

# Estudo da CLP urbana por meio de um modelo de fechamento de segunda ordem unidimensional

Edson R. Marciotto, Amauri P. de Oliveira, Maurício J. Ferreira

*Departamento de Ciências Atmosféricas, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – Universidade de São Paulo  
e-mail: edson@model.iag.usp.br*

## 1. Resumo

Um modelo de fechamento de segunda ordem (MFSO) acoplado a um modelo de dossel urbano (MDU) é utilizado para estudar o papel da ocupação do solo de uma região urbana sobre o balanço de energia na superfície e sobre a estrutura vertical da camada limite planetária (CLP). Em todos os casos o dossel é considerado homogêneo e sem topografia. A evolução temporal da altura da CLP e da temperatura na superfície e os perfis verticais de temperatura potencial e energia cinética turbulenta (ECT) são discutidos.

## 2. Introdução

O MFSO empregado é um modelo de turbulência desenvolvido por Oliveira (2003). Na versão original do modelo a superfície é descrita por um modelo de interação superfície-biosfera-atmosfera (ISBA). Uma versão urbana foi implementada com base em Masson (2000). Nesta a superfície urbana é descrita por um conjunto de cânions e o balanço de energia sobre o dossel é feito com base na média ponderada (pelas áreas) de cada superfície do cânion. O modelo não inclui advecção, aquecimento/esfriamento radiativo ou efeitos de cobertura de nuvens. Foram simulados os dias julianos 69 (verão) e 211 (inverno), para os casos urbano (MDU) e rural (ISBA). Os resultados são discutidos comparativamente.

## 3. Resultados e discussão

A Fig. 1 mostra o desenvolvimento da CLP para um sítio urbano. Entre 0800 e 0900 LT a taxa de crescimento no verão é suficiente para que a CLP fique cerca de 200 a 300 m mais alta em relação ao inverno. A taxa de

decaimento da CLP é muito próximas em todos os casos, fato que pode ser compreendido devido ao processo de dissipação da turbulência, que é universal e determinado pelas pequenas escalas de movimento, dominantes após o pôr do sol.

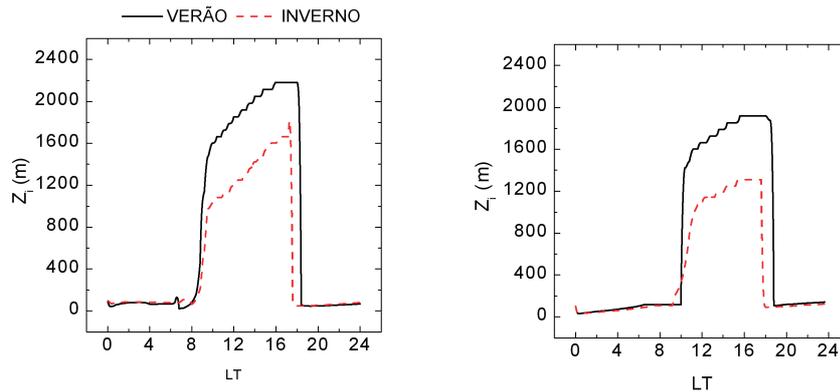


Figura 1. Evolução da CLP urbana (esquerda) e rural (direita).

Na Fig. 2 são mostrados os ciclos diurnos das temperaturas do ar no nível da superfície. É observado que ao contrário do que ocorre no dossel urbano, no dossel rural a amplitude térmica é maior no inverno (12°C) do que no verão (7°C). A geometria do dossel urbano faz com que a máxima ocorra mais próxima do meio-dia.

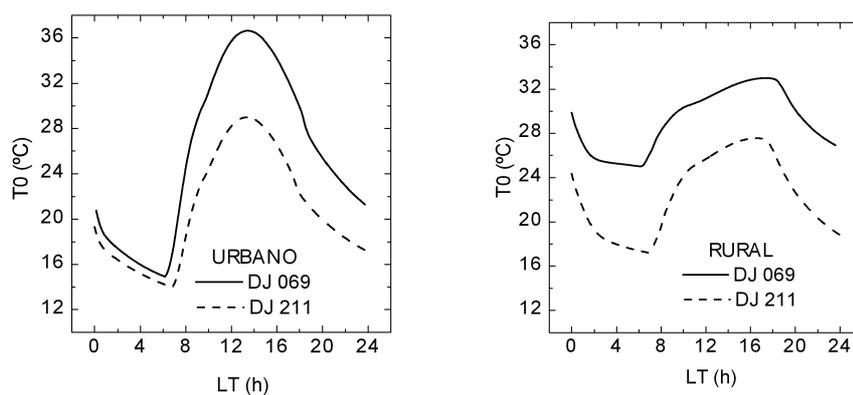


Figura 2. Temperatura do ar no nível da superfície: urbana (esquerda) e rural (direita).

Na Fig. 3 é apresentado o perfil de temperatura potencial. A CLP diurna se mantém bem misturada desde a superfície até o nível de 1800 m, no sítio urbano, e até 1000 m (Fig. 3a).

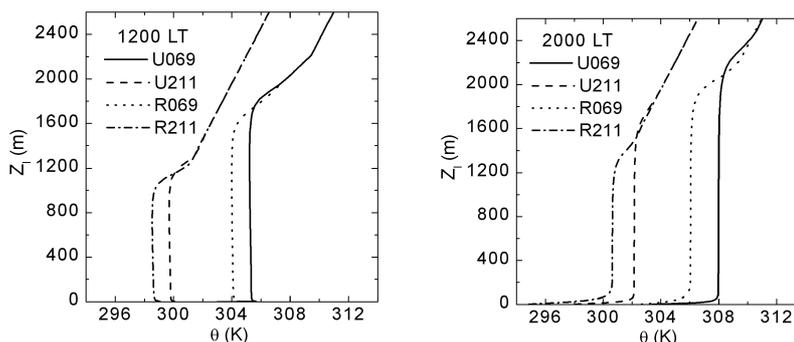


Figura 3. Temperatura potencial para o caso urbano (esquerda) e rural (direita).

A variação temporal da energia cinética turbulenta (ECT) é dada por  $\partial e / \partial t = PM + PT + TR - \epsilon$ , sendo PM a produção mecânica, PT, térmica, TR, o transporte e  $\epsilon$  a dissipação. Na Fig. 4 são mostrados os perfis verticais das componentes do balanço energia cinética turbulenta no verão. O perfil para o inverno é qualitativamente o mesmo. Às 1200 LT as componentes do balanço de energia não se encontram em equilíbrio o que pode ser evidenciado pela curva de DEDT. Neste horário o equilíbrio é atingido somente acima da CLP, onde não há mais turbulência. Pode ser observado que DEDT se anula ainda muito próximo da superfície ( $0.1 Z_T = Z_i$ ). Esta situação está presente nas duas estações. A produção térmica no verão é maior do que no inverno o que acarreta também uma dissipação maior. No verão o termo de transporte é, em valor absoluto, um pouco maior no verão. O cisalhamento das componentes horizontais do vento não contribui para o balanço de ECT a não ser nos níveis mais baixos do modelo. O que a Fig. 4 mostra é que, essencialmente, a fonte de energia para a CLP durante o período diurno é o fluxo de calor sensível. Por outro lado, no início do período noturno o termo de empuxo torna-se muito menor do que o termo de cisalhamento do vento além de ser negativo, i.e., uma camada estável começa a se formar contribuindo para a destruição da turbulência nos baixos níveis. As componentes do balanço de ECT se mantêm em equilíbrio ( $\partial e / \partial t = 0$ ) por toda a extensão da CLP.

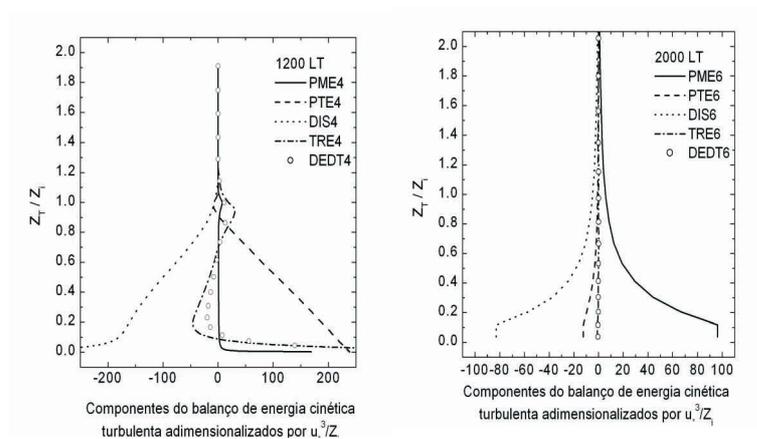


Figura 4. Perfil vertical da energia cinética turbulenta.

#### 4. Conclusão

Neste artigo foram apresentados resultados de um modelo de fechamento de segunda ordem acoplado ao um MDU e também a um modelo ISBA. Diferenças significativas podem ser na evolução da temporal da CLP sendo mais alta no caso urbano. A temperatura no nível da superfície apresenta maior amplitude térmica no caso urbano, sendo as mínimas menores e as máximas maiores em relação ao caso rural. Para os períodos simulados a inversão térmica ocorre a uma altura inferior no caso urbano. A produção de ECT torna-se estacionária no período diurno a partir de  $Z/Z_i \approx 0.6$ , e no período noturno permanece estacionária por toda a CLP.

#### 5. Referências

1. Masson V., 2000: A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models, *Boundary-Layer Meteor.*, **94**, 357-397.
- 2 Oliveira A.P., 2003: *Investigação da Camada Limite Planetária na Região de Iperó*, Tese de livre-docência, Universidade de São Paulo, São Paulo.