

# **Estimativa dos Fluxos Turbulentos através do Método Direto**

Maria Helena Miagushiko Martins

Amauri Pereira de Oliveira (Orientador)

IAG/USP – Departamento de Ciências Atmosféricas - ACA

## **Introdução**

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) compreende uma área de 1510 km<sup>2</sup> onde está concentrada as áreas urbanas de 38 municípios, com aproximadamente 20 milhões de habitantes e 7 milhões de veículos e mais de 20 mil indústrias. O clima da RMSP tem sofrido modificações associadas ao crescimento da área urbanizada, que por sua vez tem alterado as propriedades térmicas, radiométricas e aerodinâmicas da superfície. As principais consequências dessas alterações são verificadas através das modificações nos padrões de circulação atmosférica, aumento da intensidade da ilha de calor urbana, aumento na poluição atmosférica, modificação do regime local de precipitação e diminuição da evaporação da superfície. Para entender como os processos físicos associados às modificações antrópicas tem contribuído para definição do clima urbano da cidade de São Paulo, torna-se necessário descrever observacionalmente estes processos.

Entre os processos físicos que mais contribuem na definição do clima urbano destacam-se os processos de interação entre atmosfera e o dossel urbano, especificamente os fluxos turbulentos de energia (calor sensível e calor latente), a transferência líquida de radiação (radiação líquida), o armazenamento de energia no dossel urbano e as fontes antropogênicas de calor. Os transportes turbulentos de energia e momento na superfície urbana são importantes para determinar a evolução vertical da Camada Limite Urbana e determinar a intensidade da Ilha de Calor Urbana e o seu impacto nos padrões das circulações locais e da dispersão de poluentes atmosféricos. Em conjunto com os demais termos do balanço de energia na superfície, o transporte turbulento é um dos componentes mais importantes da meteorologia urbana (Ferreira *et al.*, 2012).

## **Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo descrever o comportamento dos fluxos turbulentos de calor sensível e latente, utilizando observações de velocidade vertical, temperatura e umidade específica do ar, realizadas com frequência de 10 Hz na Plataforma Micrometeorológica do IAG da USP com sensores de resposta rápida (Fig. 1). Para tanto está sendo utilizado o banco de dados de turbulência e programas computacionais disponíveis no Laboratório de Micrometeorológica do IAG da USP.

## **Métodos/Procedimentos**

Os fluxos turbulentos são calculados através do método da covariância para intervalos de 30 minutos. Este método direto de estimativa de fluxos turbulentos requer a determinação das flutuações estatísticas das variáveis em questão. As flutuações estatísticas são obtidas subtraindo-se o valor médio de cada observação contida no

intervalo de observação considerado (30 minutos). Esta metodologia pode ser aplicada desde que a turbulência apresente um comportamento estacionário do ponto de vista estatístico. Caso isso não ocorra torna-se necessário remover a tendência da série em questão. Uma descrição mais completa da técnica de determinação de fluxos turbulentos de calor sensível e latente podem ser encontradas em Aubinet *et al.* (2012).

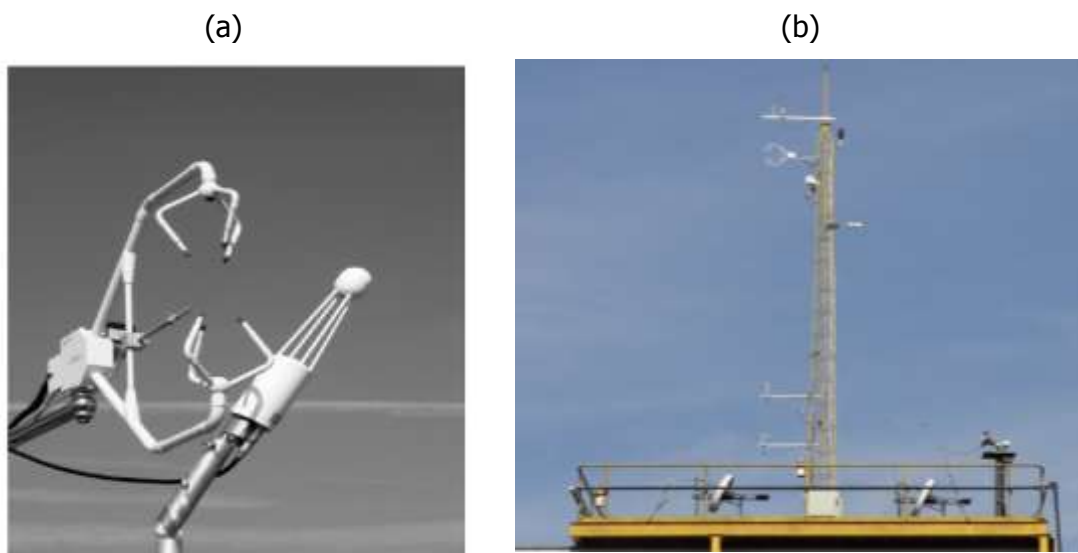


Figura 1: (a) Anemômetro sônico CSAT3 da Campbell e analisador infravermelho de gases da LICOR e (b) Plataforma Micrometeorológica do IAG da USP

## Resultados

Nesta etapa inicial do trabalho as séries temporais de velocidade vertical, temperatura e umidade específica do ar estão sendo analisadas na forma gráfica para identificação de valores espúrios e para avaliar a melhor forma de remover a tendência (Fig. 2). O banco de dados de turbulência atmosférica resultante desta análise inicial está sendo utilizada para estimar fluxos turbulentos de calor sensível e latente. Os resultados preliminares indicam que estes fluxos, estimados para períodos de 30 minutos, são compatíveis com os valores esperados para o período diurno e noturno em uma região urbana com características similares a do entorno do prédio do IAG da USP.

## Conclusões parciais

Este trabalho tem como objetivo descrever o comportamento dos fluxos turbulentos de calor sensível e latente. A análise dos dados de turbulência está sendo organizada dividindo-se os arquivos existentes no banco de dados em arquivos menores contendo entre 1 e 2 horas de observação contínuas de turbulência atmosférica com 10 Hz. Esta estruturação tem facilitado a análise individual e a aplicação de programas de estimativa de fluxos a serem empregados em atividades didáticas. Foram analisados aproximadamente 1 semana de observação e as estimativas dos fluxos realizadas para períodos de 30 minutos indicam valores de fluxo de calor sensível e latente compatíveis com os estimados em trabalhos prévios (Ferreira, 2010).

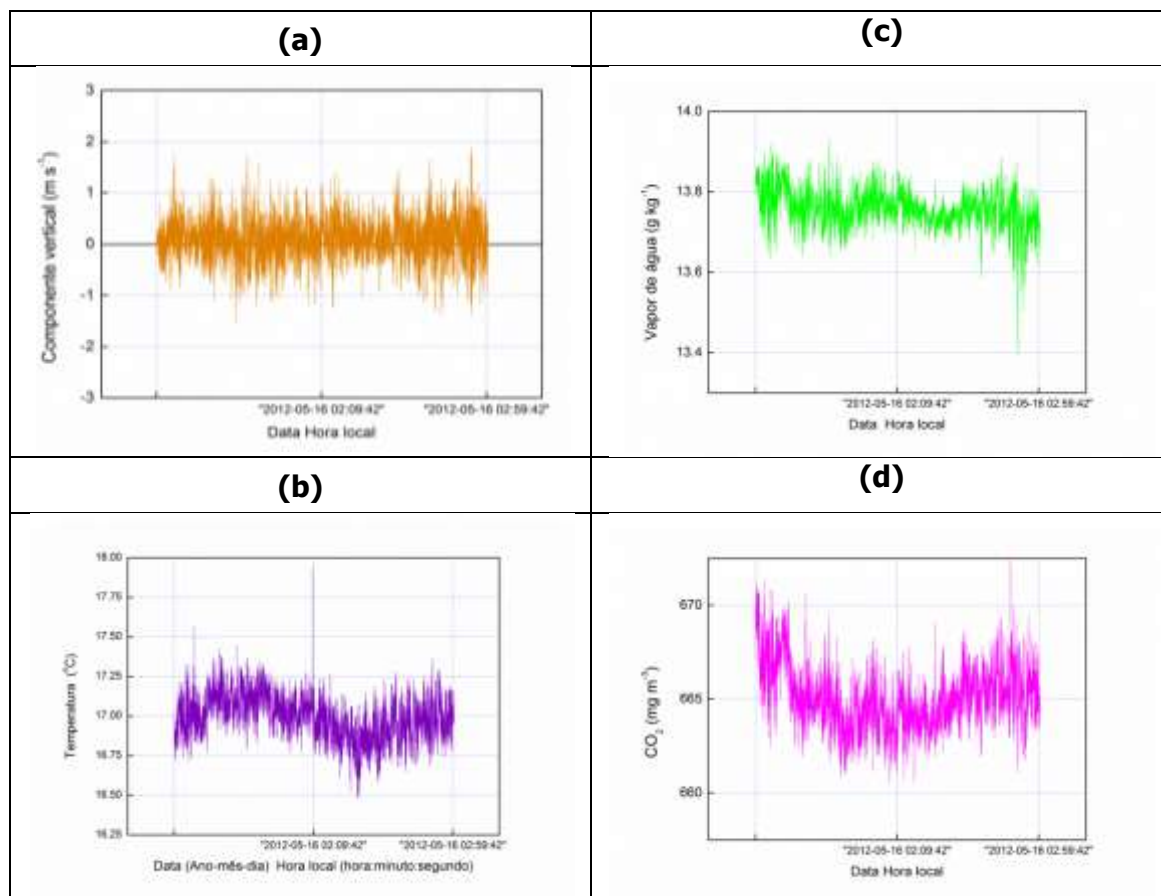


Figura 2: Evolução temporal da (a) componente vertical do vento, (b) temperatura do ar, (c) umidade específica do ar e (d) concentração de CO<sub>2</sub> observados com anemômetro sônico CSAT3 da Campbell INC e analisador infravermelho de gases da LICOR.

## Referências Bibliográficas

Aubinet, M., Vesala, T., Papale, D. 2012: Eddy Covariance. A Practical Guide to Measurement and Data Analysis. Springer Atmospheric Sciences. Dordrecht. 438 pp.

Ferreira M.J., 2010: Estudo do balanço de energia na superfície da cidade de São Paulo. *Tese de Doutorado*. Departamento de Ciências Atmosféricas, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, SP, Brasil, **149 pp**.

Ferreira, M.J., Oliveira, A.P., Soares, J., Codato, G., Bárbaro, E.W., and Escobedo, J. F., 2012: Radiation balance at the surface in the City of São Paulo, Brazil. Diurnal and seasonal variations. *Theoretical and Applied Climatology*. **107 (1)**, 229-246.

**Agradecimentos:** Programa Ensinar com Pesquisa da USP, FAPESP, CNPQ.