

SISTEMA DE PREVISÃO NUMÉRICA DO TEMPO DO ICEA

Miguel Ângelo Vargas de Carvalho^{1,2}, Carlos Alberto F. Gisler^{1,3}, Anderson Jean Oliveira Silva^{1,4},
Antônio Luís Cardoso Neto^{1,5}

*miguelmavc@icea.gov.br*², *gisler@icea.gov.br*³, *jean@icea.gov.br*⁴, *neto@icea.gov.br*⁵

¹ Instituto de Controle do Espaço Aéreo, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

Resumo: Em uma clara afirmação da sua aplicabilidade em diferentes áreas, em particular nas atividades aeronáuticas e aeroespaciais, os modelos regionais WRF e MM5 vêm sendo amplamente empregados como ferramenta que representa o estado da arte na previsão numérica do tempo. Com a operacionalização do sistema de previsão numérica do tempo, o Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) consegue estar inserido no crescimento natural das pesquisas na área de previsão operacional do tempo, ao disponibilizar prognósticos das condições do tempo em alta resolução para as Regiões de Informação de Vôo (FIRs) e para os dois Centros de Lançamentos do Brasil: Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI). Atualmente, o sistema operacional gera prognósticos para 72 h, inicializado quatro vezes ao dia (00Z, 06Z, 12Z e 18Z). As saídas dos modelos são salvas em intervalos de 3 horas. Os produtos gerados pelos modelos estão disponibilizados nos sítios do ICEA e da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET).

Palavras Chaves: MM5. WRF. ICEA. CLA. CLBI.

Introdução

Um dos principais objetivos operacionais da meteorologia é a previsão do tempo com o intuito de determinar em um período futuro e com o máximo de exatidão possível como os fenômenos atmosféricos irão se comportar em um determinado local. A análise das condições do tempo é baseada em vários dados, atmosféricos e oceânicos, com possível relevância na previsão e coletados diariamente de várias estações meteorológicas distribuídas ao redor do mundo. Com o desenvolvimento tecnológico verificado nos últimos anos, tornou-se possível realizar o processamento dessas informações de forma otimizada e automática e gerar prognósticos de tempo por meio de sistemas denominados de modelos de Previsão Numérica de Tempo (PNT). Desta forma, um modelo de PNT pode ser conceituado como um sistema computacional cuja finalidade é simular o comportamento da atmosfera, de forma a prever o seu estado futuro, a partir de condições presentes. Para o Comando da Aeronáutica, a previsão de fenômenos meteorológicos é importante por causa do impacto nas atividades aeronáuticas e aeroespaciais, tais como gerenciamento do tráfego aéreo e lançamento de foguetes. Em 2002, foram iniciadas, tanto para fins operacionais quanto para pesquisa e desenvolvimento científico, as primeiras simulações com a 5ª Geração do Modelo de Mesoescala (MM5). Atualmente, o MM5 tem sido usado pelas seguintes instituições: Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) e Centro Nacional de Meteorologia Aeronáutica (CNMA). Em 2011, iniciou-se a elaboração e desenvolvimento do *Weather Research and Forecasting Model* (WRF). O WRF é a última geração de modelo numérico de previsão do tempo que servirá tanto para a operacionalidade dos centros meteorológicos como para as pesquisas atmosféricas.

Objetivos

Disponibilizar operacionalmente prognósticos meteorológicos em alta resolução para áreas de maior fluxo da navegação aérea nacional e centros de lançamentos de foguetes, possibilitando um aumento do detalhamento das informações meteorológicas e da qualidade da previsão do tempo.

Metodologia

As configurações dos domínios e das resoluções horizontais e verticais de cada domínio dos modelos regionais WRF e MM5 instalados no ICEA são semelhantes. Os modelos fornecem previsões das condições do tempo em intervalos de 3 horas por um período de 72 horas (3 dias), sendo inicializados 4 vezes ao dia (0000UTC, 0600UTC, 1200UTC e 1800UTC). Os prognósticos são gerados para quatro domínios diferentes (D1), cada qual com uma grade aninhada (D2), que, juntos, cobrem todo o território brasileiro. Por exemplo, a Figura 1 mostra os domínios denominados de NORDESTE (Fig. 1a e b) e ALCANTARA (Fig. 1c e d).

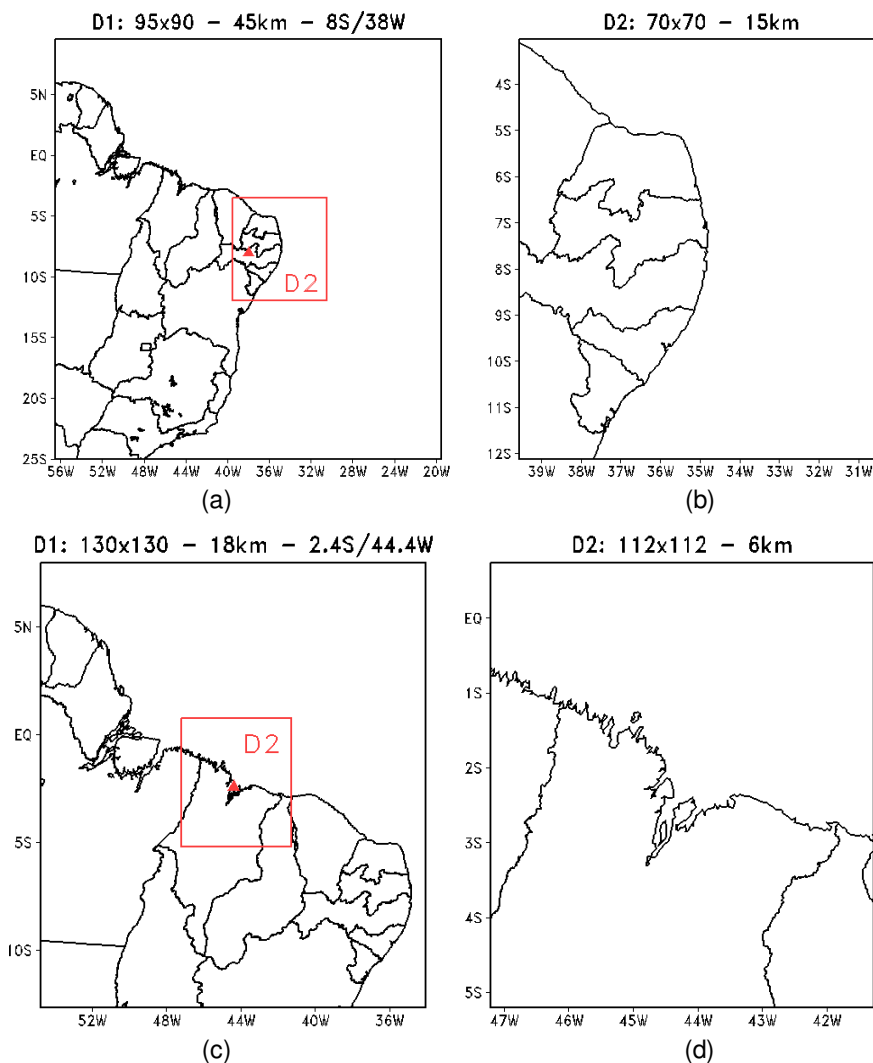


Figura 1 – Domínio das grades NORDESTE com resolução de 45 km (a) e 15 km (b); e ALCANTARA com resolução de 18 km (c) e 6 km (d). O triângulo vermelho representa o centro da grade principal.

A resolução vertical utilizada é de 28 níveis, com pressão no topo da atmosfera de 50 hPa. As parametrizações físicas empregadas no modelo WRF são: WSM3 (HONG, DUDHIA; CHEN, 2004) para microfísica (convecção explícita); RRTM (MLAWER ET AL., 1997) para radiação de onda longa; Dudhia (DUDHIA, 1989) para radiação de onda curta; MM5 similaridade (PAULSON; DYER e HICKS; WEBB, 1970) para camada superfície; Noah-LSM (CHEN; DUBHIA, 2001) para processos de superfície; Yonsei University Scheme (HONG; NOH; DUDHIA, 2006)

para camada limite planetária; e Kain-Fritsch (KAIN; FRITSCH, 1993) convecção rasa e profunda. No MM5, as parametrizações utilizadas são: “simple ice” (DUDHIA, 1989) para microfísica (convecção explícita); cloud radiation scheme para radiação; MRF-PBL (Hong e Pan, 1996) para camada limite planetária; multi layer para processos de superfície; Grell (Grell, 1993) para convecção profunda (convecção implícita). As condições iniciais e de contorno provêm das análises do modelo global *Global Forecast System (GFS)* do NCEP no formato da segunda versão do código *General Regularly-distributed Information in Binary (GRIB2)*, com resolução horizontal (temporal) de 0,5° (6h) e 64 níveis na vertical. O conjunto de dados de tipo de solo e uso do terreno utilizado foi obtido da USGS, dividido em 24 categorias (USGS 24-category data).

Resultados e discussão

Atualmente, o ICEA executa operacionalmente dois modelos de PNT: MM5 e WRF. Estes modelos disponibilizam informações para todo o território brasileiro e seus produtos estão disponibilizados na página do ICEA (www.icea.gov.br/climatologia/index.html). Exemplos de produtos gerados para a grade aninhada (D2) de ALCANTARA e NORDESTE são mostrados na Figura 2.

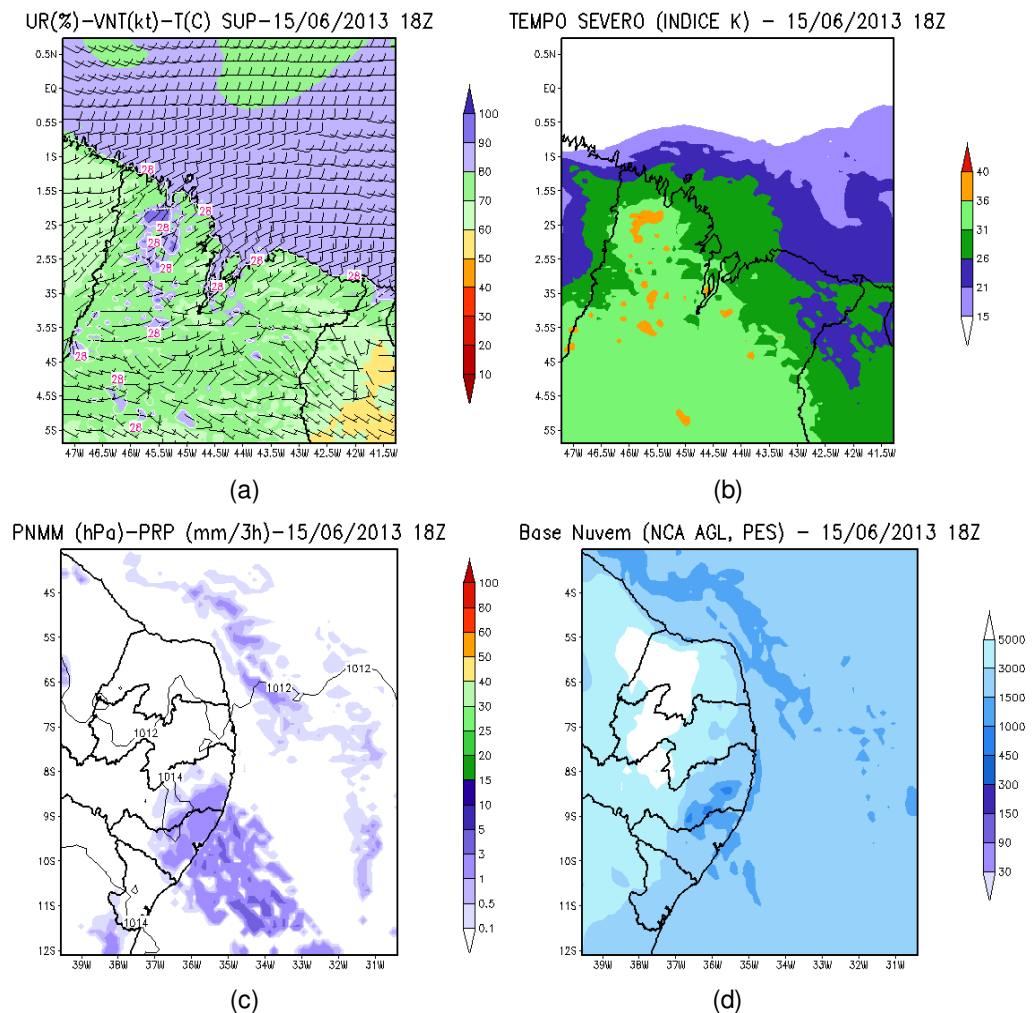


Figura 2 – Grades aninhadas (D2) dos domínios ALCANTARA (a e b) e NORDESTE (c e d) com informações de umidade relativa, vento e temperatura em superfície (a), índice K (b), pressão ao nível do mar e precipitação acumulada em 3h (c) e base de nuvem (d).

Considerações Finais

A previsão operacional do tempo vem crescendo naturalmente, numa clara afirmação da sua aplicabilidade em diferentes áreas, em particular nas atividades aeronáuticas e aeroespaciais. O ICEA implementou com sucesso o sistema de previsão de tempo com a utilização dos modelos MM5 e WRF (IRIART ET AL., 2011). Espera-se que o presente trabalho tenha contribuído para uma melhor compreensão de suas características e aplicabilidade. Informação detalhada e precisa da utilização desses modelos é necessária para o aperfeiçoamento do sistema de previsão de tempo, tornando-se útil para serem aplicadas nas atividades de interesse do Comando da Aeronáutica, tais como gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo e lançamento de foguetes.

Referências

- CHEN, F.; DUDHIA, J. Coupling an advanced land-surface/ hydrology model with the Penn State/ NCAR MM5 modeling system. Part I: Model description and implementation. **Mon. Wea. Rev.**, v. 129, p. 569-585, 2001.
- DYER, A. J.; HICKS, B. B. Flux-gradient relationships in the constant flux layer, Quart. **J. Roy. Meteor. Soc.**, v. 96, p. 715-721, 1970.
- DUDHIA, J. Numerical study of convection observed during winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model. **J. Atmos. Sci.**, v.46,p.3077-3107, 1989.
- HONG, S-Y; DUDHIA, J.; CHEN, S.-H. A revised approach to ice-microphysical processes for the bulk parameterization of clouds and precipitation. **Mon. Wea. Rev.**, 132, 1, 103-120, 2004.
- GRELL G.A. Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterization. **Mon. Wea. Rev.**, v.121, p. 764–787, 1993.
- HONG, S.-Y.; PAN, H.-L. Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a mediumrange forecast model. **Mon. Wea. Rev.**, v. 124, p. 2322-2339, 1996.
- HONG, S.-Y; NOH, Y.; DUDHIA, J. A new vertical diffusion package with an explicit treatment of entrainment processes. **Mon. Wea. Rev.**, v. 134, p. 2318–2341, 2006.
- IRIART, P. G.; CARVALHO, M. V. C; PEREIRA NETO, A.V. **Manual de instalação, compilação e execução do sistema de modelagem numérica WRF no ICEA.** Subdivisão de Climatologia e Arquivo Meteorológico (PBCA), Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), São José dos Campos, 2011.
- KAIN, J. S.; FRITSCH, J. M. Chapter 16 – Convective parameterization for mesoscale models: The Kain-Fritsch Scheme, in meteorological monographs. **Amer. Meteor. Soc.**, v. 24, n. 46, 1993.
- MLAWER, E. J.; TAUBMAN, S. J.; BROWN, P. D.; IACONO, M. J.; CLOUGH, S. A. Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. **J. Geoph. Res.**, v.102, n. D14, p. 16663-16682, 1997.
- PAULSON, C. A. The mathematical representation of wind speed and temperature profiles in the unstable atmospheric surface layer. **J. App. Meteor.**, v. 9, p. 857-861, 1970.
- WEBB, E. K. Profile relationships: The log-linear range, and extension to strong stability. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, v. 96, p. 67-90, 1970.