

ESTUDO DOS IMPACTOS DAS DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES DE CONVECÇÃO DO MODELO ETA WORKSTATION PARA EVENTOS SEVEROS: UM ESTUDO DE CASO DE CHUVA INTENSA SOBRE O VALE DO PARAÍBA – SÃO PAULO E LITORAL SUL DO RIO DE JANEIRO

Kelen Martins Andrade¹, Philipp Silva¹, Rildo Moura,¹Naiane Araujo¹, Pablo Reyes Fernandez¹

¹CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista, SP, Brasil, kelen.andrade@cptec.inpe.br

Resumo

Neste trabalho foi feito uma breve avaliação da previsibilidade da precipitação do modelo ETA operacional e o ETASWorkStation com diferentes esquemas de parametrização convectiva Betts-Miller-Janjic (BMJ) e Kain-Fritsch (KF), para um caso de precipitação intensa ocorrida, aproximadamente, entre os dias 27 e 31 de dezembro de 2009 na Região Sudeste do Brasil. O modelo com parametrização *BMJ* e *KF* subestimou as chuvas de intensidade forte e moderada e superestimou às de intensidade fraca. As simulações com *KF* obtiveram melhores desempenhos para as chuvas moderada e forte, inclusive com indicativo de volume de chuva muito próximo ao real para o litoral sul do Rio de Janeiro. Apesar de nenhum dos esquemas ser melhor do que o outro, em todos os parâmetros analisados pode-se concluir que o ETA operacional embora não indicasse um volume significativo de chuva, apresentou padrões sinóticos na coluna troposférica e a distribuição da precipitação em superfície mais próximo do real.

Palavras chave: parametrização da convecção, modelo ETA

REVIEW OF THE IMPACTS FROM DIFFERENT CONVECTION PARAMETERIZATIONS OF THE ETA MODEL TO SEVERE EVENTS: A CASE STUDY OF HEAVY RAIN ON THE VALE DO PARAÍBA - SÃO PAULO AND THE SOUTH COAST OF RIO DE JANEIRO.

Abstract

In this work was made a brief review of the precipitation predictability with ETASWorkStation and operational model ETA with different convective parameterization schemes (Betts-Miller-Janjic (BMJ) and Kain-Fritsch (KF)) for a case of intense precipitation which occurred approximately between 27 – 31 December, 2009, in southeastern Brazil. The BMJ and KF parameterizations underestimated the rainfall intensity and overestimated high and moderate to weak intensity. The simulations showed better results with KF to moderate and strong rains, including indicative of rainfall on coast south of Rio de Janeiro. Although the schemes do not show large improvements, based on the analyzed parameters can conclude that ETA had operating column tropospheric synoptic patterns and the distribution of precipitation on the surface closest to the real, however, did not indicate a significant amount of rain.

1. Introdução

Durante a última semana de dezembro de 2009, aproximadamente entre os dias 27 e 31, fortes chuvas castigaram várias localidades do cone leste de São Paulo (SP) e do sul do Estado do Rio de Janeiro (RJ). As áreas mais afetadas se concentraram sobre a região do Vale do Paraíba, os subúrbios da capital fluminense e sobre áreas de serra e litoral do sul do Estado do RJ. As chuvas mais significativas e mais persistentes ocorreram entre os dias 30 e 31, onde em algumas localidades o total diário de chuva registrado ultrapassou a metade do esperado para todo o mês de dezembro. O fenômeno meteorológico provocou importantes danos materiais além de perdas de vidas humanas. Uma das cidades mais atingidas no Estado de SP foi São Luís do Paraitinga, onde o rio Paraitinga inundou a cidade, deixou desabrigados e destruiu patrimônios históricos da cidade. No Vale do Paraíba as chuvas elevaram no nível do rio Paraíba do Sul e causou alagamentos em cidades como Guaratinguetá e Aparecida do Norte. Este excesso de chuva causou deslizamento de encostas em Cunha e uma catástrofe no RJ, em Ilha Grande – Angra dos Reis, onde houve deslizamento de terra que causou a morte de cerca de 30 pessoas. Houve problemas em várias estradas, sobretudo nas estradas de acesso ao litoral norte paulista e litoral sul fluminense.

Durante o verão os fenômenos de tempo severo são frequentes sobre boa parte do centro-sul do Brasil. Isto acontece devido à combinação de dois fatores fundamentais: calor e umidade.

Os modelos numéricos de tempo têm certa limitação em prever com antecedência a ocorrência de tempo severo, especialmente quando se refere ao valor total de chuva acumulada.

O modelo utilizado neste estudo foi o regional Eta. Este modelo foi desenvolvido pela Universidade de Belgrado em conjunto com o Instituto de Hidrometeorologia da Iugoslávia, e se tornou operacional no National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (Mesinger et al., 1988; Black, 1994). Um dos objetivos do uso de um modelo regional é prever com maiores detalhes fenômenos associados a frentes, orografia, brisa marítima, tempestades severas, etc., enfim, sistemas organizados em mesoescala (Chou, 1996).

Diante disso, o objetivo deste trabalho é verificar diferentes parametrizações do modelo regional ETA e identificar qual delas simulou um acumulado mais próximo do volume observado.

3. Dados e metodologia

Os experimentos discutidos neste trabalho foram realizados para um caso de evento extremo de chuva ocorrido no dia 31/12/2009 na região do Cone Leste paulista e sul do RJ. As simulações foram efetuadas com tempo de integração de 72 horas.

Neste estudo foi utilizada a versão operacional do modelo ETA (ETAOP) e a versão Workstation (ETAWS) com 38 camadas na vertical. No modelo ETAWS os processos radiativos seguem o esquema de Lacis e Hansen (1974) e o de Fels e Schwarzkopf (1975) para o cálculo da radiação de onda curta e de onda longa, respectivamente. Os processos de superfície são resolvidos pelo esquema NOAH (4 camadas) enquanto o ETAOP utiliza o esquema da Oregon State University (OSU - 2 camadas). Os processos da camada limite e superficial seguem o esquema de Mellor e Yamada (1974). Em relação à parametrização de precipitação de escala convectiva o modelo tem duas parametrizações de convecção: Betts-Miller-Janjic (Janjic, 1994) e Kain-Fritsch. A microfísica segue o esquema descrito por Ferrier et al. (2002), um esquema mais sofisticado que o do ETA operacional. Para este estudo usou-se como forçante tanto na condição inicial quanto nas fronteiras a reanálise do NCEP/NCAR e fronteira do modelo global do CPTEC T213L42 a cada 6 horas. Para o modelo regional ETA, foram utilizados os esquemas de convecção de Betts-Miller-Janjic, que é usado atualmente na versão operacional (Betts-Miller, 1986; Janjic, 1994). Para o experimento realizado com o ETAWS utilizou-se os esquemas de convecção Betts-Miller-Janjic e Kain-Fritsch e rodou-se o modelo com 72 horas de antecedência do evento (29/12/2009 – 00Z), com o intuito de comparar qual a versão e o esquema de parametrização que melhor simulou o evento extremo.

Para a realização das avaliações, foram feitos experimentos com três diferentes configurações, comparando-os com os campos de precipitação gerados a partir da composição de dados observados (Surface Synoptic Observations-SYNOP) com dados de estimativa de satélite (Tropical Rainfall Measuring Mission-TRMM), chamado MERGE.

Para as análises foram confeccionados figuras com os campos de pressão ao nível médio do mar e precipitação, escoamento em níveis médios e altos da atmosfera. Foi feito também figuras com o erro médio da precipitação para os esquemas simulados.

4. Resultados e discussões

Uma análise sinótica mais detalhada mostrou em superfície a presença de uma ampla área de baixa pressão relativa sobre grande parte dos estados da Região Sul do Brasil e dos Estados de SP e RJ, prevalecendo durante o período compreendido entre os dias 26 e 31 de dezembro. Este sistema de baixa pressão em superfície contribuía para acrescentar a convergência de massa nas camadas baixas e facilitando em consequência o mecanismo de levantamento sobre toda esta ampla área, especificamente sobre os Estados de SP e RJ (figura 1).

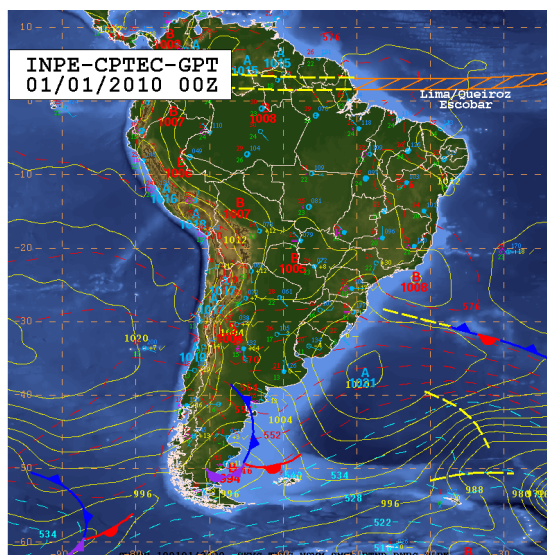


Figura 1: *Análise sinótica de superfície do dia 01/01/2010 às 00Z.*

A estrutura vertical deste sistema era praticamente barotrópica, sendo que sua camada inferior (espessura 500/1000) não mostrava um núcleo tipicamente frio, característico de um típico ciclone extratropical. Na alta troposfera, observada através da espessura 300/600, este sistema mostrava um núcleo relativamente frio, porém de fraca intensidade. Desta forma o sistema de baixa pressão apresentava características subtropicais.

Este ciclone acoplava-se com um sistema frontal frio localizado no oceano, determinando um fluxo convergente em direção ao litoral de SP e do RJ. No decorrer desse dia e na madrugada do seguinte (1 de janeiro de 2010), este sistema de baixa pressão desprende-se do sistema frontal, porém mantendo quase a mesma posição e intensidade. Desta maneira, a circulação ciclônica associada gerava ventos úmidos de quadrante sul diretamente sobre a região compreendida entre o Vale Histórico e o litoral sul do RJ. A persistência deste sistema de baixa pressão por mais de 24 h e os altos teores de umidade de ar que dominavam essa limitada área afetada, foram fatores determinantes para a geração de grandes volumes de chuva sobre algumas localidades.

Na imagem de satélite do dia 01/01/2010 da 03:30Z observam-se nuvens em grande parte do Sudeste, alinhando a nebulosidade pelo oceano Atlântico. Entre o sul do RJ, Vale Histórico e Litoral Norte paulista houve a formação de nuvens com topos que atingiram temperaturas entre -50 e -60 graus (figura 2).

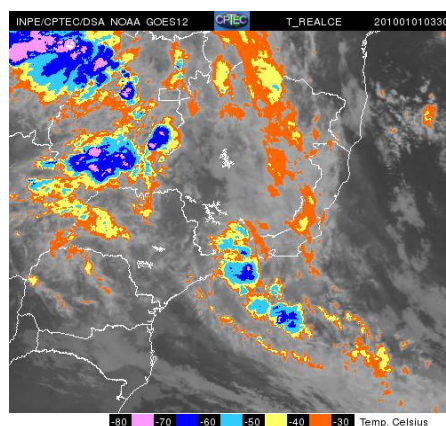


Figura 2: *Imagem de satélite no canal infravermelho do dia 01/01/2010 às 03:30Z.*

A componente termodinâmica foi mais outro fator importante que contribuiu à intensificação das chuvas sobre ambos os Estados. Vale ressaltar que até o dia 29 as temperaturas máximas registradas sobre os Estados de SP e do RJ ultrapassaram os 30° C e as temperaturas de ponto de orvalho oscilaram em torno dos 20° C, indicando a presença de uma massa de ar quente e muito úmida e em consequência muito instável. No nível de 850 hPa, a temperatura de ponto de orvalho atingiu valores próximos aos 18° C.

Os valores de água precipitável atingiram valores extremos sobre parte do leste de SP e do RJ, ultrapassando em várias oportunidades os 50 mm. Isto indicava um forte potencial para ocorrência de chuvas torrenciais e com grandes volumes.

A figura 3 mostra a precipitação acumulada em 24 horas do dia 01/01/2010. Nota-se na região em estudo valores superiores a 50 mm.

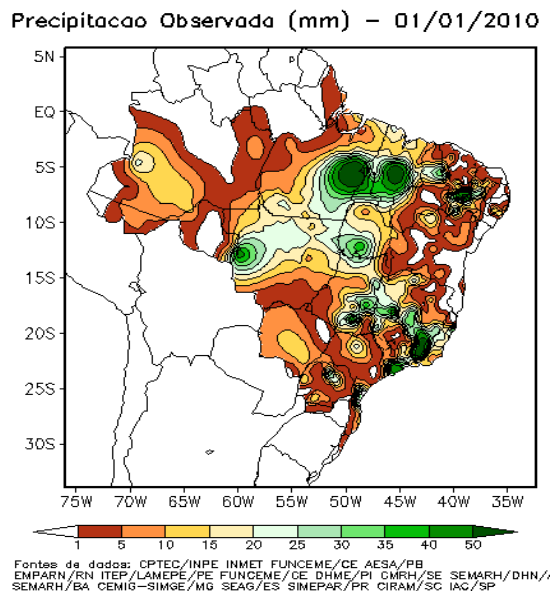
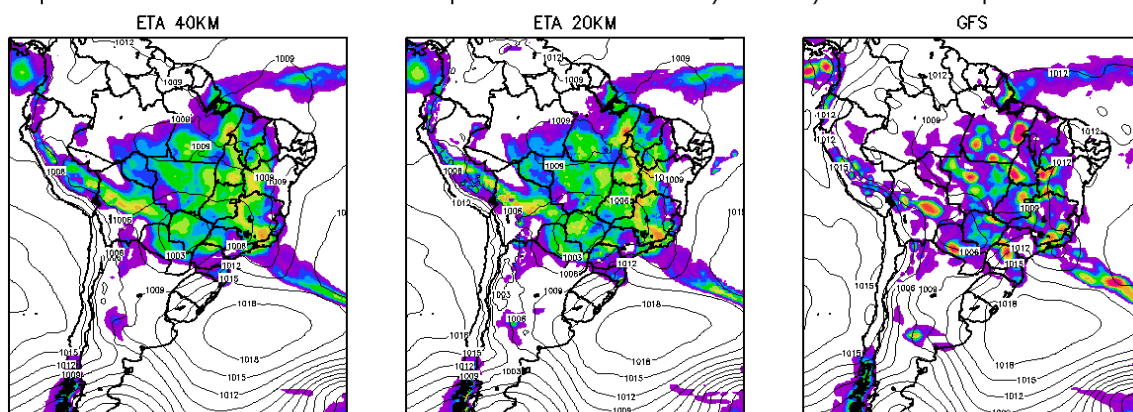


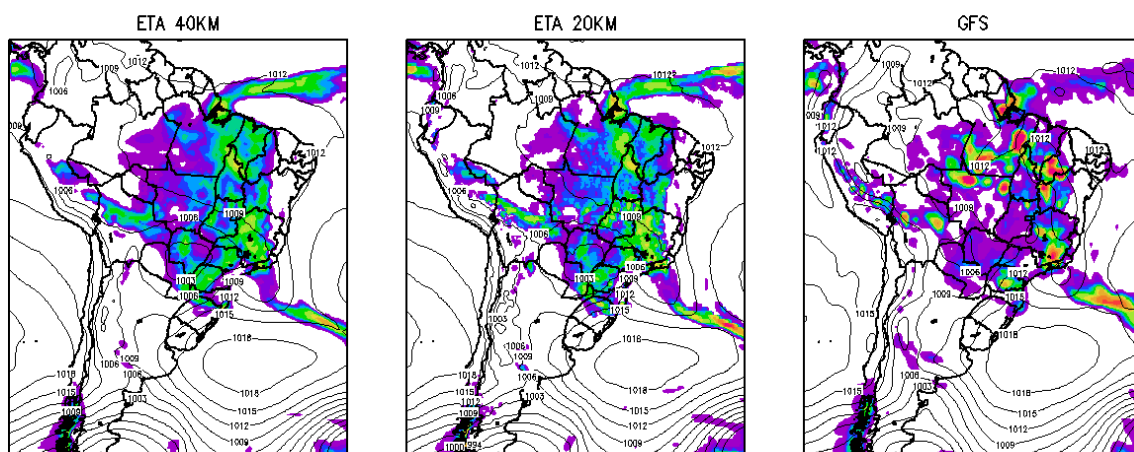
Figura 3: Precipitação observada no dia 01/01/2010.

A figura 4 mostra as rodadas dos modelos ETA40, ETA20 e GFS com 24, 48 e 72 horas de antecedência do evento. Observa-se que o núcleo de baixa pressão a leste do Estado de São Paulo foi previsto somente pelo modelo GFS até 72 horas de antecedência. Os modelos ETA20 e ETA40 não simularam esse núcleo ciclônico. Em relação ao volume acumulado de chuva em 24 h, o modelo GFS foi o que melhor simulou um acumulado significativo, inclusive este modelo em 72 horas previu acumulado cerca de 100 mm enquanto o ETA20 indicava cerca de 15 mm, ou seja, aproximadamente uma ordem de grandeza inferior. O máximo volume de chuva que modelo ETA20 simulou foi na rodada das 00Z do dia 30/12/2010, com valores entre 30 e 40 mm.

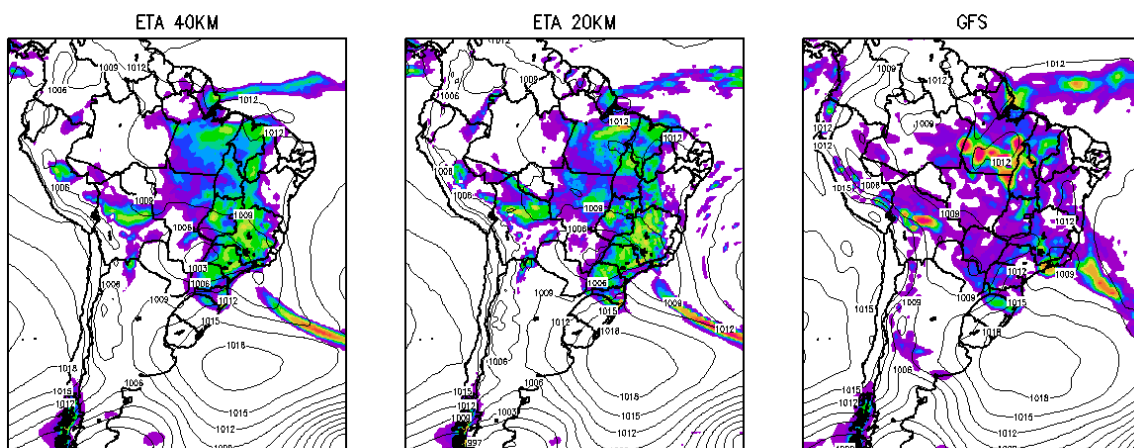
Precipitacao Acumulada para 21h 31/Dez/2009 quinta-feira



(a) Rodada 00Z31DEC2009+[024h]



(b) Rodada 00Z30DEC2009+[048h]



(c) Rodada 00Z29DEC2009+[072h]

Figura 4: Pressão ao nível médio do mar e precipitação dos modelos ETA40, ETA20 e GFS das rodadas com 24, 48 e 72 horas de antecedência a) 00Z31DEC2009; b) 00Z30DEC2009; c) 00Z29DEC2009

Na figura 5 é apresentada uma comparação entre o modelo regional ETAOP e o ETAWS utilizando as parametrizações convectivas de BMJ e KF, todos para previsões de 72h. Pode-se observar, que tanto o modelo ETA operacional quanto os demais indicavam o mesmo padrão sinótico em superfície, com um cavamento nas isóbaras entre SP e o RJ, porém, nota-se que eles subestimaram o volume de chuva, principalmente, para a região de São Luiz do Paraitinga.

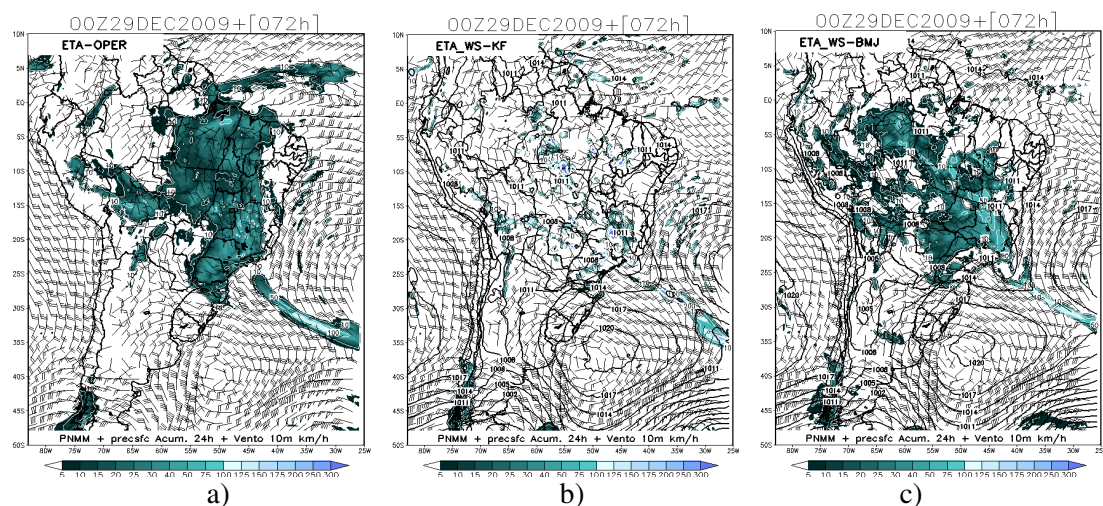


Figura 5: a) Pressão ao nível médio do mar, vento acima de 10km/h e precipitação em 24 horas do modelo ETA operacional para 72h, b) ETA_WS-KF para 72h, c)ETA_WS-BMJ para 72h.

Na figura 6 observa-se com maior detalhamento o volume de chuva previsto para a região em questão. Observa-se que o modelo ETA com parametrização KF obteve um melhor comportamento para a região entre o sul do RJ e a capital fluminense, onde o modelo com esta parametrização indica o volume de chuva em torno de 300 mm, próximo ao valor real nesta área. O ETA operacional indicava chuva para todo Estado de SP, com alguns pontos onde o volume de chuva seria mais significativo como na serra entre SP e MG e no sul do RJ, mas com volume em torno de 50 mm. Já os demais não indicavam sequer a variável chuva para o cone leste paulista. A figura 6.b mostra os acumulados de precipitação das últimas 24 horas. Note que ele caracteriza principalmente os núcleos de precipitação acumulada.

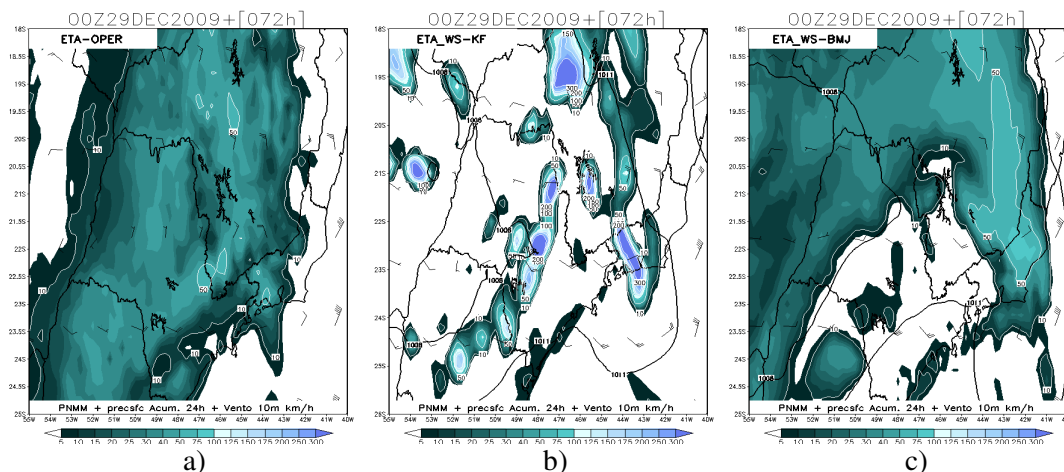


Figura 6: a) Previsão do modelo ETA operacional para 72h para a Região Sudeste, b) Previsão do modelo ETA_WS-KF para 72h para a Região Sudeste, c) Previsão do modelo ETA_WS-BMJ para 72h para a Região Sudeste.

A figura 7 apresenta o escoamento em 500 hPa e observa-se no ETAOP um cavado sobre o Estado de SP, observa-se à leste deste sistema a região com levantamento e favorável a instabilidade sobre a região do Vale do Paraíba, sul de Minas Gerais e sul do Rio de Janeiro. Observa-se que o escoamento é bastante distinto para cada uma das simulações, tanto o ETA_WS-KF quanto o ETA_WS-BMJ não apresentam o cavado citado, o qual favoreceu a atividade convectiva. Os esquemas de parametrização KF e BMJ indicam o levantamento mais intenso, no entanto, não há uma forçante dinâmica que favoreça a uma atmosfera mais instável.

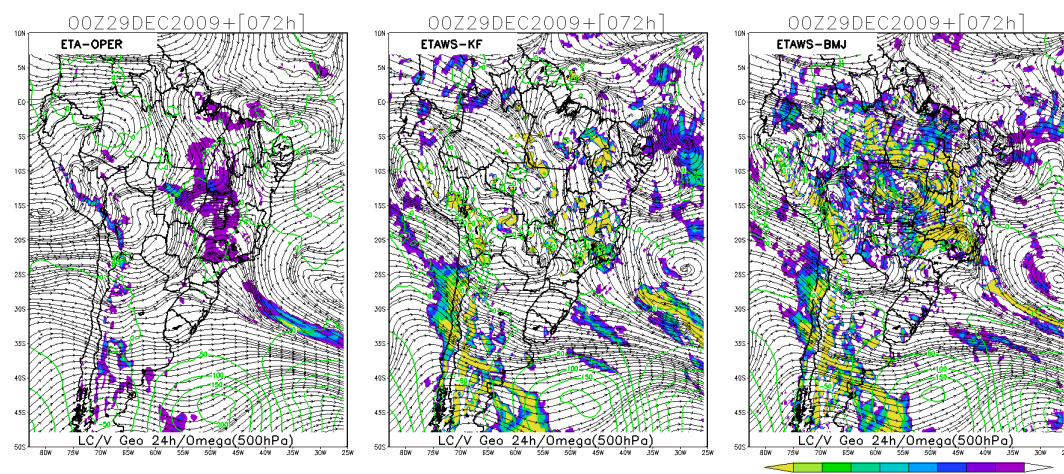


Figura 7: a) Linha de corrente, altura geopotencial e omega em 500 hPa do modelo ETA operacional para 72h, b) ETA_WS-KF para 72h, c) ETA_WS-BMJ para 72h.

A figura 8 apresenta o escoamento em 250 hPa onde se pode notar que o padrão de circulação é anticiclônico, porém, pelo ETAOP, este padrão encontra-se perturbado com um cavado posicionado sobre o litoral norte paulista, favorecendo a instabilidade atmosférica. As parametrizações KF e BMJ mostram uma crista atuando sobre SP e sul do RJ.

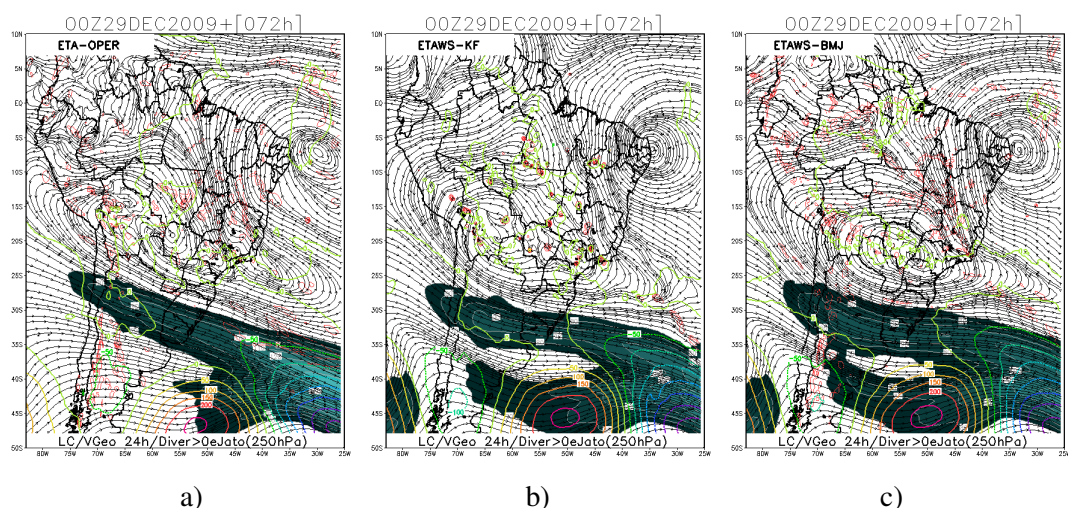


Figura 8: a) Linha de corrente e magnitude do vento em 250 hPa do modelo ETA operacional para 72h, b) ETA_WS-KF para 72h, c) ETA_WS-BMJ para 72h.

A avaliação dos Modelos ETA e Worketa, esse com diferentes parametrizações, sobre a região do Vale do Paraíba (São Paulo) e Litoral Sul do Rio de Janeiro, consiste em demonstrar o grau de confiabilidade entre a previsão e o dado observado para o dia 01/01/2010 às 00Z. Essa confiabilidade é estimada através dos resultados do Erro Diário da Precipitação, o qual considera valores positivos de precipitação superestimativa e valores negativos subestimativas. Uma previsão perfeita ocorre quando o ERRO for igual à zero.

Na Figura 9 é apresentada a avaliação do modelo ETA Operacional 20 km x Observado MERGE. Nesta figura nota-se que o modelo subestimou o valor acumulado de precipitação. Na Figura 9b observa-se o erro diário da precipitação, ou seja, a previsão acumulada em 24 horas menos o observado. Nota-se que nas áreas onde há o maior acumulado de precipitação (áreas em tons de vermelho) o erro foi muito maior, pois o modelo detectou precipitação de uma maneira ampla, não conseguindo estimar os acumulados significativos.

Esta diferença pode estar associada à parametrização (BMJ) que tende a espalhar mais a convecção, consequentemente influenciando a precipitação prevista e os acumulados, que se tornam menos significativos se comparados com o valor observado.

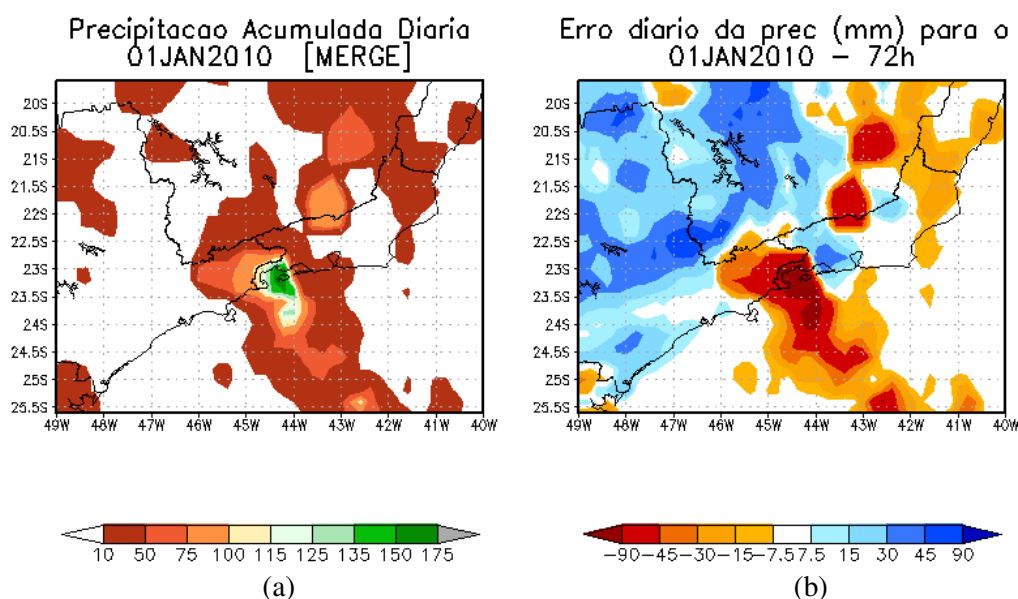


Figura 9: (a) Precipitação acumulada diária -Merge e (b) Erro diário da precipitação (mm) para o modelo Eta Operacional.

Na Figura 10 é observado o modelo ETA Workstation 20 km com parametrização Betts-Miller-Janjic(BMJ). Neste experimento o modelo não teve um comportamento satisfatório, como mostra a Figura 10b. Nota-se

que utilizando como parametrização de convecção BMJ, o modelo não conseguiu simular o acumulado significativo para a região de estudo.

Um fato interessante é que o para a região de Angra dos Reis -RJ, onde houve um grande acumulado significativo, a previsibilidade também foi ruim, como se pode ver na figura 6c.

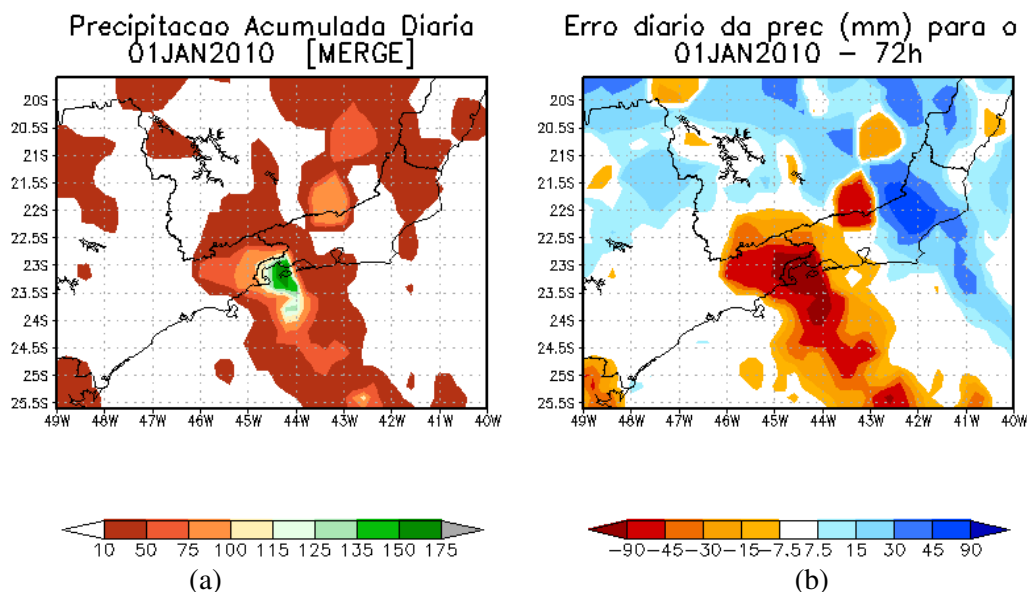


Figura10: (a) Precipitação acumulada diária -Merge e (b) Erro diário da precipitação (mm) para o modelo ETAW – Betts-Miller-Janjic.

Na figura 11 encontra-se a avaliação do modelo ETA Workstation 20 km com parametrização Kain-Fritsch (KF). Notou-se nesse experimento que os principais núcleos foram detectados, todavia eles foram em grande parte superestimados em muitas regiões. Esse experimento foi o que teve melhor comportamento na estimativa do acumulado de precipitação, principalmente para a região de Angra dos Reis.

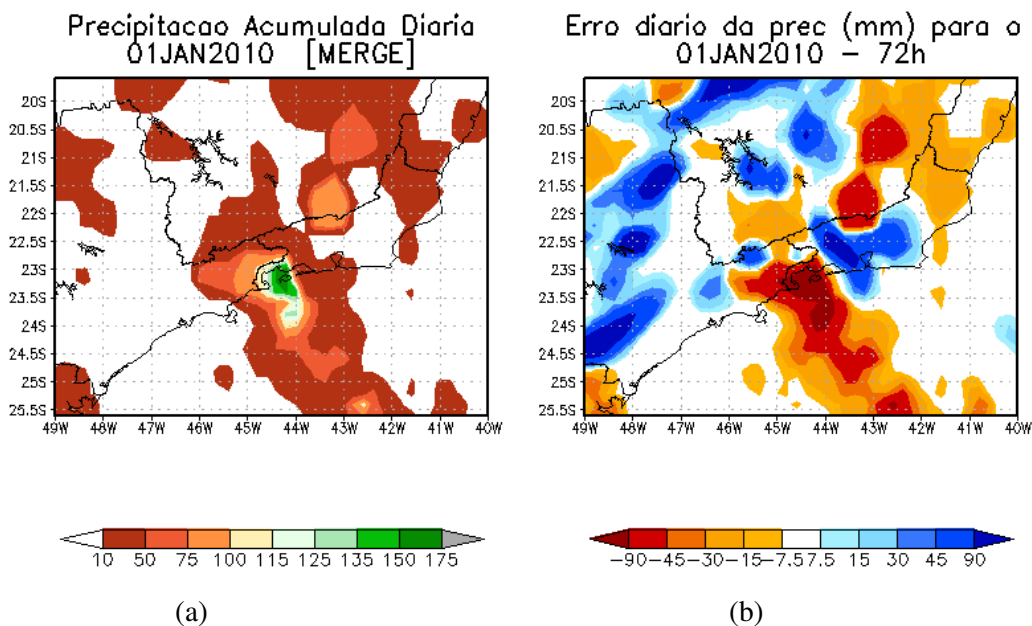


Figura 11: (a) Precipitação acumulada diária -Merge e (b) Erro diário da precipitação (mm) para o modelo ETAW – Kain-Fritsch.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido aos experimentos realizados, pode-se dizer que a parametrização tem grande influência na detecção dos grandes núcleos significativos. Se comparado com o experimento utilizando BMJ, a diferença é muito significativa, pois utilizando KF os núcleos mais significativos são detectados com mais facilidade, entretanto subestimando pequenos conglomerados.

Uma sugestão para trabalhos futuros é a inclusão da TSM com melhor resolução e a realização de experimentos com diferentes rodadas e resolução, assim contribuindo para a melhor representação dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Betts, A.K. and Miller, M.J. **A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, ATEX, and Arctic Airmass data sets.** QJ. J. R. Meteorol. Soc., **112**, 693-710, 1986.

Black, T. L., **The new NMC mesoscale Eta Model: Description and forecast examples.** Weather Forecasting, **9**, 265-278, 1994.

Chou, S. C.; **Modelo Regional ETA. Especial Climanálise – 10 anos.** Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1996.

Fels, S. B., and M. D. Schwarzkopf. **The simplified exchange approximation: A new method for radiative transfer calculations.** J. Atmos. Sci., **32**, 1475-1488, 1975.

Ferrier, B. S., Jin, Y., Lin, Y., Black, T., Rogers, E., And Dimego, G. (2002), **Implementation of a new grid-scale cloud and precipitation scheme in the NCEP Eta model**, Preprints, 15th Conf. On Numerical Weather Prediction, San Antonio, TX, Amer. Meteor. Soc., 280-283.

Janjic, Z. L. **The step-mountain eta coordinate model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes.** Monthly Weather Review, v. 122, n. 5, p. 927-945, Aug. 1994.

Lacis, A. A.; Hansen, J. E. **A parameterization of the absorption of solar radiation in Earth's atmosphere.** Journal of the Atmospheric Sciences, v. 31, p. 118-133, 1974.

Mellor, G. L.; Yamada, T. **A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers.** Journal of the Atmospheric Sciences, v. 31, p. 1791-1806, 1974.

Mellor, G. L.; Yamada, T. **Development of a turbulence closure models for geophysical fluid problems.** Review Geophysical Space Physics, v. 20, p. 851-875, 1982.

Mesinger, F., Janjic, Z. I., and Nickovic, S., and Deaven, D. G.; **The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment.** Mon. Wea. Rev., **116**, 1493-1518, 1988.