

# Avaliação do método de *Multiple Imputation* no preenchimento de falhas de fluxos de energia sobre uma área de cana-de-açúcar

Jônatan D. Tatsch<sup>1\*</sup>, Humberto R. Rocha<sup>1</sup>, Osvaldo M. R. Cabral<sup>2</sup>, Helber C. Freitas<sup>1</sup>, Marta Llopart<sup>1</sup>, Ricardo Acosta<sup>1</sup>, Marcos Ligo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Clima e Biosfera, IAG/USP.

<sup>2</sup> Embrapa Meio Ambiente

\*Bolsista FAPESP - [jonatan@model.iag.usp.br](mailto:jonatan@model.iag.usp.br)

## 1. Introdução

A ausência de dados é um problema comum em medidas micrometeorológicas de longo prazo, seja por falhas dos equipamentos, manutenção do sistema, calibração de instrumentos, coleta de dados, controle de qualidade dos dados, entre outros. Para estimativa dos valores anuais e sazonais dos fluxos de energia as falhas nos dados observados devem ser preenchidas.

Neste trabalho foram utilizados dados meteorológicos e os fluxos de energia observados por uma torre micrometeorológica sobre uma área de cana-de-açúcar com objetivo de testar o método estatístico de *Multiple Imputation* (Hui et al. 2004) no preenchimento de falhas nos fluxos de energia, particularmente os fluxos de calor sensível e latente.

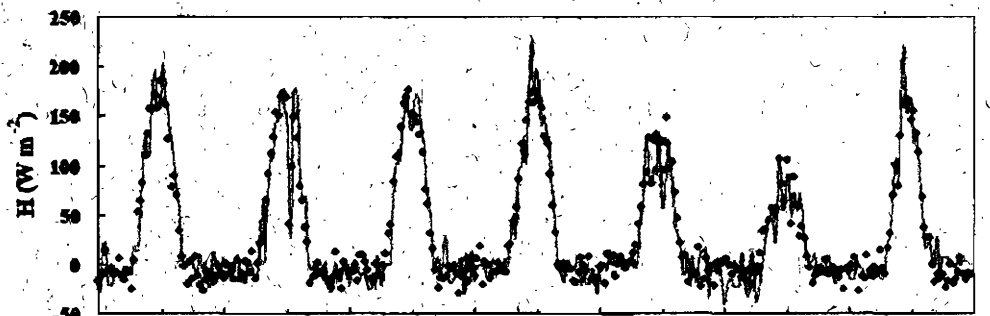
## 2. Material e Métodos

O sítio experimental localiza-se sobre uma plantação de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) de 351 ha, na Fazenda São José do Pulador (Fazenda 27) da Usina Santa Rita (21°38'S, 47°47'W, 552 m) no município de Luiz Antônio, SP. O solo predominante é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, textura arenosa. A torre micrometeorológica inclui medidas

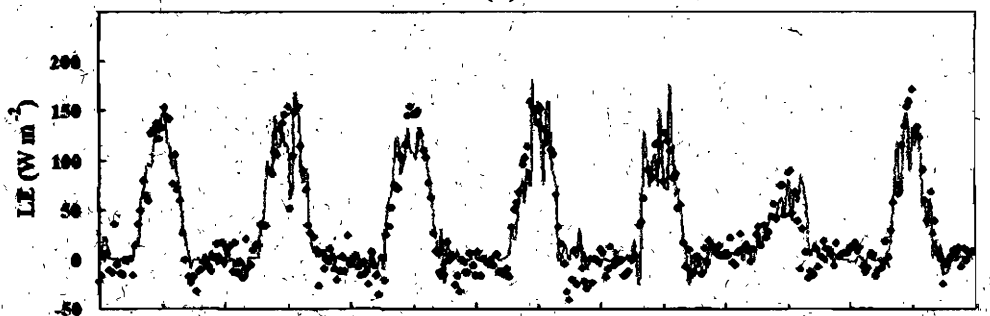
automáticas das variáveis climáticas com um estação meteorológica, sensores de radiação, variáveis do solo e fluxos de superfície por um sistema de *Eddy Covariance*. Informações mais detalhadas sobre a área experimental, o controle de qualidade dos dados e as correções aplicadas aos fluxos são encontradas em Tatsch (2006). Os fluxos turbulentos médios de 30 min (fluxo de calor sensível (H) e latente (LE)) observados foram comparados com aqueles simulados pelo método de *Multiple Imputation* (MI, descrito em Hui et al. 2004). O MI é uma técnica de Monte Carlo na qual os valores faltantes são substituídos por vários valores simulados. Cada conjunto de dados atribuídos possui os dados observados iguais aqueles do conjunto de dados original, somente os dados faltantes são diferentes. Dessa forma, as análises estatísticas normais (médias ou somas sazonais e anuais) podem ser aplicadas a cada conjunto de dados separadamente e um grau de incerteza pode ser obtido, com base nos valores atribuídos aos dados faltantes de cada conjunto de dados. Os fluxos de energia foram simulados utilizando-se o seguinte conjunto de dados de entrada: temperatura, umidade relativa, intensidade do vento, déficit da pressão de vapor d'água, radiação fotossinteticamente ativa, saldo de radiação, H e LE, observados entre fevereiro e dezembro de 2005. Neste conjunto de dados foi gerada uma falha artificial nos dados de fluxos (H e LE) entre o período 23 de Junho a 29 de Junho de 2005 (correspondentes aos dias do ano de 174 a 180, quando a cana-de-açúcar encontrava-se no seu estágio inicial de crescimento). A seguir, foram comparados os fluxos de H e LE simulados com os observados.

### **3. Resultados e Conclusão**

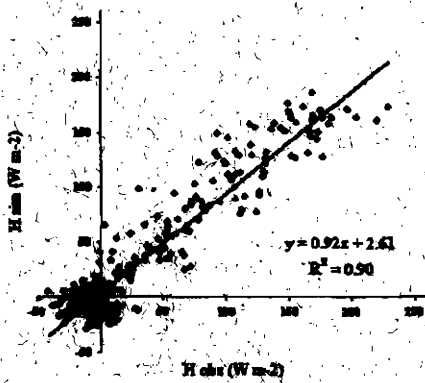
A Fig. 1 apresenta a série temporal dos fluxos de H e LE observados e os simulados pelo método de MI, no período seleccionado.



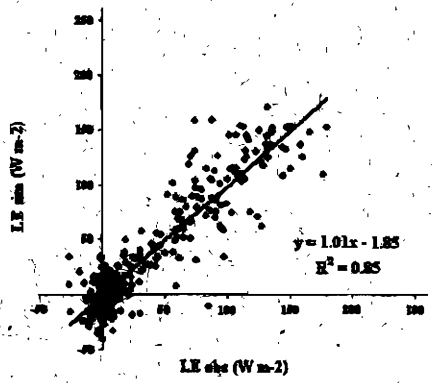
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1. (a) Variação dos fluxos médios de 30 min de H observados (linha cinza) e simulados (pontos pretos); (b) fluxos de LE observados (linha cinza) e simulados (pontos pretos) no período de 23 de Junho a 29 de Junho de 2005. (c) Regressão linear entre os valores simulados (sim) e observados (obs) de H e (d) LE.

Observou-se que os valores simulados para ambos os fluxos foram consistentes com o padrão do ciclo diurno observado, inclusive em magnitude (Fig. 1 a,b). A melhor correlação foi para o fluxo de H, cerca de 90 % (85 %) da variância dos valores observados foi explicada pelos valores simulados de H (LE) (Fig. 1. c,d). A magnitude do fluxo de LE simulado foi muito comparável a do LE observado, no caso de H os valores simulados subestimaram levemente os observados. De forma geral, a aplicação do método MI no preenchimento de falhas dos fluxos de energia, baseada em dados climáticos, apresentou resultados satisfatórios para a área de cana-de-açúcar durante um período da estação seca.

## **5. Referências Bibliográficas**

Tatsch, J. D. 2006. Uma análise dos Fluxos de Superfície e do Microclima sobre Cerrado, Cana-de-açúcar e Eucalipto, com Implicações para Mudanças Climáticas Regionais. **Dissertação de Mestrado do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.** 112 p.

Hui, D., Hui, S., Wan, B., Su, B., Katul, G., Monson, R., Luo, Y. Gap-filling missing data in eddy covariance measurements using multiple imputation (MI) for annual estimations. **Agricultural and Forest Meteorology** 121 (2004) 93–111

## **6. Agradecimentos**

À FAPESP pelo suporte financeiro através do auxílio 06/50924-0.