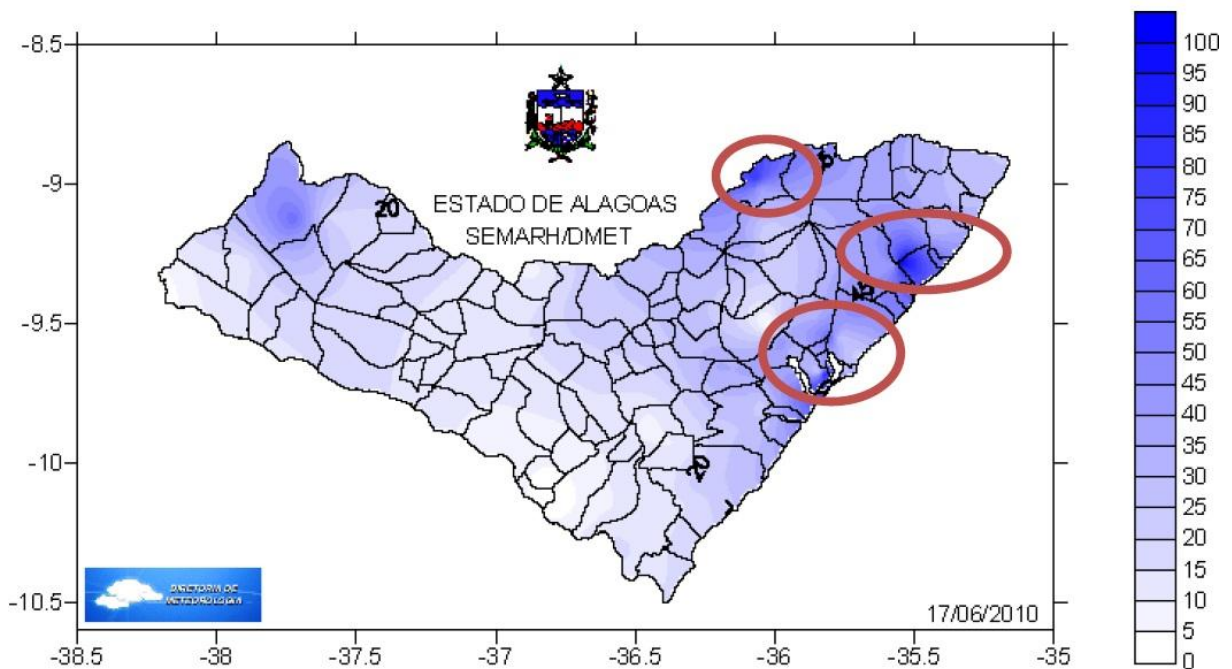


Figura 6: Precipitação acumulada para o dia 17. Fonte: Adaptado do SEMARH-AL

Na Figura 7 pode ser observado uma seqüência de imagens do satélite GOES 12 com uma forte instabilidade atmosférica, acarretando em um sistema de baixa pressão que predominou, neste período, sobre o leste de Pernambuco e Zona da Mata no nordeste de Alagoas, onde se verificou um sistema Convectivo Isolado (CI), ocasionando assim a formação de nuvens profundas conhecidas como Cumulonimbus (Cb's) através de processos convectivos de ascensão de ar quente e úmido, onde as mesmas se concentraram sobre a Zona da Mata de Pernambuco e Paraíba e os resquícios do Sistema Frontal associados ao sistema Convectivo Isolado produziu chuvas intensas ao atingir a faixa central da costa de Alagoas e suas respectivas bacias urbanas na região metropolitana de Maceió.

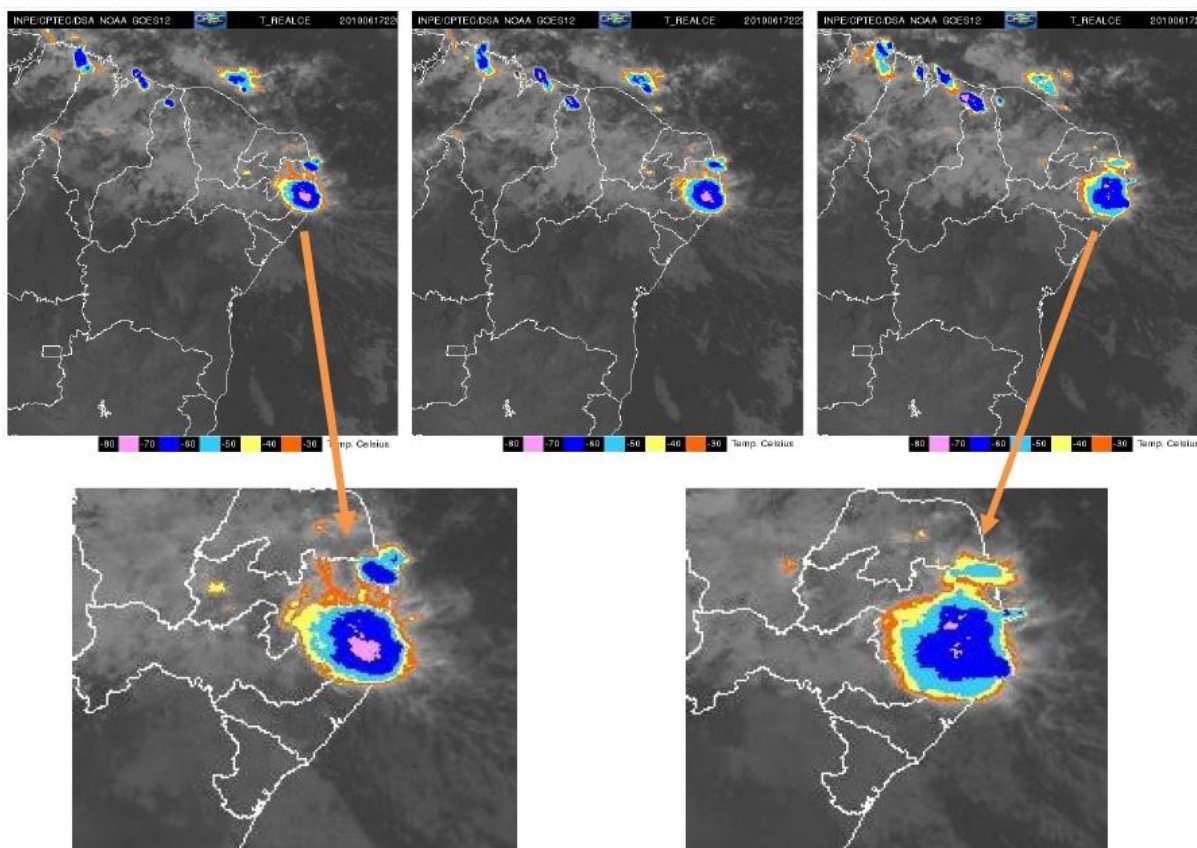


Figura 7: Seqüência de imagens do satélite GOES 12

Para a precipitação acumulada referente ao dia 18 de Junho (Figura 8) o modelo atmosférico MM5 simulou um aumento espacial da chuva sobre boa parte da costa do Nordeste, especialmente no território alagoano e pernambucano. Com relação a esse acréscimo da variação espacial a chuva alcançou o extremo Agreste de Alagoas e Pernambuco dentre outras regiões, bem como a variação temporal da precipitação aumentou o seu volume com o transcorrer do tempo, porém, seu núcleo de chuva com maior intensidade sobe faixa central da costa de Alagoas e suas respectivas bacias urbanas, permaneceu com valores pluviométricos entre 20 mm e 60 mm, bem como uma variação de 6 mm no sul da Zona da Mata alagoana até 65 mm no extremo nordeste de Alagoas.

A simulação de chuva do MM5, confrontado com as imagens do satélite GOES 12 (Figura 9), pode-se verificar que as parametrizações configuradas no MM5 foram satisfatórias, conseguindo detectar precipitação quantitativa e espacialmente semelhante às estimadas pelo Satélite e pelos dados de precipitação da SEMARH-AL (Figura 10), o que é bastante interessante, já que devido à natureza caótica dos sistemas atmosféricos, os modelos numéricos de previsão do tempo tendem a apresentar desvios significativos no que diz respeito às condições reais da zona de previsão (SILVA et al., 2009; RODRIGUES, 2012), uma vez que as estimativas em zonas com diferentes topografias, são mais específicas para cada localidade (RODRIGUES et al., 2010).

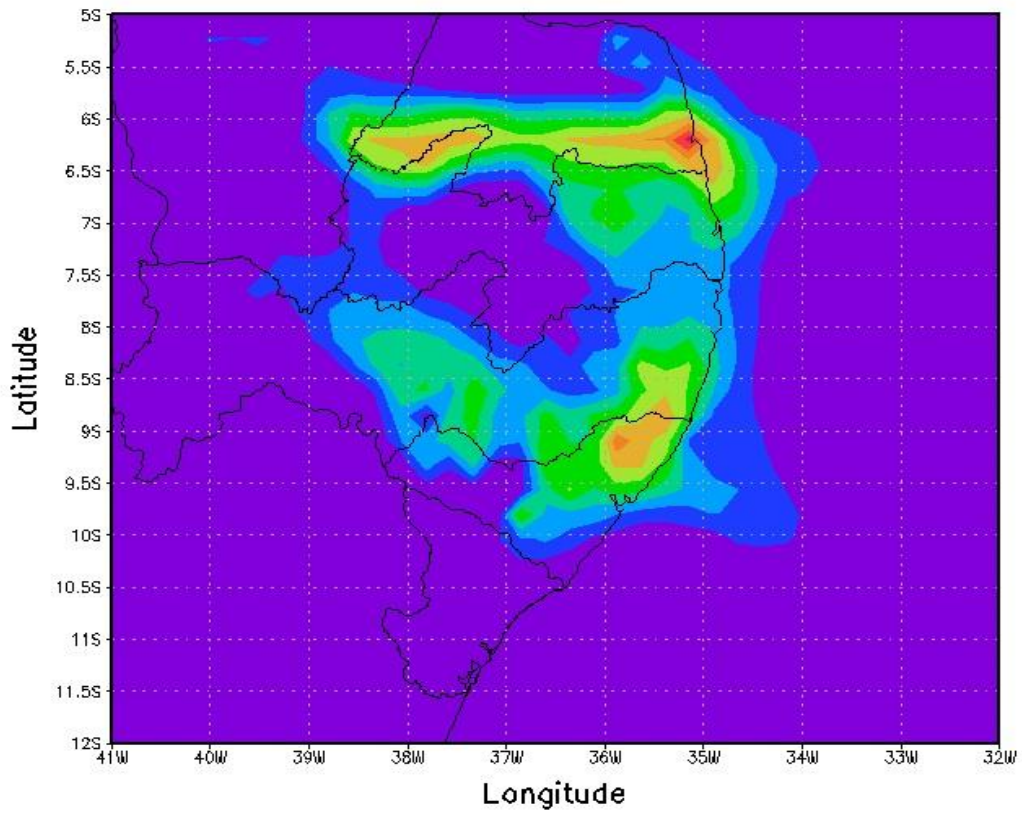


Figura 8: Mapa de Precipitação acumulada gerado pelo MM5 para o dia 18

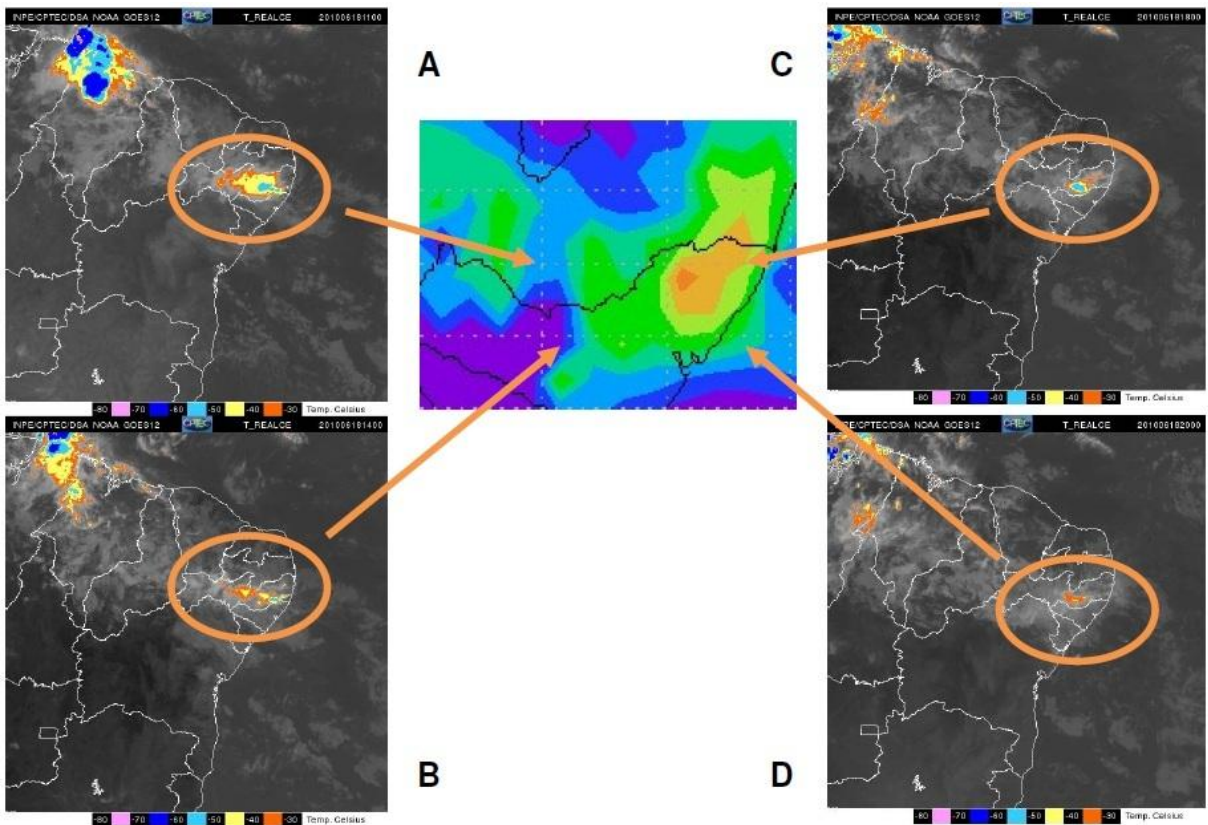


Figura 9: Seqüência de imagens do satélite GOES 12 no dia 18 de Junho

Ainda com base na seqüência de imagens do satélite GOES 12, que fazem referência a precipitação do dia 18 de Junho, o comportamento do modelo atmosférico MM5 frente ao prognóstico de chuva para área estudada foi condicionado à dispersão do Complexo Convectivo de Mesoescala, onde 11:00 UTC (Figura 9 “A”) o sistema ainda continuava atuante sobre os Estados de Alagoas e Pernambuco, sobretudo na Zona da Mata e Litoral Norte alagoano atingindo por restos do sistema trazidos pelos Alísios. Na Figura 9 (“B”, “C” e “D”) o sistema convectivo começa a se apassivar, havendo dissipação de nebulosidade, com células de Cumulonimbus (Cb’s) que deram origem ao CCM (VAREJÃO, 2005) deslocando-se em direção ao continente, portanto, devido a esse comportamento o MM5 simulou uma menor variação quantitativa de chuva para o acumulado do dia 18.

Com relação ao a precipitação acumulada gerada pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH (Figura 10), o modelo interpretou de forma satisfatória os valores acumulados de precipitação máxima de 60 a 80 mm ao norte da Zona da Mata (1), entre 30 e 50 mm na faixa central do litoral junto às bacias urbanas (2). Já no sul da Zona da Mata (3) os índices observados foram na ordem de 10 a 15 mm, onde esses índices são condizentes com a realidade, vinculados aos totais pluviométricos da SEMARH-AL.

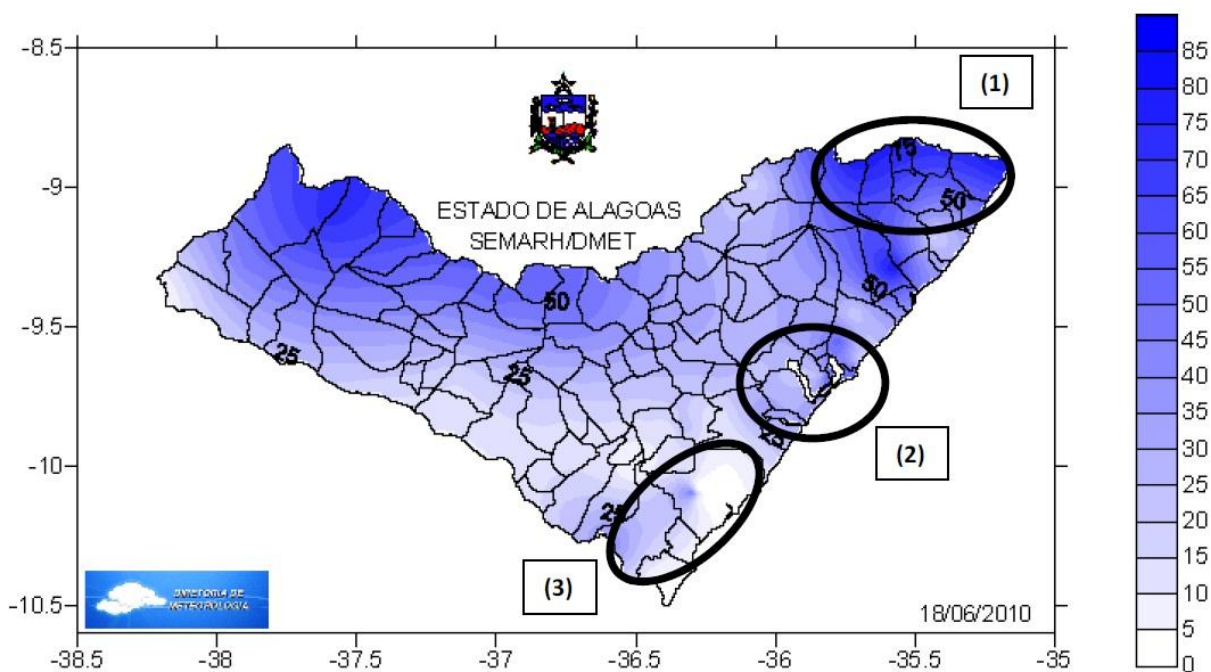


Figura 10: Precipitação acumulada para o dia 18. Fonte: Adaptado do SEMARH-AL

## Conclusão

O modelo atmosférico MM5 desempenhou com eficiência a simulação de chuvas intensas para a Zona da Mata de Alagoas e as bacias hidrográficas urbanas da cidade de Maceió, antevendo com eficácia a ocorrência dos núcleos de precipitação, conseguindo assim, enxergar a penetração do Sistema Frontal (SF) associado a Linhas de Instabilidade (LI), que se desenvolveu no Oceano Atlântico e se deslocou em direção a área de estudo e todo seu entorno.

Foi possível observar semelhanças entre as imagens dos resultados simulados pelo MM5 quanto ao confronto com as imagens do GOES 12, assim, aumentado a credibilidade do modelo, onde foi observado que as imagens de satélite foram condizentes com os mapas de precipitação acumulada gerado pelo modelo atmosférico. A precipitação acumulada em 24 horas foi satisfatória quando comparada a dados reais de precipitação cedidos pelo SEMARH-AL, simulando de forma realista as ocorrências de precipitação intensa na Zona da Mata e na parte central da faixa litorânea do estado de Alagoas.

O modelo atmosférico MM5 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

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

CORRÊA, E. B. **Análise da Sensibilidade dos Resultados do Modelo MM5 à Diferentes Modelagens dos Fluxos Turbulentos na Camada Limite Atmosférica.** 2005. 55 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Meteorologia) - Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

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

DOSWELL, C. A.; BROOKS, H. E., MADDOX, R. A. **Flash flood forecasting: an ingredients-based methodology.** Weather and Forecasting, v. 11, p. 560-580, 1996.

DUDHIA, J.; GILL, D.; GUO, Y. R.; MANNING, K.; WANG, W. **PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide (MM5 Modeling System Version 3).** Mesoscale and Microscale Meteorology Division. National Center for atmospheric Research, Boulder Co. USA. 2005.

DUDHIA, J.; BRESBH, J. F. **Global Version of the PSU-NCAR Mesoscale Model.** American Meteorological Society Journal, v. 130, p. 2989-3000. 2002.

FIALHO, W. B. **Eventos extremos na costa leste do Nordeste.** 2012. 74 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2012.

GANGULY, A. R.; BRAS, R. L. **Distributed quantitative precipitation forecasting using information from radar and numerical weather prediction models.** Journal of Hydrometeorology, v. 89, p. 1168-1180, 2003.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Divisão de Satélites Ambientais: Acervo de imagens**. 2013. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>. Acesso em: 03 set. 2013.

JUNKER, N. W.; SCHNEIDER, R. S.; FAUVER, S. L. **Study of heavy rainfall events during the great Midwest flood of 1993**. Weather Forecasting, v.14, p. 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](http://www.ametsoc.org/atmospolicy/presforums/albq2001/Kelly.pdf)>. Acesso em: 03 set. 2013.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBAYAMA, M. **Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais**. Caminhos de Geografia, v.6, n.19, p. 130-149, 2006.

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.

ONCLEY, S. P., DUDHIA, J. **Evaluation of surface fluxes from MM5 using observations**. American Meteorological Society Journal. v. 123, p. 3344-3357. 1995.

SILVA, T. L. D. V. **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**. 2009. 85 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia) - Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas. Maceió. 2009.

SILVA, O. D.; MEZA, J. F.; VARAS, E. **Uso del Modelo MM5 Como preditores de variáveis Meteorológicas y de interés agroclimático**. Ciencia e Investigación Agraria, v. 36, p. 369-380. 2009.

SEMARH-AL. **Dados diários de chuva. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos; Banco de Dados Hidrometeorológicos - BDHM; Diretoria de Meteorologia – DMET**. Maceió. 2011.

PIELKE JR., R. A.; CARBONE, R. **Weather impacts, forecasts and policy: An integrated perspective**. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 83, p. 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, p. 255-264. 1997.

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

RODRIGUES, M. T.; MARCCHI, A. C.; AMORIM, R. F. C.; SILVA JUNIOR, R. S. **Comparação entre os Modelos de Mesoescala WRF e MM5 na simulação de precipitações ocorridas nos Estados de Alagoas e Pernambuco.** V Congresso de Engenharia Ciências e Tecnologia. 2010, Maceió, AL. Anais... Maceió: UFAL, 2010, p. 89.

RODRIGUES, M. T. **Acoplamento do Modelo Hidrológico MGB ao Modelo Atmosférico WRF visando estimar vazão na Bacia do Rio Paraíba do Meio – AL/PE.** 2012. 101 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2012.

VAREJÃO SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** 2. ed. Recife: Editora Pax Gráfica, 2005. 532 p. 2 CD-ROM.