

ANALISE NUMÉRICA DA PASSAGEM DE UM SCM: COMPARAÇÃO ENTRE SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS DE ALTA E BAIXA RESOLUÇÃO E ENSEMBLE

Daniel Caetano Santos¹, Ernani de Lima Nascimento¹

danielcae@ufsm.br

¹Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Maria

RESUMO

O sistema convectivo de mesoescala (SCM) é um importante sistema de tempo, responsável pelo abastecimento de grande parte do volume de precipitação na região da Bacia do Prata, principalmente na estação quente do ano. A sua descrição e previsão são de suma importância para a operação meteorológica. Estudos mostram melhora no uso dos modelos de alta resolução em alguns aspectos como na descrição do sistema. O presente trabalho objetiva aprofundar o conhecimento no desempenho dos modelos numéricos e avalia a simulação de um SCM, na região da Bacia do Prata, utilizando o modelo ARW-WRF (versão 3.5) com dois espaçamentos de grade horizontal, 12 e 4 km e combinando parametrizações de microfísica, camada limite e *cumulus* e técnicas de *ensemble* nas simulações de 12 km. As simulações foram comparadas com dados observados em superfície de pressão, temperatura, temperatura do ponto de orvalho e magnitude do vento, provenientes da rede synop de observações meteorológicas, através do bias e RMSE. Os resultados apontam que, para as variáveis analisadas, as simulações de alta resolução apresentam um melhor desempenho com respeito a baixa resolução. E, qualitativamente, mostram os resultados de *ensemble* com melhor desempenho que os membros de baixa resolução vistos individualmente.

ABSTRACT

The mesoscale convective system (MCS) is an important weather system, responsible by great part of precipitation in the region of the La Plata Basin, especially in warm season. Its description and prediction are important for meteorological operation. Studies show improvement in the use of high resolution atmospheric models as in the description of systems. The following research aims to deepen the knowledge on the performance of numerical atmospheric models and evaluate the simulation of a MCS, in the region of the La Plata Basin, using the ARW-WRF model (version 3.5) with two nested grid of horizontal grid spacing, 12 and 4 km and combining microphysics, boundary layer and cumulus parameterization schemes additionally by applying techniques of ensemble in simulations of 12 km. The simulation were compared with observed data on surface of pressure, temperature, dew point and wind speed from the network of synop meteorological observations, through measures of Bias and RMSE. The results indicate that high resolution simulations produce a better performance, to analysed variables. And ensemble series have qualitatively better performance than low resolution members.

Palavras chave: Modelagem Numérica. SCM. Bacia do Prata

1) INTRODUÇÃO

O sudeste da América do Sul é uma das regiões com os mais intensos sistemas convectivos de mesoescala do globo (Zipser et al, 2006). A previsão destes sistemas tem importância social e econômica e para isto cada vez mais se utilizam modelos numéricos de alta resolução para a previsão deste sistema. Massmostram a melhora no uso dos modelos de alta resolução, na descrição da estrutura e evolução dos sistemas de tempo, mas que também podem implicar no aumento de erro de posicionamento dos sistemas, comprometendo a melhora nas medidas de desempenho.

Um ponto importante nas simulações numéricas é a utilização de parametrizações para os diferentes processos físicos que ocorrem na atmosfera. As parametrizações tem por objetivo representar processos sub-grade em função de variáveis em pontos de grade (Stensrud, 2007). Ruiz, Saulo e Nogués-Paegle (2010) utilizando o modelo *Advanced Research Weather and Research Forecast* (ARW-WRF) versão 2.0 avaliaram a sua performance com diferentes parametrizações de camada limite e *cumulus* além de três modelos de solo. Os resultados não determinam claramente uma melhor combinação das parametrizações, contudo quando as variáveis são avaliadas individualmente elas podem apresentar um melhor desempenho.

Roebber et al. (2004) apontam as previsões probabilísticas, com o uso de um conjunto de simulações de menor resolução, como um outro caminho científico a ser tomado na criação de ferramentas de simulação e previsão de tempo.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a simulação de um Sistema Convectivo de Mesoescala (SCM), sobre a região da Bacia do Prata, utilizando o modelo ARW-WRF (versão 3.5) com dois espaçamentos de grade horizontal, 12 e 4 km. Foram combinadas as parametrizações de microfísica, camada limite e *cumulus*, além do uso de técnicas de *ensemble* nas simulações de 12 km.

Este trabalho apresenta na seção 2 o evento meteorológico que foi escolhido, uma descrição do modelo utilizado, dos dados observados e da metodologia estatística aplicada na avaliação deste evento. Na seção 3 o desempenho do modelo nas diferentes configurações de esquemas de parametrização e resolução horizontal é mostrado através das variáveis pressão ao nível médio do mar, temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho e magnitude do vento à 10 metros. E as conclusões mais relevantes podem ser vistas na seção 4.

2) MATERIAIS E MÉTODOS

O caso selecionado foi o de um SCM que ocorreu nos dias 18 e 19 de janeiro de 2010, atingindo o nordeste da Argentina, sul do Paraguai, e oeste do Brasil e Uruguai que causou elevados acumulados de chuva como mostrado no total de precipitação no período, estimado pela técnica *CPC MORPHing technique* – CMORPH (Joyce et al., 2004) (Figura 2.1).

O modelo ARW-WRF versão 3.5 (Skamarock et al., 2008) amplamente utilizado na comunidade científica, foi utilizado para a simulação do SCM e configurado com duas grades aninhadas de 12 (Low) e 4 (High) km de espaçamento horizontal de grade e 33 níveis verticais (Figura 2.2). As integrações foram geradas no modo *one-way*, ou seja, as integrações da grade de alta resolução não

interferem na grade de baixa.

Foram realizadas 18 simulações combinando parametrizações *cumulus* (PCM), de microfísica de nuvens (PMN) e de camada limite (PCA), totalizando 36 membros, o período da simulação compreendeu entre as 12UTC dos dias 18 e 20 de janeiro de 2010, adicionalmente foi aplicado a média aritmética entre os 18 membros de baixa resolução (Ensemble-Low) (No link <https://dl.dropboxusercontent.com/u/62595861/Tabelas-Congremet.pdf> encontram-se as tabelas descrevendo as 36 combinações possíveis de parametrização utilizadas neste estudo). Como condição inicial e de contorno foi utilizado os dados de reanálise do *Climate Forecast System reanalysis* (CFSR) tabel(Saha et al., 2010) disponíveis em <http://rda.ucar.edu>.

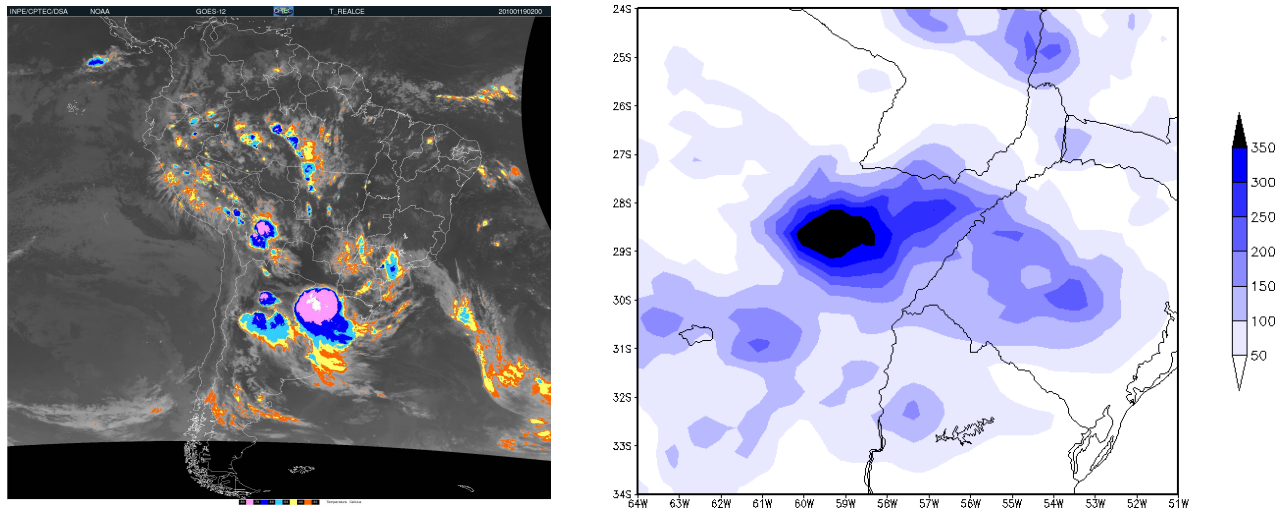


Figura 2.1 – Imagem IR4 realçado do satellite GOES-12 do dia 19 de janeiro de 2010 às 02 UTC (esquerda) e precipitação total, em mm, dos dias 18 e 19 de janeiro de 2010 estimada por CMORPH (direita).

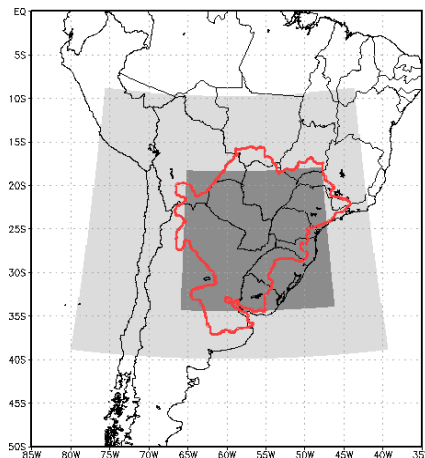


Figura 2.2 – Cobertura das grade utilizadas, 12 km (cinza claro) e 4 km (cinza escuro) e o limite da Bacia do Prata (linha vermelha).

Os dados observados são provenientes do banco de dados do CPTEC/INPE da série de dados synop das estações mostradas na Figura 2.3, dos horários disponíveis no período das simulações, a precipitação

utilizada é referente aos dados CMORPH.

Foram analisados o comportamento temporal, a diferença entre os dados observados (bias) e simulados e a raiz do erro quadrático da média (RMSE), da pressão ao nível médio do mar, temperatura e temperatura do ponto de orvalho à 2m e a magnitude do vento à 10 metros.

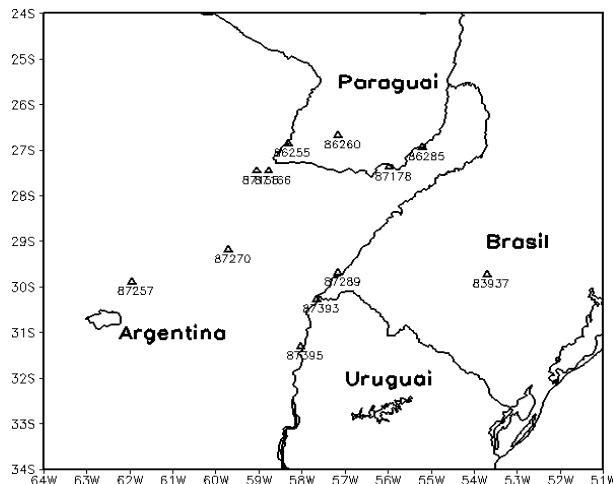


Figura 2.3 – Código e distribuição espacial das estações Synop utilizadas no estudo (triângulos).

A estratégia para a etapa de comparação entre os dados inicia da composição de dados pontuais do modelo com base em uma média da área centrada no ponto de grade mais próximo a localização de cada uma das estações Synop, com um ponto de grade para mais e para menos na latitude e na longitude (Casati et al., 2008; Mittermaier, 2013).

3) RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1) Pressão ao nível médio do mar (PNMM)

Comparando o comportamento das simulações com os dados observados de PNMM é possível notar que no primeiro tempo ($h=1$) os dados das condição inicial superestimam os dados observados, com exceção da estação 86285 (Capitan Meza) onde a diferença foi negativa e inferior a 0,5 hPa (Figura 3.1). No decorrer dos demais horários observa-se um tendência de subestimativa dos dados simulados, com uma grande variabilidade no comportamento.

Nos resultados de RMSE verifica-se uma menor variabilidade entre os membros de baixa resolução (Low) já as simulações de alta resolução (High), apesar de apresentarem uma maior variabilidade entre si mostram, em alguns membros, menores valores absolutos de RMSE. A média entre os membros de baixa resolução (Ensemble-Low) tem comportamento similar aos membros que o compõe (Figura 3.2).

Na análise da série temporal é possível observar um menor espalhamento entre os membros High, com comportamento similar ao Ensemble-Low, e com os extremos mais marcados e, qualitativamente similares aos dados observados. Os resultados dos membros High também mostram concordância quando ocorre mudanças abruptas na pressão (Figura 3.3).

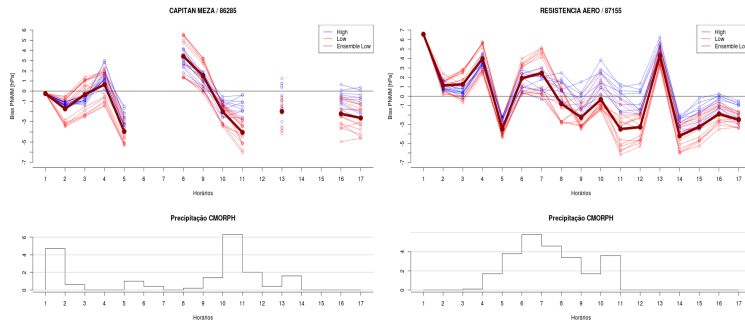


Figura 3.1 – Diferença entre o dados dos membros simulados e o observado (superior) de PNMM e a taxa de precipitação a cada 3 horas do CMORPH (inferior), para as estações Capitán Meza (86285) e Resistência (87155), respectivamente.



Figura 3.2 – RMSE de PNMM para cada um dos membros avaliados para as estações Santa Maria (83937-superior) e San Juan Bautista (86260-inferior).

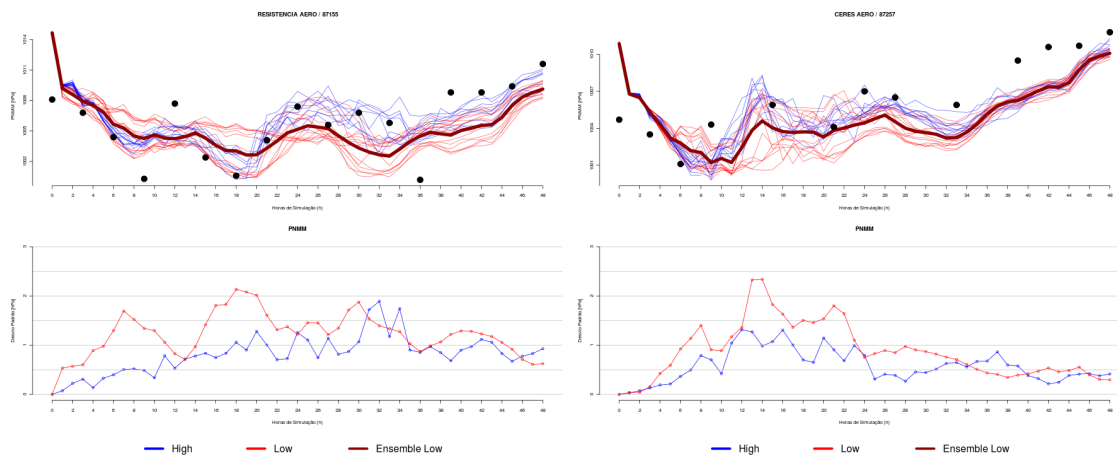


Figura 3.3 – (superior) Comportamento temporal da PNMM para cada um dos membros (linhas) e o observado (pontos); (inferior) Desvio padrão entre os membros High e Low, para as estações Resistência (87155) e Cerez (87257), respectivamente.

3.2) Temperatura (T) e temperatura do ponto de orvalho (Td) à 2m

Com diferenças absolutas maiores, na ordem de até 14°C de T e de até 6°C em Td, as variáveis não tiveram uma tendência ao longo do tempo, apresentando-se, na maioria das vezes, com valores maiores com relação ao observado (Figuras 3.4 e 3.5).

Na comparação do RMSE, entre as simulações Low e High, não houve diferenças significativas entre as simulações, em algumas estações como Concordia (87395) e Santa Maria (83937), as simulações High apresentaram um desempenho ligeiramente melhor para T (Figura 3.6).

Na análise temporal, a temperatura simulada apresentou-se similar entre todos os membros, de alta e baixa resolução, com espalhamento entre os membros Low e High de magnitudes similares. De maneira geral, todas as simulações apresentaram com mais conteúdo de umidade e calor que o observado. As alterações mais abruptas de T, como na estação de CERES (87257) que nas primeiras horas variou de 34°C para 20°C em um intervalo de 3 horas, não foram bem captadas pelos modelos (Figura 3.7).

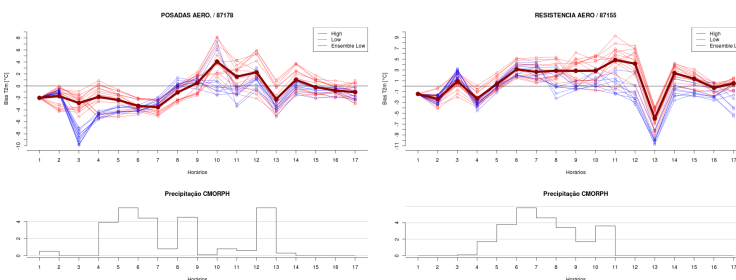


Figura 3.4 – Diferença entre o dados dos membros simulados e o observado (superior) de T e a

taxa de precipitação a cada 3 horas do CMORPH (inferior), para as estações Posadas (87179) e Resistência (87155), respectivamente.

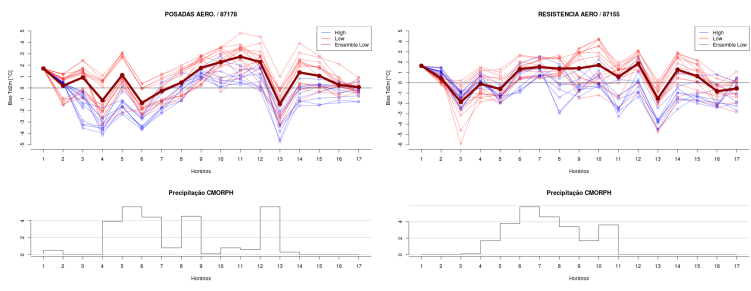


Figura 3.5 – Diferença entre o dados dos membros simulados e o observado (superior) de Td e a taxa de precipitação a cada 3 horas do CMORPH (inferior), para as estações Posadas (87179) e Resistência (87155), respectivamente.



Figura 3.6 – RMSE de T para cada um dos membros avaliados para as estações Concordia (87935-superior) e Santa Maria (83937-inferior).

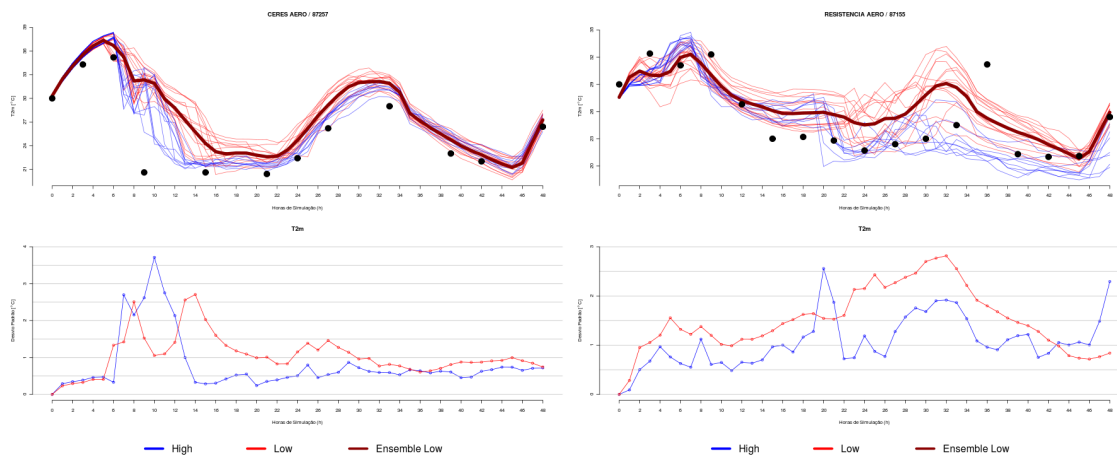


Figura 3.7 – (superior) Comportamento temporal de T para cada um dos membros (linhas) e o observado (pontos); (inferior) Desvio padrão entre os membros High e Low, para as estações Cerez (87257) e Resistência (87155).

3.3) Magnitude do vento à 10 m (Vento)

A diferença de velocidade entre os membros e o observado apresentou-se bastante variável, com o predomínio de subestimativas dos dados observados em até 10 m/s (Figura 3.8). Os dados simulados apresentaram um princípio de estabilização nos últimos horários, visto pela diminuição das oscilações.

O RMSE obtido para a velocidade do vento foi muito variável entre os membros e entre as estações avaliadas. A estação de Santa Maria (83937) foi a que apresentou um maior número de membros com valores de RMSE baixos (Figura 3.9). De maneira geral, as simulações de alta resolução apresentaram valores absolutos de RMSE menores quando comparados aos de baixa.

Na série temporal é possível verificar também que o espalhamento entre os membros de alta resolução são similares aos de baixa. O comportamento do Ensemble-Low apresentou-se mais estável com oscilações mais brandas em curtos intervalos de tempo (Figura 3.10).

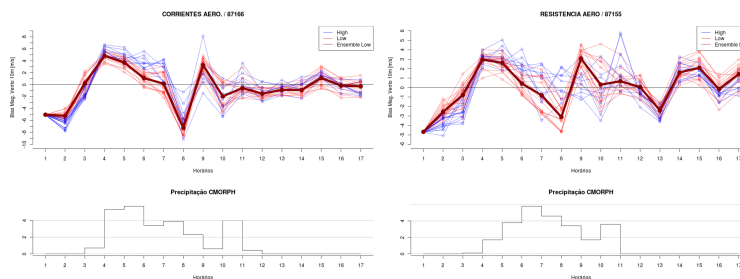


Figura 3.8 – Diferença entre o dados dos membros simulados e o observado (superior) de Vento e a taxa de precipitação a cada 3 horas do CMORPH (inferior), para as estações Coreintes (87166) e Resistência (87155), respectivamente.



Figura 3.9 – RMSE de Vento para cada um dos membros avaliados para as estações Santa Maria (83937-superior) e Posadas (87178-inferior).

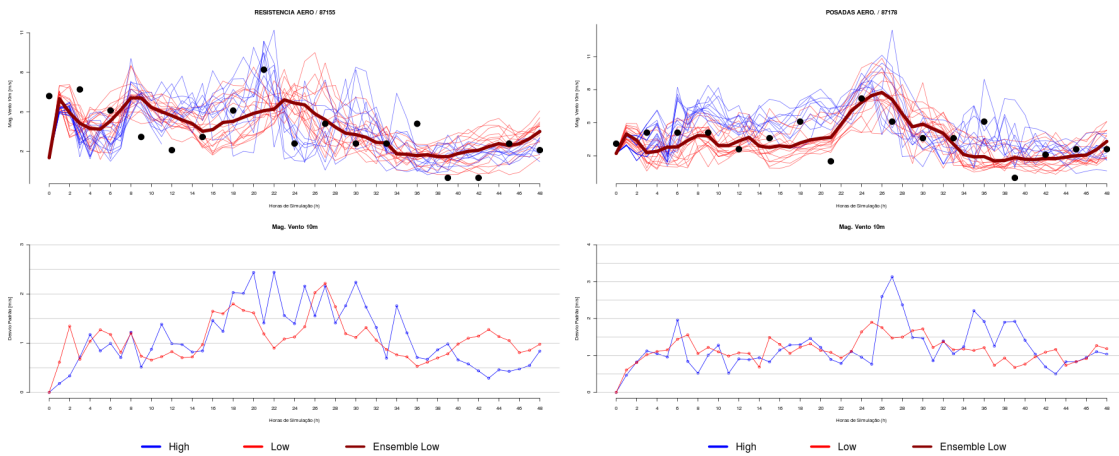


Figura 3.10 – (superior) Comportamento temporal do Vento para cada um dos membros (linhas) e o observado (pontos); (inferior) Desvio padrão entre os membros High e Low, para as estações Resistência (87155) e Posadas (87178).

4) CONCLUSÕES

Este trabalho busca a comparação entre as simulações High, Low e Ensemble-Low na descrição de variáveis meteorológicas, em uma situação de ocorrência de um SCM, na região da Bacia do Prata. As simulações foram comparadas aos dados observados da rede de estações Synop sobre a área de estudo.

Os resultados mostram que a condição inicial, do CFSR, apresenta diferenças com o observado e isto acarreta em um erro inicial, alheio ao modelo, resolução e parametrizações escolhidas.

Ao longo do tempo, as variáveis simuladas mostram-se coerentes ao observado mas com diferenças significativas nas variações de curto tempo, até 3 horas, esta característica também pode ter sido em decorrência do uso de áreas médias para a extração dos dados simulados.

Quando usado medidas singulares de destreza como o RMSE, foi notado uma vantagem das simulações High para as variáveis analisadas. Os resultados referentes ao Ensemble-Low mostram-se mais similares às simulações High do que de cada membro Low, isto deve-se ao grande espalhamento dos membros Low que individualmente, em alguns casos, apresentaram-se muito diferentes ao observado.

É possível observar também que as maiores diferenças, para todas as variáveis analisadas, ocorrem em momento próximos a ocorrência da precipitação, mostrando a forte influência dos processos físicos sub-grade nas condições em superfície. Estes resultados são preliminares, mas fornecem condições para investigações futuras.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao CRS/INPE e a UFSM pelo apoio e infraestrutura necessário para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Casati, B. et al.: Forecast verification: current status and future directions. *Meteorological Applications*, v. 15, n. 1, p. 3–18, 2008.

Joyce, R. J.; Janowiak, J. E.; Arkin, P. A.; Xie, P.: CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *Journal of Hydrometeorology*, v. 5, n. 3, p. 487–503, 2004.

Mittermaier, M. P.: A strategy for verifying near-convection-resolving model forecasts at observing sites. *Weather and Forecasting*, n. 2013, 2013.

Roebber, P. J.; Schultz, D. M.; Colle, B. A.; Stensrud, D. J.: Toward improved prediction: High-resolution and ensemble modeling systems in operations. *Weather and Forecasting*, v. 19, n. 5, p. 936–949, 2004.

Ruiz, J. J.; Saulo, C.; Nogués-Paegle, J.: WRF model sensitivity to choice of parameterization over South America: Validation against surface variables. *Monthly Weather Review*, v. 138, n. 8, p. 3342–3355, 2010.

Saha, S. et al.: The NCEP Climate Forecast System reanalysis. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, v. 91, p. 1015–1057, 2010.

Skamarock, W. et al.: A Description of the Advanced Research WRF Version 3. [S.l.], 2008.

Stensrud, D. J.: Parameterization schemes: keys to understanding numerical weather prediction models. [S.l.]: Cambridge University Press, 2007.

Zipsper, E.; Cecil, D.; Liu, C.; Nesbitt, S.; Yorty, D.: Where are the most intense thunderstorms on Earth? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, v. 87, p. 1057–1071, 2006.