

DIAGNÓSTICOS DE PREVISÕES NUMÉRICAS DO WRF

Yoshihiro Yamasaki¹, Ana Margarida Silva Pereira Teles Machado², Ana Teresa dos Santos Picado³,
Maria de Los Dolore Manso Orgaz⁴

Universidade de Aveiro, Aveiro^{1,2,3,4} - Portugal

yamasaki@fis.ua.pt, a23820@alunos.fis.ua.pt, a23380@alunos.fis.ua.pt, mariola@fis.ua.pt

RESUMO

O ponto de vista científico, de entre as inúmeras e amplas razões existentes para a verificação da previsão e de seus benefícios associados e relacionados com a compreensão física, para se melhorar um sistema de previsão é, particularmente, um objectivo a ser consolidado com a simulação do modelo WRF. O modelo é, uma realidade parte integrante de um complexo sistema de previsão numérica de tempo de mesoescala reconhecido como de próxima geração. Tendo em vista que a avaliação dos resultados da previsão do modelo requer a aplicação de complexos esquemas de verificação, que por sua vez são, de entre outras, também relacionados com os procedimentos da simulação e a aplicação de físicas de processamento do modelo, os resultados preliminares são focados em esquemas particulares de verificação, sem se ater com as opções físicas propriamente dita. Os intrigantes resultados do diagnóstico refletem e constituem uma parte dos resultados das simulações numéricas conduzidas durante o mês de Dezembro de 2005, e cobre a área continental de Portugal e suas vizinhanças.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de previsão numérica do tempo em mesoescala da próxima geração, que constitui o modelo de previsão de tempo e pesquisa (WRF) e os vários sub-sistemas, foi desenvolvido e vem sendo constantemente atualizado para atender tanto as necessidades das previsões operacionais como das pesquisas atmosféricas (Wang et. al. 2004). Ele foi concebido de forma a promover uma estreita relação entre a comunidade de do binômio operação/pesquisa para que os desenvolvimentos sejam rapidamente implementados e aplicados às operações, em benefício às melhoras de previsões para a sociedade em geral.

Um dos aspectos do desenvolvimento do sistema WRF que tem sido ressaltado como de fundamental importância é sua utilização extensiva, mediante a realização de testes de avaliação em diferentes regiões do globo, emprego das diferentes formas de parametrizações, bem como, dentre outros, a avaliação da integridade da codificação propriamente dita. Isso se deve ao fato de que, muito embora as destrezas dos modelos apresentem melhoras significativas, próximas à perfeição nos estados da circulação atmosférica, retratada pelos campos da altura geopotencial de 500 hPa, nas últimas décadas (Kalnay 2003), as melhoras nas previsões das precipitações quantitativas tiveram evoluções relativamente modestas (Bosart 2003). Além disso, há que se observar que as melhoras nas destrezas das previsões das precipitações que ocorrem durante o verão, comparadas às de inverno, foram muito mais

reduzidas (Ramage 1982, Olson et al. 1995, Ebert et al. 2003).

As abordagens comumente empregadas para melhorar as previsões numéricas do tempo envolvem tanto àquela relacionada com os dados das condições iniciais, de fronteira e de assimilação; como das formulações numéricas dos modelos, ou dos processos físicos, das parametrizações e das técnicas de análise de pós-processamento; em adição àqueles inerentes às incertezas das previsões com o emprego de métodos probabilísticos ou de “ensembles”. O envolvimento com qualquer delas envolve o aspecto crucial relacionado com a da disponibilidade de dados observacionais, nas escalas espaciais dos modelos, principalmente para a avaliação dos resultados. Os dados em escala sinótica, em muitas situações atendem as necessidades dos modelos de mesoescala, mas apresentam também, em outras, falhas bem significativas. Fato é que, quando se dispõe de dados observacionais, em escalas próximas às dos modelos, é possível a realização de simulações para avaliar as respostas às assimilações com total ou parcial emprego dos mesmos. Mas, como a não disponibilidade não permite sequer avaliar os resultados, exceto em nível puntual, ou seja, avaliação dos resultados das previsões nos locais das observações dificulta sobremaneira qualquer avaliação dos resultados.

Como parte integrante da comunidade que vem utilizando o sistema WRF, foi realizada uma série de experimentos de simulações de previsão do tempo, cobrindo Portugal e suas vizinhanças, durante o mês de dezembro de 2005. Face às dificuldades inerentes

à obtenção de dados observados com resolução espacial e temporal adequado para se proceder a análise quantitativa da destreza do modelo, os resultados refletirão apenas uma parte das variáveis das previsões realizadas, baseadas nas diferentes bases físicas em que foram processados, mediante a utilização de distintas parametrizações. Isso se procede visto que, segundo descrito por Ebert et al. (2003), a verificação das previsões espaciais como a da precipitação/humidade específica ou campos da temperatura, e vento tenta prover uma resposta sobre a eficiência da previsão mediante a análise de mapas da precisão e das observações ou pela quantificação da precisão usando técnicas de verificação objetiva. Na realidade são inúmeros os procedimentos que fornecem, de uma forma ou outra, pelo menos uma parte das informações sobre a qualidade espacial da previsão. O padrão de pontuação, por exemplo, tem servido a comunidade meteorológica por muitos anos na quantificação da destreza e melhora na previsão de campos de grande escala. Entretanto, à medida que o modelo vem aumentando a resolução espacial, o emprego das novas tecnologias na obtenção de dados observacionais vem permitindo realizar complexas verificações em escalas mais reduzidas e o padrão de pontuação convencional vem se tornando menos útil. Segundo as novas visões sobre o tópico em pauta, a previsão dos campos meteorológicos de superfície em mesoescala, também a título de exemplo, é claramente útil para o previsor, pois pode, eventualmente, ser pobremente verificada pelo fato das tempestades previstas não se alinharem muito bem com as observações. Isso decorre pelo fato do campo suavizado quase sempre produzir melhor resultado que àquele disponível e que aparenta ser mais realístico; em adição ao fato de que as observações por si poderem apresentar grandes incertezas por serem meras amostras e com erros de medidas. Assim sendo é importante que o previsor tenha conhecimento das nuances dos resultados das previsões antes de apresentar o diagnóstico.

2. Sistema WRF, Configuração e Dados

O modelo WRF, versão 2.1.1, é baseado em um conjunto de equações representando a atmosfera completamente compressível em um sistema de referência em rotação, e foi configurado em um domínio, portanto sem aninhamento, cobrindo o território continental de Portugal e suas áreas vizinhas. Simulações de 72 horas foram realizadas processando 4 vezes ao dia, com uma resolução horizontal de 12 km, sob um domínio com 88x56 pontos na horizontal e 35 camadas S na vertical. (1,0; 0,99; 0,98; 0,96; 0,94; 0,92; 0,90; 0,88; 0,86; 0,84 ; 0,82; 0,793; 0,759; 0,724; 0,690; 0,655; 0,621; 0,586; 0,552; 0,517; 0,483; 0,448; 0,414 0,379; 0,345; 0,319; 0,276; 0,241; 0,207; 0,172; 0,138; 0,106; 0,069; 0,034; 0,00); ou seja com 29 camadas e com o topo em 50 hPa, para uma pressão na superfície de 1000 hPa; e o passo de

tempo da integração, utilizando o esquema de Runge-Kuta de 3ª ordem estabelecido em 30 segundos. Na Fig. 1 são apresentadas as disposições das variáveis, na grade C de Arakawa, do modelo WRF.

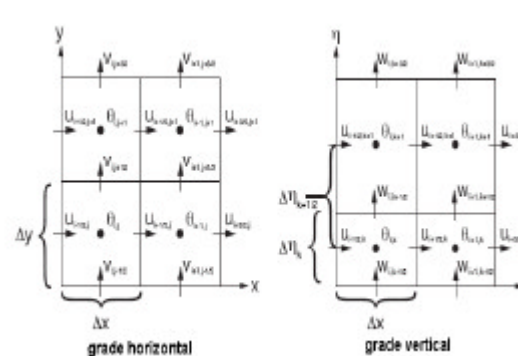


Fig. 1 – Grades horizontal e Vertical do modelo WRF

As simulações numéricas foram processadas empregando os esquemas de parametrização física que incluem o de “single ice” de Dudhia, de Grell na parametrização de nuvens cumulus, Blackadar na camada limite planetária e o de radiação simples.

Todas simulações numéricas foram feitas, 4 vezes ao dia, para o mês de Dezembro de 2005, empregando os prognósticos numéricos das previsões globais (00Z, 06Z, 12Z, 18Z), de 3 em 3 horas, que apresenta uma resolução espacial de 0,5 graus (grib2), do sistema de previsão global NCEP/GFS. Os prognósticos numéricos foram obtidos pelo sistema IDD (Unidata de Distribuição de dados Internet) do LDM (Gerenciamento de Dados Local), instalado na Universidade de Aveiro, consonante a topologia a inter conexão apresentada na Fig. 2, que vem adquirindo, operacionalmente, da ordem de 2,8 Gbytes de dados a cada 6 horas desde sua implementação. Os



Fig.2- Topologia IDD/LDM

dados obtidos foram processados e devidamente preparados para a produção das condições de contorno e de realimentação horária ao modelo WRF. Os resultados da verificação dos campos da temperatura, humidade específica e vento da superfície foram seleccionados, como principais variáveis, no estudo preliminar e que são apresentados juntamente com os resultados da avaliação do modelo, sob o ponto de vista do período de previsão que se estende em 72 horas.

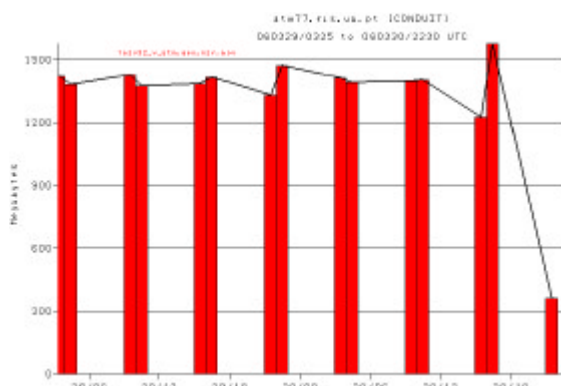


Fig.3- Volume de dados IDD/LDM-GFS/NCEP obtidos a cada 6 horas (maço de 2006)

Para a obtenção de um resultado mais coerente com as observações, foram consideradas as análises do GFS, com intervalos de 6 em 6 horas, para cada dia de simulação. Esses prognósticos foram posteriormente processados, utilizando um dos módulos do sistema WRF, o WRFSI, para o preparo das condições de fronteira com intervalo de 1 em 1 hora. Assim, a realimentação do modelo foi feito com intervalos de 1 hora e o processamento integrado por 72 horas em cada simulação, conseguinte o esquema resumido na Fig.4. O bloco da esquerda representa a parte de inicialização do sistema, ou seja, de preparo de toda formatação dos dados necessários para a simulação propriamente dita; e, o bloco da direita o processamento do modelo propriamente dito.

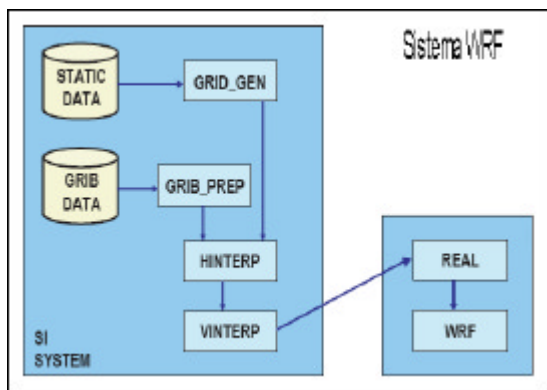


Fig.4- Esquema de processamento WRF

3. Resultados e Análises

Os resultados são apresentados para as integrações feita desde as 00 UTC do dia 07 até as 00 UTC do dia 18 de Dezembro de 2005. Na Fig. 5 são esquematizados os procedimentos utilizados na obtenção da média dos módulos dos desvios padrões no domínio do espaço, incluindo todos os pontos do domínio de integração da grade do modelo (zonal e meridional). Essa figura serve, também, de suporte à compreensão da representação gráfica dos resultados.

Como os modelos numéricos de previsão de tempo apresentam uma dependência fundamental sobre os valores dos campos iniciais da atmosfera, e que são também necessários para a integração do modelo propriamente dito, o NCEP assimila todos os dados globais disponíveis, das inúmeras fontes convencionais e não convencionais de dados, a cada 6 horas para o preparo dos campos de inicialização do modelo global. Esse fato foi considerado e, por conseguinte, também pré-supor que eles representam a melhor verdade observada da atmosfera, dentre as quais a temperatura a 2 m, temperatura do ponto de orvalho a 2 m e o módulo do vento a 10 m.

Os desvios médios quadráticos são obtidos com respeito aos valores da análise do GFS, para cada ponto de grade e para cada uma das variáveis considerada. Para facilitar a interpretação da análise considere, por exemplo, os resultados obtidos no primeiro instante da determinação dos desvios (indicado pelo bloco azulado com [1] na Fig.5), ou seja, as 00 UTC do dia 8 de Dezembro de 2005. Os desvios são determinados, nesse instante, para cada um 4 processamentos; ou seja, com a previsão do modelo iniciado em distintos instantes do dia 7 - 00 UTC (cor vermelha), 06 UTC (cor verde), 12 UTC (cor azul) e 18 UTC (cor amarela).

Segundo o esquema apresentado, pelo menos intuitivamente, tudo leva a crer que os resultados da integração iniciada as 18 UTC deve produzir melhores resultados que o das 00 UTC, em considerando que há, de uma forma ou outra, erros maiores a medida que se estende o tempo da integração.

O mesmo procedimento descrito é repetido, exceto que cada uma das previsões se estendem por mais 6 horas de integração para se proceder a determinação dos desvios às 06 UTC do dia 8 (indicado pelo bloco azulado com [2] na Fig.5).

Repete-se novamente o mesmo procedimento conforme esquematizado, para a obtenção dos desvios das 12 UTC, 18 UTC do dia 8 e as 00 UTC do dia 9 (indicados pelo bloco azulado, respectivamente com [3], [4] e [5] na Fig.5).

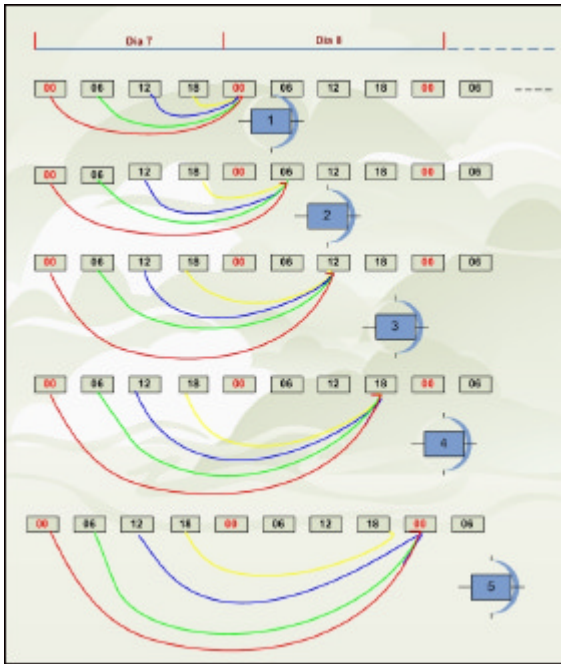


Fig.5 – Processos de integração do WRF

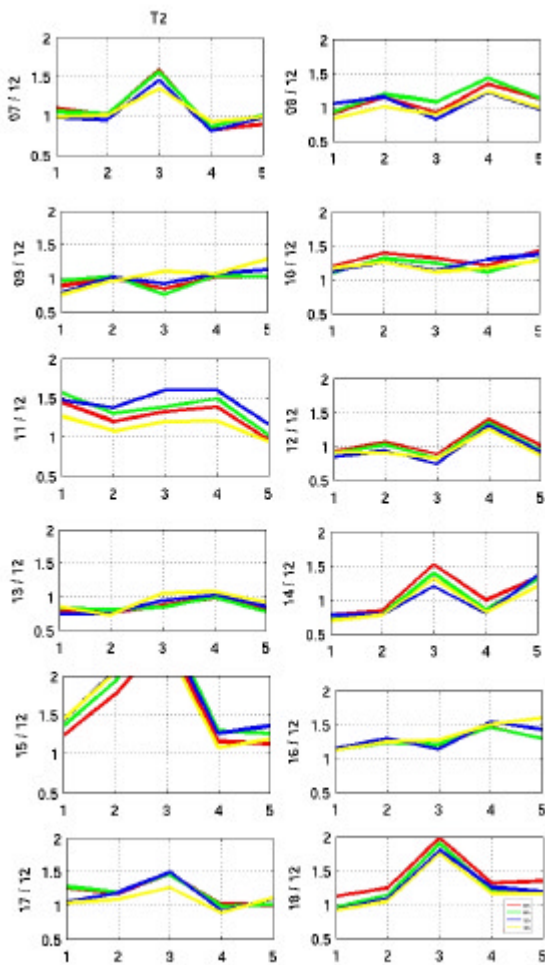


Fig. 6 – Desvios da temperatura a 2m

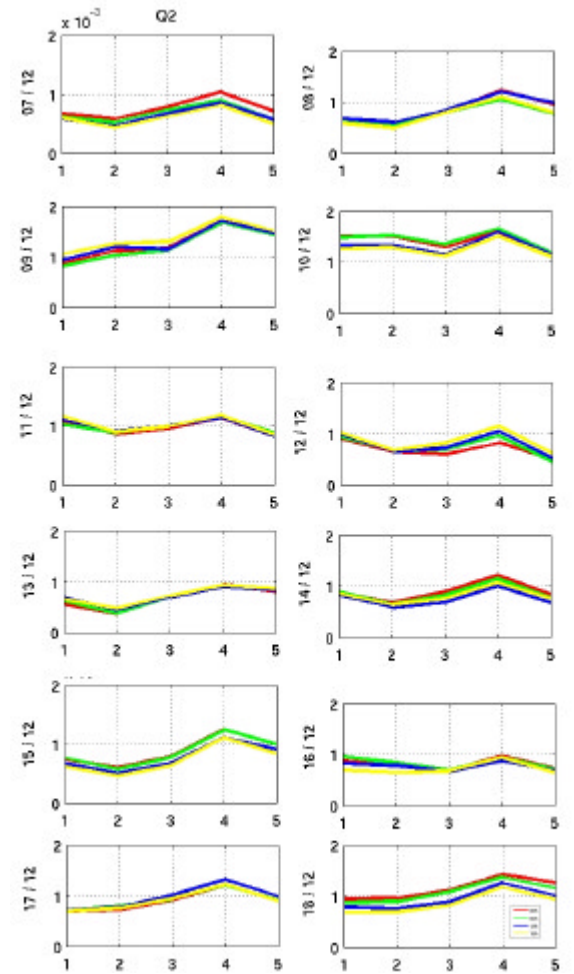


Fig. 7 – Desvios da humidade específica em kg/kg.

Na Fig.6 são apresentados os desvios da temperatura a 2 m para todas as integrações realizadas conforme descrito pelo esquema representado na Fig.5. Um fato interessante é que todas elas apresentam sistêmicas relativamente coerentes, com máximos e mínimos relativamente comuns, muito embora não condizente com o que era de se esperar, ou seja, previsões com maior tempo de integração apresentando maiores desvios. A magnitude dos desvios, exceto na integração das 06 UTC do dia 15, apresentam-se relativamente pequenos, na maioria das previsões com valores inferiores a 1,5 graus.

Na Fig.7 são apresentados os desvios da humidade específica a 2 m para todas as integrações processadas, em kg/kg (note o fator de escala). Assim como na temperatura, os desvios são bem pequenos e também apresentam a mesma sistemática dos picos de máximos e mínimos. Esperar-se-ia maiores desvios e inconsistências entre as integrações, comparadas com a da temperatura, visto tratar-se de uma variável extremamente difícil de ser determinada com precisão. O fato do período de integração não ter apresentado nenhum evento associado a sistemas convectivos ou

de precipitação intensa, talvez tenha favorecido os resultados obtido.

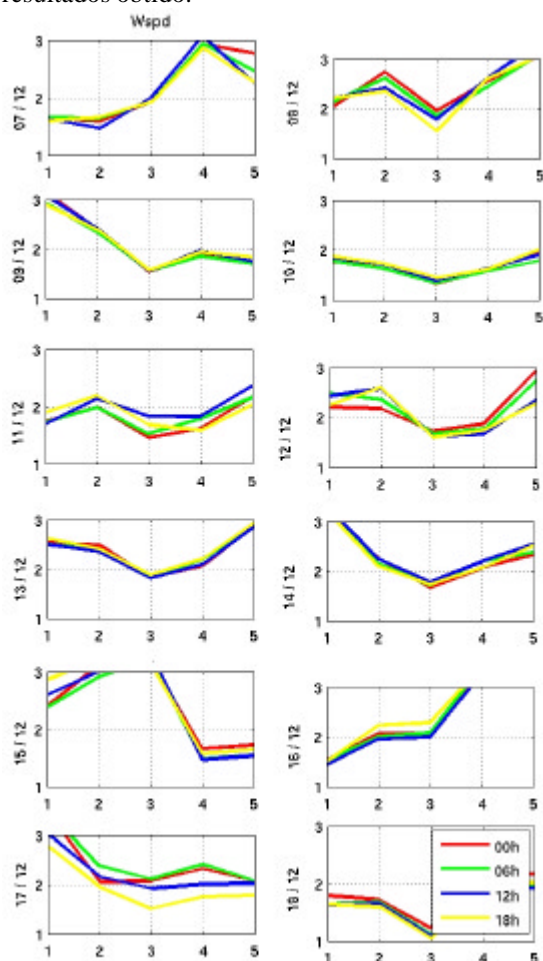


Fig.8 – Desvios do módulo do vento a 10 m.

Os desvios dos módulos do vento a 10 m também apresenta uma a sistemática de máximos e mínimos obtidos para a temperatura e a humidade específica, com desvios relativamente pequenos e praticamente menores que 3 m/s em todas as integrações.

Os resultados obtidos são deveras intrigantes, principalmente pelo fato de apresentarem sistemáticos desvios com a mesma forma, ou seja, curvas que são relativamente paralelas em todas as integrações numéricas. Esse fato levou à considerar a distribuição espacial dos erros em cada uma das integrações, na tentativa de explicar os resultados obtidos. Apenas os resultados das análises do dia 7 são apresentados nas Figs. 8, 9 e 10, respectivamente para a temperatura, humidade específica e vento; visto que nos outros dias foram obtidos resultados muito similares. Como de observa, todos os campos apresentam regiões com as mesmas características de máximos e mínimos valores, que justifica, de uma forma ou outra os resultados das plotagens dos valores médios e a apresentação do paralelismo das curvas.

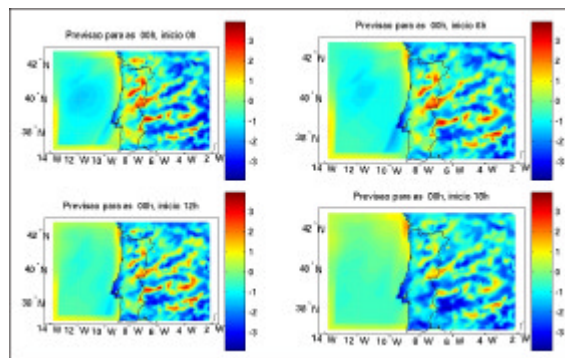


Fig. 9 – Campo de desvios da temperatura a 2m (C).

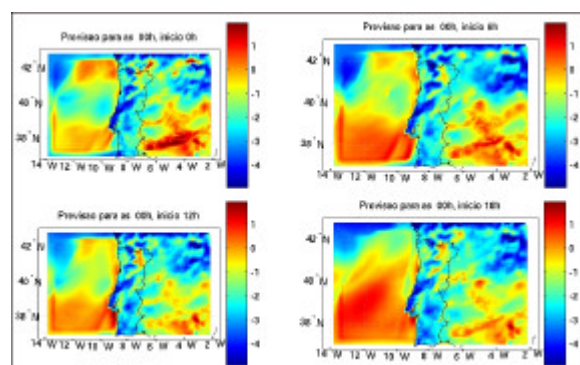


Fig. 10- Campo dos desvios do módulo da velocidade do vento (m/s).

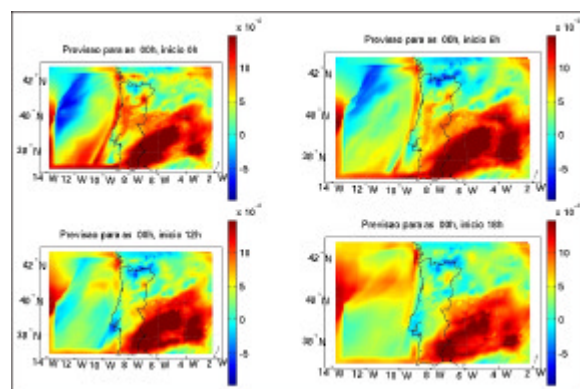


Fig. 11- Campo dos desvios da humidade específica (kg/kg).

4. Conclusão

Não obstante a não utilização de dados observacionais convencionais do Instituto de Meteorologia, visto que o NCEP processa a análise com todos os dados disponíveis a nível global, querem convencionais ou não, foi pré-suposto que as análises do GFS representam a melhor verdade observacional.

Muito embora preliminares, os resultados obtidos são realmente intrigantes e requerem uma exploração mais aprofundada. Caso haja uma persistência dos desvios, uma forma de melhorar os resultados, após proceder-se uma rigorosa avaliação, é

filtrar os erros sistemáticos, pois aparentemente são, relativamente, sempre localizados.

Pela magnitude dos desvios obtidos nas variáveis consideradas, há uma boa indicação de que os resultados obtidos nas previsões são realmente compatíveis com o estado da arte das previsões de tempo de mesoescala. O fato dos resultados de todas as simulações apresentarem resultados similares é provável que, nos casos considerados, muitas ocorrências fenomenológicas foram relativamente bem previstos. Entretanto é importante ressaltar que, embora similares, os resultados apresentam algumas diferenças, embora pequenos e não tão significativos, especialmente com respeito às regiões de ocorrência dos máximos e de mínimos. Ressalta-se, finalmente que a avaliação realizada é preliminar e que a exploração de novos processamentos serão precedidos, bem com a avaliação empregando dados observacionais das estações EMA/IM-PT

Referências Bibliográfica

Bosart, L. F., 2003: Whither weather analysis and forecasting process. *Wea. Forecasting*, 18, 520, 529.

Ebert, E. E., U. Damrath, W. Wergen, M. E. Baldwin, 2003: The WGNE assessment of short term quantitative precipitation forecast. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 84, 481-492.

Kalnay, E., 2003: *Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability*. Cambridge University Press, 341 pp

Ramage, C.S., 1982: Have precipitation forecasts improved? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 63, 739-743.
Olson, D.A., N.W.Junker, B.Korty, 1995: Evaluation of 33 years of quantitative precipitation forecasting at the NMC. *Wea. Forecasting*, 10, 498-511.

Wang, W., Barker, D., Bruyere, C., Dudhia, J., Gill, D., Michalakes, J., 2004: *WRF Modeling System User's Guide*. MMM Division/NCAR/Tech. Notes.

AGRADECIMENTOS

Às instituições que proveram os dados imprescindíveis à realização do trabalho: National Weather Service (NWS/NOAA) /Washington D.C./EUA (<http://nws.noaa.gov>); National Center for Atmospheric Research (NCAR)/Colo/EUA; Universidade de Aveiro (UA). O autor¹ agradece também à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo suporte financeiro.
