

## Simulação dos grandes turbilhões aplicada ao ciclo diário da camada limite planetária – Parte 1

Franciano Scremin Puhales<sup>1</sup>, Umberto Rizza<sup>2</sup>, Gervásio Annes Degrazia<sup>3</sup>, Guilherme Sausen Welter<sup>1</sup>, Felipe Denardin Costa<sup>1</sup>, Luis Gustavo Nogueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*PPG em Física/UFSM/CRS/INPE/Santa Maria, RS - Brasil*

<sup>2</sup>*Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Lecce - Itália*

<sup>3</sup>*Departamento de Física/UFSM/CRS/INPE/Santa Maria, RS - Brasil*  
*e-mail: fpuhales@gmail.com*

### Resumo

Neste trabalho são apresentados alguns resultados preliminares sobre a capacidade de um modelo de simulação dos grandes turbilhões (LES) em descrever a camada limite planetária. Foi realizada uma simulação inicializada com perfis verticais e dados de superfície obtidos experimentalmente e extraídos de um modelo regional. Os resultados da simulação são então comparados com dados experimentais afim de verificar a evolução das variáveis simuladas em relação as observadas.

### Abstract

In this work, some preliminary results on the ability of a large eddy simulation model (LES) to describe the planetary boundary layer are presented. The performed simulation was initialized with vertical profiles and surface data obtained experimentally and from a regional model. Fally, the simulation results are compared with experimental data in order to verify the evolution of the simulated variables in relation to the observed ones.

### 1. Introdução

A Camada limite planetária (CLP), região caracterizada por um escoamento turbulento e que se estende desde o solo até algumas centenas de metros, apresenta um ciclo diário bem definido sobre o continente e na ausência de nuvens. A turbulência que caracteriza a CLP consiste em um conjunto de vórtices, acoplados, de diferentes escalas (tempo e

espaço) que interagem não linearmente entre si e com os contornos do sistema. Como consequência da não linearidade e da multitude de escalas envolvidas na turbulência, a descrição matemática desse fenômeno físico, que é responsável por produzir variações quase aleatórias nas variáveis que descrevem o escoamento nesta região da troposfera, é extremamente complexo. Além da complexidade da descrição teórica do campo turbulento existem grandes dificuldades na realização de experimentos que capturem informação espacial e temporal destes campos. Devido a isto e também ao grande avanço da computação de alto desempenho, tem se tornado cada vez mais freqüente a utilização de simulações numéricas no estudo da CLP. Uma das técnicas mais empregadas é a Simulação dos Grandes Turbilhões (*Large Eddy Simulation*, LES). Um modelo do tipo LES resolve numericamente as equações de movimento para os maiores turbilhões e parametriza para as menores escalas, as quais têm comportamento *quasi*-universal. Neste trabalho propõem-se uma comparação entre os dados micrometeorológicos obtidos na estação experimental do aeroporto de Candiota, RS, Brasil ( $31^{\circ}29'42,8''S$   $53^{\circ}41'38''W$ ) durante os dias 30 de setembro e primeiro de outubro de 2007 com os dados gerados por uma simulação LES.

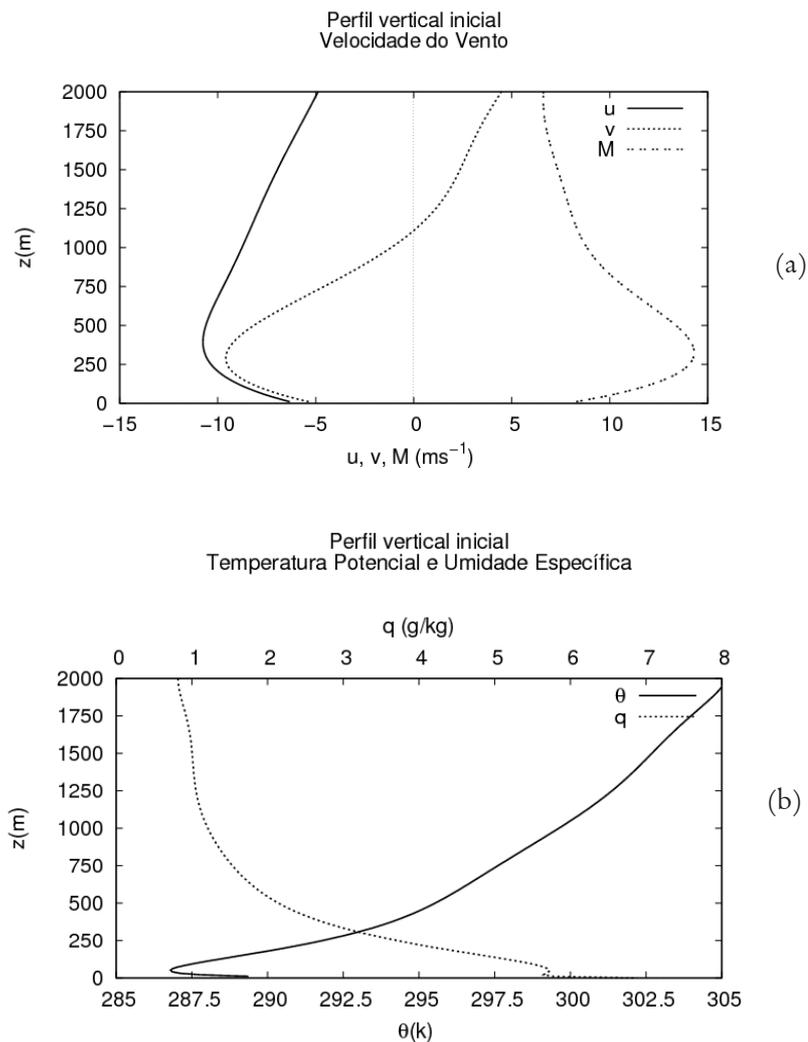
## 2. Metodologia

Para a realização da simulação utilizou-se o código proposto por Moeng (1984) e a parametrização de sub-grade de Sullivan et al. (1994). Foi utilizado um domínio espacial de  $(x_1, x_2, x_3) = (4km; 4km; 2km)$  sendo as duas primeiras horizontais e a terceira vertical. O domínio computacional consiste em uma grade de  $128 \times 128 \times 192$  pontos em cada dimensão espacial. Desta maneira o espaçamento da grade é dado por  $\Delta x_i = x_i/n$ , assim  $(\Delta x_1; \Delta x_2; \Delta x_3) = (31,25m; 31,25m; 10,42m)$ . O tempo simulado de camada limite planetária foi de aproximadamente  $26h$ , partindo das  $8h$  (horário local) do dia 30 de setembro. Este dia foi escolhido por não apresentar cobertura de nuvens.

Os perfis iniciais foram obtidos através de um modelo regional (BRAMS) e são exibidos na Figura (1).

Os dados experimentais foram obtidos com instrumentos localizados à  $30cm$  e  $10m$  da superfície. O instrumento no nível inferior mediu temperatura com uma taxa de  $1 Hz$  e os instrumentos de nível superior mediram temperatura e velocidade a taxa de  $1 Hz$  (baixa) e  $10 Hz$  (alta). Com os dados de alta foram calculadas as variáveis turbulentas para comparação com o modelo. Ambas as séries de dados passaram por um tratamento estatístico onde foram obtidos valores médios para uma

janela de 30 *min* com um deslocamento de 3 *min*. Além das condições iniciais o modelo precisa ser forçado com alguma variável de superfície. Neste trabalho empregaram-se dados experimentais de temperatura à 30 *cm* do solo interpolados por um polinômio que foi inserido no modelo. As curvas de temperatura e umidade específica que fazem o papel de forçante no modelo é apresentada na Figura 2.



**Figura 1.** Perfil de temperatura potencial e umidade específica (b); Perfil da magnitude do vento onde  $u$  e  $v$  são as duas componentes horizontais e  $M = (u^2 + v^2)^{0.5}$  (a).

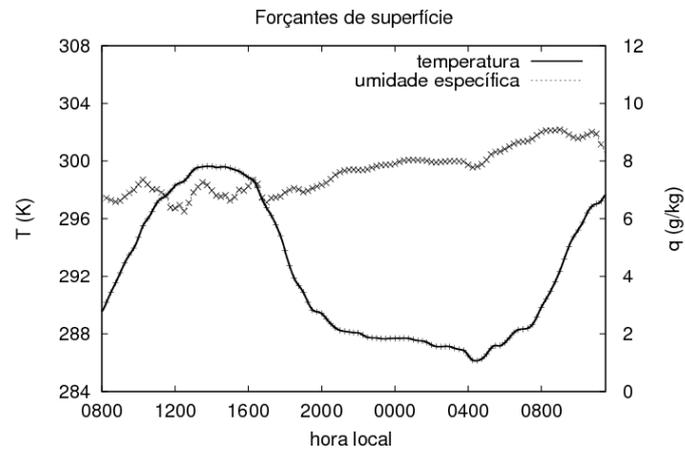


Figura 2. Curvas de temperatura e umidade específica utilizada para forçar a condição de superfície do modelo.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem às agências CAPES e CNPq pelo apoio financeiro.

## 5. Referências

- MOENG, C.-H.: A large-eddy-simulation model for the study of planetary boundary layer turbulence. *Journal of Atmospheric Science*, v. 41, p. 2052–2062, 1984.
- STULL, R.: *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. 666 p.
- SULLIVAN, P. P.; MCWILLIAMS, J. C.; MOENG, C.-H.: A subgrid-scale model for large-eddy simulations of planetary boundary-layer flows. *Boundary Layer Meteorology*, v. 71, p. 247–276, 1994.