

SIMULAÇÃO DA CAMADA LIMITE PLANETÁRIA SOBRE A REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE VITÓRIA COM O USO DO MODELO DE MESOESCALA WRF

Alexandre M. Santiago¹
Neyval C. Reis Jr²
Maxsuel M. R. Pereira³
Taciana T. de A. Albuquerque⁴
Jane M. Santos⁵

1 Físico, aluno de Doutorado, Depto. de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Vitória - ES, Fone: (0 xx 27) 3335-2177, magalhaes.es@gmail.com.

2, 3 e 4 Eng. Mecânico(a), Prof(a). Doutor(a), Depto. de Engenharia Ambiental, UFES, Vitória - ES.

5 Meteorologista, Prof^a. Doutora, Depto. de Engenharia Ambiental, UFES, Vitória - ES.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

RESUMO: O principal objetivo deste trabalho é utilizar o modelo matemático de mesoescala WRF para realizar a simulação do comportamento temporal e espacial da Camada Limite Planetária sobre a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) no Espírito Santo, tendo em vista o conhecimento de suas propriedades dinâmicas e termodinâmicas. Para avaliar os resultados das previsões do modelo WRF, são utilizados dados experimentais de várias estações meteorológicas de superfície bem com dados de radiossondagens. Foram escolhidos dois períodos distintos para a realização deste trabalho: Inverno, (entre 20 de julho de 2008 e 26 de julho de 2008) e verão (entre 01 de março de 2009 a 07 de março de 2009). As comparações com dados experimentais indicam que o modelo WRF consegue melhor ajuste principalmente para o período do verão. A temperatura potencial bem como a temperatura a 2m são bem representadas em todos os períodos, entretanto a velocidade do vento a 10m mostra que em algumas regiões o modelo não conseguiu não obteve um resultado satisfatório.

PALAVRAS-CHAVE: previsão numérica, WRF, campo de vento, temperatura potencial e Camada Limite Planetária.

ABSTRACT: The main objective of this survey is to use the mesoscale WRF (Weather Research and Forecasting) mathematical model to perform the simulation of the temporal and spatial Planetary Boundary Layer behaviour on the Metropolitan Region of *Grande Vitória* (RMGV), *Espírito Santo*, in view of the knowledge of its dynamic and thermodynamic properties as well as the comparison of the results obtained with observational data measured by weather stations present in this region. In order to validate the results of WRF model forecasts, experimental data from various meteorological surface stations and radiosounding data are used. Two distinct periods were chosen to carry out this survey: winter of July 20th to July 26th of 2008 and summer from March 1st to March 07th of 2009. Comparisons with experimental data indicate that the WRF model achieves a better adjust especially for the summer period, the potential temperature and the temperature at 2m are represented very well, however the wind speed at 10m shows that in some regions the model have not achieved a good adjustment.

KEYWORDS: numerical forecast, WRF, field of wind, potential temperature, planetary boundary layer.

INTRODUÇÃO: A Camada Limite Planetária (CLP) é de fundamental importância para o entendimento dos processos na baixa troposfera e mais especificamente, para os fenômenos ligados à dispersão de poluentes atmosféricos, pois é nesta região onde se localiza a maior parte das fontes emissoras de gases e material particulado (STRAWBRIDGE *et al.* 2004). Vários estudos vêm sendo realizados com diferentes modelos matemáticos para simular as propriedades dinâmicas e termodinâmicas da CLP, estes são importantes para o conhecimento do seu desenvolvimento diário. Neste contexto, percebe-se a importância da aplicação de alguns parâmetros estatísticos para comprovar a competência destes modelos em realizar tais simulações. Foi utilizado neste trabalho o modelo *Weather Research and Forecasting* (WRF) (SKAMAROCK, *et al.* 2008) para descrever a estrutura da Camada Limite Planetária para a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) bem como a precisão dos resultados obtidos pelos modelos existentes na literatura. A RMGV concentra grande parte das indústrias e da população do Espírito Santo, isto mostra a importância de se conhecer os fenômenos meteorológicos desta região. Sendo assim, um dos objetivos deste estudo foi realizar a simulação do comportamento temporal e espacial da CLP sobre a RMGV, tendo em vista o conhecimento de suas propriedades dinâmicas e termodinâmicas bem como a validação do modelo de mesoescala WRF.

MATERIAL E MÉTODOS: A região de estudo compreende uma área formada por uma topografia complexa onde seu relevo varia desde uma planície litorânea em sua região leste à colinas que atingem aproximadamente 833m de altura. A ocupação do solo é variada, desde extensas áreas com cobertura vegetal variada até a grande presença de pavimentação nas cidades e alguns entornos. A sua proximidade com o oceano, bem como a sua topografia controlam as condições meteorológicas e a circulação atmosférica. Onde a presença de efeitos de mesoescala é bem representada (brisa marinha e terrestre, formação de chuva, ilhas de calor entre outros).

Neste trabalho foram utilizados dados de elevação e ocupação do solo provenientes do *Global Topographic Data* (GTOPO30), desenvolvido pelo *U.S. Geological Survey* (USGS). Os dados meteorológicos são provenientes do *National Centers for Environmental Prediction /National Oceanic and Atmospheric Administration* NCEP/NOAA, possuindo resolução espacial de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ e resolução temporal de 6h e 47 níveis verticais de pressão, a previsão feita pelo *Global Forecast System* GFS é realizada sempre nos horários (00 UTC, 06 UTC, 12 UTC e 18 UTC) para um período de 384 horas. Os domínios de integração são respectivamente para d01 com 80x80 pontos com 15 km de espaçamento horizontal, d02 com 25x25 pontos com 5 km de espaçamento e d03 com 51x51 pontos com espaçados 1 km. Todos os domínios possuem 31 níveis verticais de pressão com aninhamento do tipo *two-way*. O período de estudo compreende uma semana típica de verão (período úmido) e outra de inverno (período seco). Os resultados das simulações com o WRF foram comparados com os dados de radiossondagem do aeroporto Eurico de Aguiar Salles, dados de quatro estações de superfície as quais monitoram a qualidade do ar pertencentes ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), (Carapina, Enseada do Suá, Vila Velha/Ibes e Cariacica) e com dados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no campus universitário.

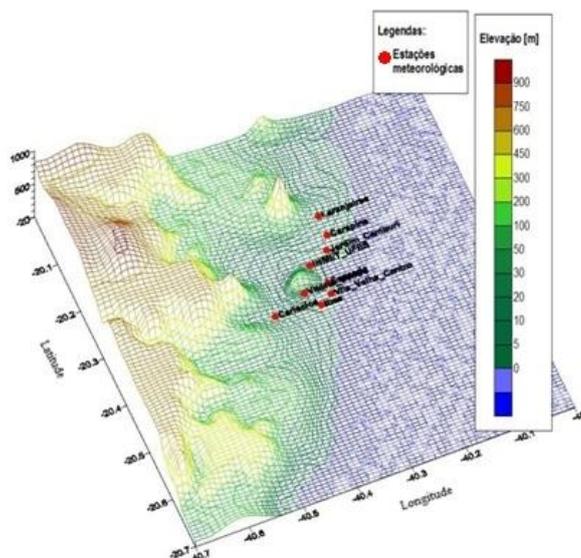


Figura 2-1 – Detalhes topográficos da Região Metropolitana da Grande Vitória e indicação da localização das estações superficiais de monitoramento da qualidade do ar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 3-1 apresenta a comparação entre o perfil vertical da temperatura potencial simulada pelo WRF e observada pela radiossondagem realizada sobre o ponto de monitoramento (para o dia 01/03/2009). Percebe-se que o modelo representa de forma coerente os valores da temperatura, porém para altitudes médias (4000m a 8000m) e elevadas (10000m a 14000m), as temperaturas previstas são superestimadas de forma evidente pelo modelo. O maior desvio encontrado foi da ordem de 24K quando o modelo simula a temperatura em altitudes elevadas. O comportamento da temperatura é semelhante durante todos os dias desta semana. O estudo enfatizou a estrutura vertical da temperatura até 3000m (desvios da ordem de 2 a 5K) por se tratar da região onde a temperatura sofre a maior influência da superfície terrestre.

Com relação ao perfil vertical da velocidade e direção do vento (Figura 3-2), verifica-se que o modelo WRF consegue uma boa representação para a velocidade do vento principalmente para alturas maiores que 1000m e no período matutino. À noite o modelo gerou dados com desvios de até 5m/s. A direção do vento para alturas abaixo de 1000m mostrou-se superestimada. A direção do vento em alguns momentos foi representada de forma inconsistente principalmente no período noturno, onde desvios da ordem de 200° foram encontrados.

Neste estudo a velocidade do vento a 10m de altura em relação ao solo foi dividida em duas direções, velocidades do vento zonal (u) e do vento meridional (v). Foram utilizadas as estações meteorológicas de superfície localizadas em Carapina na Serra, Enseada do Suá em Vitória, Vila Capixaba em Cariacica e Goiabeira em Vitória para comparação com os dados simulados, onde os melhores resultados foram obtidos sobre a estação do INMET/UFES (Figura 3-2 (a)) e os piores resultados foram obtidos sobre a estação localizada em Vila Capixaba/Cariacica (Figura 3-2 (b)). Verificou-se que o modelo conseguiu representar satisfatoriamente a sazonalidade dos dados observados pela estação tanto para o vento zonal quanto para o vento meridional. Verifica-se que os valores máximos do vento zonal foram superestimados e os valores mínimos subestimados para todos os dias da simulação. Este fato não é verificado para a velocidade meridional onde apenas nos dias 03 e 04 o modelo superestimou esta velocidade, em todos os outros dias ela foi subestimada. O maior valor simulado foi de aproximadamente 2,5 m/s enquanto o medido foi de aproximadamente 1m/s. para o vento na direção Leste. Já os ventos vindos do oceano, direção Oeste, o maior valor

simulado foi aproximadamente 6 m/s e o medido 3,5 m/s. Para o vento meridional na direção Oeste, as maiores velocidades encontradas foram 2,5 m/s aproximadamente tanto para a simulação quanto para a medição, porém estes valores foram encontrados em dias diferentes. O comportamento do modelo foi o mesmo em todas as outras estações. Para o vento zonal, o modelo superestima os valores do vento na direção Oeste e subestima os valores na direção Leste. Para o vento meridional, o modelo segue subestimado o seu valor em ambas as direções, salvo algumas exceções onde em um ou dois dias isolados o modelo superestima os valores do vento proveniente do Norte.

As Figuras 3-3(a) e (b) mostram a simulação da temperatura a 2m e comparada com os valores experimentais obtidos pelas estações meteorológicas de superfície (INMET/UFES e IEMA/Cariacica). Na comparação entre o WRF/INMET e WRF/Cariacica é possível observar que o modelo conseguiu representar de forma consistente a variação diária (ciclo diurno) dos valores da temperatura nestas regiões. Os valores máximos foram bem representados, porém os mínimos na região de Cariacica foram subestimados pelo modelo. Em todos os casos os gráficos de dispersão mostram que a grande maioria dos dados simulados são subestimados, porém percebe-se novamente que a simulação sobre a estação do INMET/UFES é melhor que a realizada sobre a estação IEMA/Cariacica.

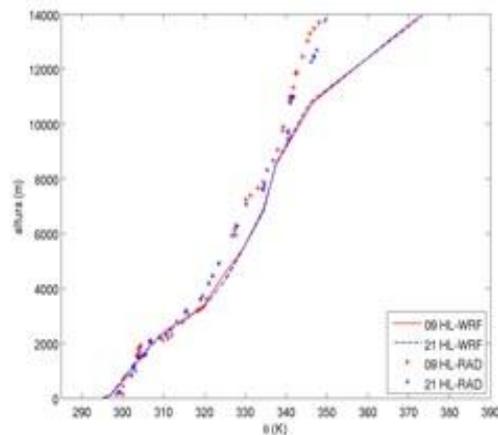


Figura 3-1 – Comparação entre o perfil vertical da temperatura potencial até 14000m com os dados obtidos pela radiossondagem e simulada pelo WRF, sobre o aeroporto Eurico de Aguiar Salles no dia 01 de março de 2009

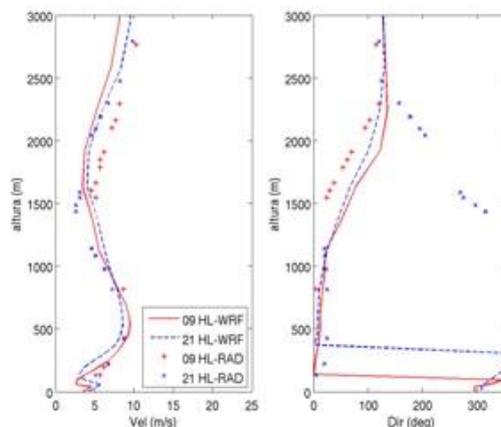


Figura 3-2 – Perfis verticais da velocidade e da direção do vento simulados pelo WRF e observados pela radiossondagem sobre o aeroporto Eurico de Aguiar Salles o dia 02 de março de 2009.

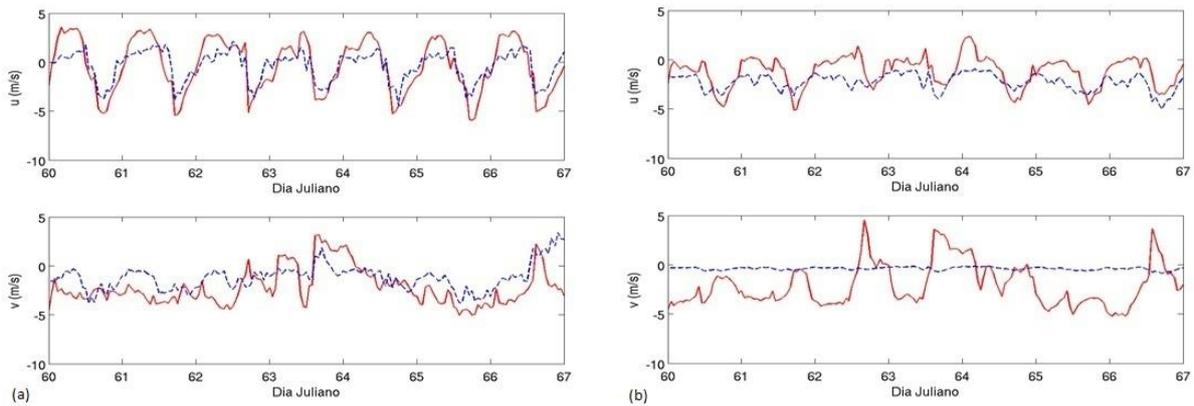


Figura 3-2 – Comparação entre as velocidades do vento zonal (u) e meridional (v) simulados e observados sobre a estação meteorológica de superfície (a) do INMET/UFES e (b) IEMA/Cariacica. Para os dias entre 01 a 07 de março de 2009.

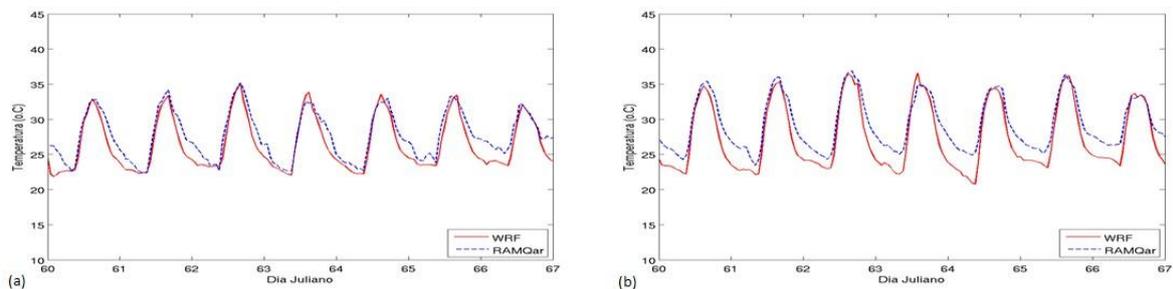


Figura 3-3 – Série temporal da temperatura a 2 m sobre as estações meteorológicas de superfície (a) INMET/UFES e (b) IEMA/Cariacica. Para os dias de 01 a 07 de março de 2009.

CONCLUSÕES: Os resultados obtidos indicam que o modelo conseguiu prever razoavelmente os padrões de variação da CLP analisados, mas alguns desvios significativos entre as previsões e observações experimentais foram encontrados. De uma maneira geral, o desempenho do modelo WRF no período de verão é superior ao período de inverno. O modelo conseguiu representar de forma satisfatória o ciclo diário de temperaturas a 2m na região. As comparações dos perfis verticais de temperatura com dados de radiossondagem também indicaram um razoável nível de concordância com os dados experimentais, porém o modelo várias vezes não conseguiu prever bem o gradiente vertical de temperatura e a direção do vento em médias altitudes.

REFERÊNCIAS

STRAWBRIDGE, K. B.; SNYDER, B. J. **Planetary boundary layer height determination during Pacific 2001 using the advantage of a scanning lidar instrument.** *Atmospheric Environment*. v. 38, p. 5861-5871, 2004.

SKAMAROCK, W. C.; KLEMP, J. B.; DUDHIA, J.; GILL, D. O.; BARKER, D. M.; HUANG, X-Y; WANG, W.; POWERS, J. G. **A Description of the Advanced Research WRF Version 3.** NCAR/TN-475+STR, june-2008. Disponível em < http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/arw_v3.pdf>. Acesso em outubro, 2008.