

ASSIMILAÇÃO 3DVAR NO WRF E SIMULAÇÃO DE PERFIS VERTICAIS DE TEMPERATURA NO SUL DO BRASIL

BECK, Vinicius Carvalho¹; HÄRTER, Fabrício Pereira²; YAMASAKI, Yoshihiro³

¹UFPEL - yonoco@gmail.com

²UFPEL - fabricao.harter@ufpel.edu.br

³UFPEL - yamasaki@fis.ua.pt

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é avaliar os resultados da assimilação de dados das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e das estações de radiossondagem, feita através do método 3DVAR, na simulação de perfis verticais de temperatura do modelo WRF. Esta avaliação é procedida verificando se o WRF com assimilação 3DVAR (WRF-3DVAR) produz prognósticos melhores do que os do WRF sem assimilação de dados, doravante denotado simplesmente WRF. Avaliou-se de forma subjetiva, comparando-se perfis verticais da análise e das previsões geradas. Como objetivo específico avaliou-se o procedimento de assimilação na previsão de um evento de precipitação ocorrido entre 22 e 24 de novembro 2012 na Região Sul do Brasil (RSB).

O sistema de modelagem *Advanced Research WRF* (ARW), é um sistema de previsão numérica do tempo de última geração, que pode ser implementado em computadores com diversas arquiteturas e suporta diferentes diretivas de paralelismo (WANG et al., 2012). Ele apresenta um módulo constituído pelo modelo de equações primitivas, que vem sendo desenvolvido pelo *Numerical Center for Atmospheric Research* (NCAR), em colaboração com o *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP).

O método 3DVAR consiste, basicamente, na minimização de uma função custo J , diretamente proporcional à diferença entre observação e estimativa do modelo, com o objetivo de se obter a análise ótima (SASAKI, 1958; LORENC, 1986; FISHER, 2001). A aplicação deste método em modelos numéricos de previsão do tempo vem sendo estudada em trabalhos recentes (BARKER et al., 2004; BARKER et al., 2012).

A região definida para a integração do modelo é a Região Sul do Brasil (RSB). Ela abrange os estados do Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), compreendendo uma área de aproximadamente 577.214km² (IBGE, 2010).

2. MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento da pesquisa foram assimilados dados das estações automáticas do INMET, obtidos na página *web* deste instituto (INMET, 2012), através de um *script* desenvolvido em linguagem SHELL, e também os dados de radiossondagens obtidos diretamente na página *web* da Universidade de Wyoming (2012). A conversão destes dados, do formato *ascii* para o formato LITTLE_R, este último exigido pelo sistema de assimilação de dados do modelo, foi feita por um programa em linguagem de programação *IBM Mathematical Formula Translation System* (FORTRAN), especialmente desenvolvido para este fim. Para a RSB, os dados do INMET são disponibilizados por 82 estações automáticas e os dados de radiossondagem por 6 estações.

Com o auxílio das figuras geradas com o sistema de plotagem gráfica *Grid Analysis and Display System* (GRADS), comparou-se os perfis termodinâmicos observados com os perfis termodinâmicos simulados pelo WRF e pelo WRF-3DVAR, através da plotagem de diagramas *SkewT-LogP*, descritos em detalhes por Godske et al. (1957 *apud* VAREJÃO-SILVA, 2000).

Tendo em vista que as radiossondagens apresentam dados coletados em função do tempo durante a ascensão do balão meteorológico, fez-se a interpolação ponderada à massa, isto é, logarítmica em pressão, dos dados observados para os níveis de pressão inteiros do modelo. Isto foi feito para fins de comparação com os prognósticos

do WRF e do WRF-3DVAR, cujos perfis foram gerados para cada 50hPa. A análise e a comparação foram feitas para perfis verticais da Temperatura do Ar (TC) e da Temperatura do Ponto de Orvalho (TD). São comparados os perfis previstos pelo WRF e pelo WRF-3DVAR com os perfis verticais das radiossondagens disponíveis das seguintes cidades da RSB: Curitiba, Foz do Iguaçu, Florianópolis e Porto Alegre.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados a seguir diagramas representativos dos perfis de TC e TD para as cidades de Curitiba, Foz do Iguaçu, Florianópolis e Porto Alegre. A Fig.1 apresenta os perfis de TD para 12:00UTC de 23/11/2012 em Curitiba.

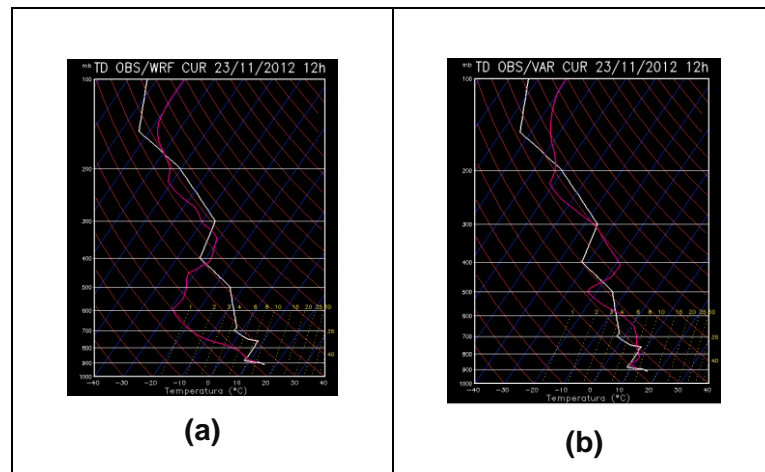


Figura 1 - Perfis Verticais de TD às 12:00UTC de 23/11/2012 em Curitiba: (a) observado (linha branca) e previsto pelo WRF (curva vermelha) (b) observado (linha branca) e previsto pelo WRF-3DVAR (curva vermelha).

Em Curitiba, não foi registrada precipitação entre 12:00UTC de 22/11/2012 e 12:00UTC de 23/11/2012. De acordo com a Fig. 1, nota-se que o perfil de TD previsto pelo WRF-3DVAR às 12:00UTC de 23/11/2012 em Curitiba é bastante aproximado do perfil de TD observado pela radiossondagem abaixo de 500hPa, obtendo desempenho superior ao do WRF. A Fig. 2 apresenta os perfis de TC para 12:00UTC de 23/11/2012 em Florianópolis.

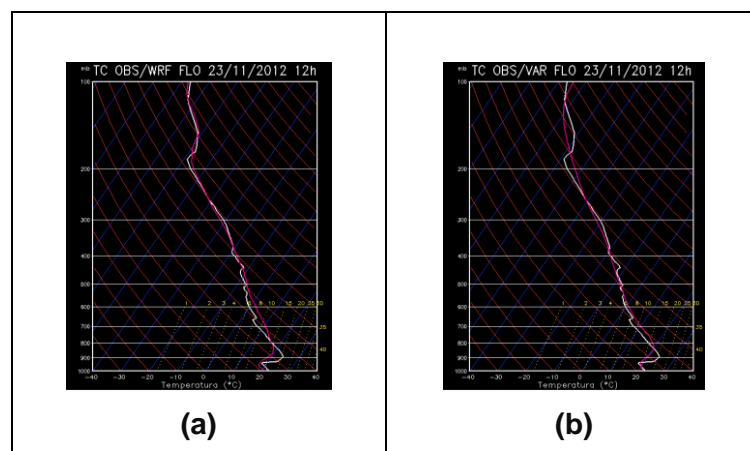


Figura 2 - Perfis Verticais de TC às 12:00UTC de 23/11/2012 em Florianópolis: (a) observado (linha branca) e previsto pelo WRF (curva vermelha) (b) observado (linha branca) e previsto pelo WRF-3DVAR (curva vermelha).

Apesar das falhas nos dados de observação, tendo em vista o movimento das massas de ar observado em imagens de satélite, infere-se que em Florianópolis, ou não houve precipitação, ou houve precipitação de pouca intensidade. Tanto o WRF como o WRF-3DVAR foram bastante precisos na reprodução dos perfis verticais de TC e TD. Na Fig. 2, nota-se que o WRF-3DVAR às 12:00UTC de 23/11/2012 em Florianópolis, está bastante próximo do perfil de TC observado, semelhante ao que ocorreu com o WRF. Observa-se que até 500hPa o WRF-3DVAR está mais próximo do observado. A Fig. 3 apresenta os perfis de TC para 12:00UTC de 23/11/2012 em Foz do Iguaçu.

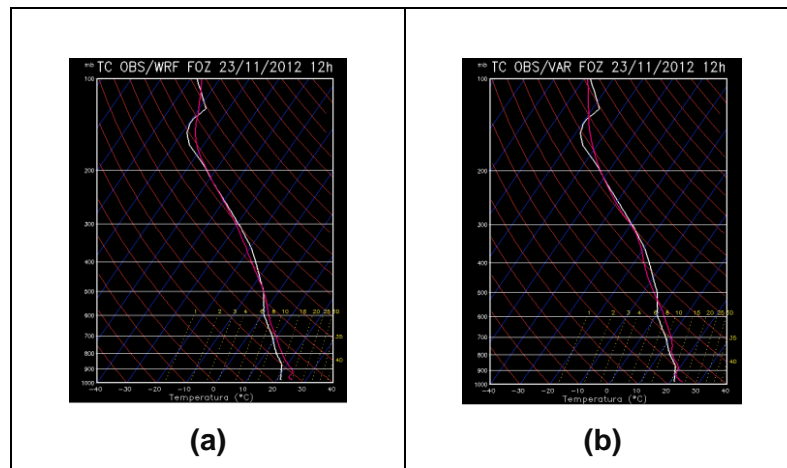


Figura 3 - Perfis Verticais de TC às 12:00UTC de 23/11/2012 em Foz do Iguaçu: (a) observado (linha branca) e previsto pelo WRF (curva vermelha) (b) observado (linha branca) e previsto pelo WRF-3DVAR (curva vermelha).

Por volta das 06:00UTC de 23/11/2012, o sistema penetrou no oeste do PR, na região onde se encontra a cidade de Foz do Iguaçu. Às 12:00UTC de 23/11/2012, foram registrados 37,8mm de PREC12 nesta cidade. Conforme a Fig. 3, nota-se que o WRF-3DVAR foi mais preciso no prognóstico do perfil de TC do que o WRF próximo à superfície. Nos outros níveis, ambos, WRF e WRF-3DVAR, foram bastante semelhantes nos valores numéricos, apresentando forte relação com a curva observada. Comportamento semelhante ocorreu com o perfil de TD para esta cidade. A Fig. 4 apresenta os perfis de TC para 12:00UTC de 23/11/2012 em Porto Alegre.

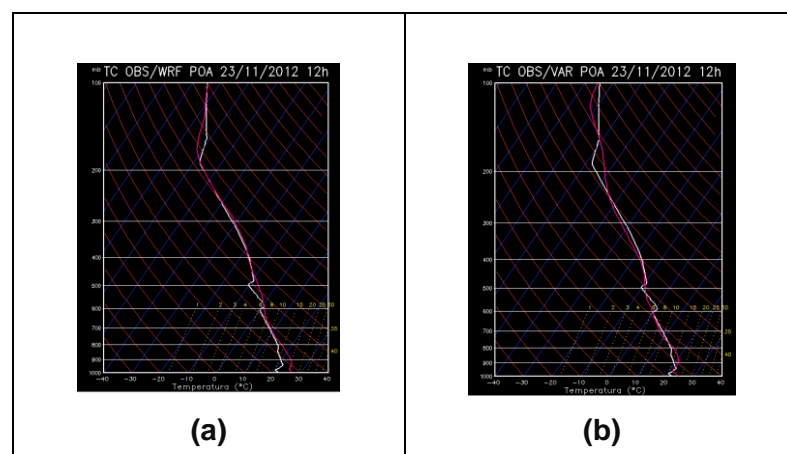


Figura 4 - Perfis Verticais de TC às 12:00UTC de 23/11/2012 em Porto Alegre: (a) observado (linha branca) e previsto pelo WRF (curva vermelha) (b) observado (linha branca) e previsto pelo WRF-3DVAR (curva vermelha).

A Fig. 4 mostra que o WRF-3DVAR foi mais eficiente na reprodução do perfil de TC próximo à superfície do que o WRF às 12:00UTC de 23/11/2012 em Porto Alegre,

horário em que, segundo as observações do INMET, a atmosfera apresentava-se seca. Ressalta-se que tanto o WRF quanto o WRF-3DVAR reproduziram com precisão os perfis observados.

4. CONCLUSÃO

O WRF-3DVAR melhorou sensivelmente a previsão dos perfis de TC e TD em relação ao WRF até o nível de 500hPa para as cidades de Curitiba, Foz do Iguaçu e Florianópolis, e obteve um perfil de TC mais aproximado do observado nos níveis próximos à superfície em Porto Alegre. Certamente a melhora na previsão dos perfis de TC e TD nos níveis mais próximos à superfície se deveu à assimilação de dados das estações automáticas do INMET neste caso, os quais não são assimilados pelo modelo global GFS, que disponibiliza a condição inicial do WRF.

REFERÊNCIAS

BARKER, D. M.; HUANG, W.; GUO Y. -R.; XIAO, Q. N. A Three-Dimension (3DVAR) Data Assimilation System For Use With mm5: Implementation and Initial Results. **Monthly Weather Review**, v. 132, p. 897-914, 2004.

BARKER, D. M.; HUANG, W.; LIU, Z.; AULIGNÉ, T.; ZHANG, X.; RUGG, S.; AJAJI, R.; BOURGEOIS, A.; BRAY, J.; CHEN, Y.; DEMIRTAS, M.; GUO, Y. -R.; HENDERSON, T.; HUANG, W.; LIN, H. -C.; MICHALAKES, J.; RIZVI, S.; ZHANG, X. The weather Research and Forecasting Model's Community Variational/Ensemble Data Assimilation System: WRFDA. **Bulletin of American Meteorological Society**, v. 93, p. 831-843, 2012.

FISCHER, Mike. Assimilation techniques (3): 3d-Var. **Meteorological Training Course Lecture Series**, 2001. Disponível em:
<http://www.ecmwf.int/newsevents/training/lecture_notes/pdf_files/ASSIM/3dVar.pdf>.
Acesso em: 15 Out. 2011.

GODSKE, C. L. *et al.* **Dynamic Meteorology and Weather Forecasting**, Boston, American Meteorological Society, 1957 *apud* VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília-DF, 2000.

IBGE. Página do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em:
< www.ibge.gov.br>. Acesso em: 19 Abr. 2012.

INMET. Página do Instituto Nacional de Meteorologia. 2012. Disponível em:
< www.inmet.gov.br>. Acesso em: 15 Nov. 2012

LORENC, A. C. Analysis methods for numerical weather prediction. **Quarterly Journal of Royal Meteorology Society**, v. 112, n. 474, p. 1177-1194, 1986.

SASAKI, Y. An objective analysis based on the variational method. **Journal of Meteorological Society of Japan**, v. 36, n. 3, p. 77-88, 1958

WANG, Wei; BRUYÈRE, Cindy; DUDA, Michael; DUDHIA, Jimy; GILL, Dave; LIN, Hui-Chuan; MICHALAKES, John; RIZVI, Syed; ZHANG, Xin; BEEZLEY, Jonathan D.; COEN, Janice L.; MANDEL, Jan. **ARW Version 3 Modeling System User's Guide**. Mesoscale & Microscale Meteorology Division, National Center for Atmospheric Research, 2012.

WYOMING. Página da Universidade de Wyoming. 2012. Disponível em:
< <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>. Acesso em: 15 Dez. 2012.