

## Revisitando a escala temporal da turbulência para escoamentos acima da copa: caso noturno, sitio K-34

José Galúcio Campos<sup>1</sup>, Otávio Costa Acevedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria  
e-mail: zecajgc@gmail.com

### 1. Introdução

Um dos problemas com a interpretação e análise de sinais geofísicos é a utilização de técnicas inadequadas para avaliação da série temporal correspondente ao sinal. Geralmente um sinal geofísico, globalmente, é de natureza não periódica, não homogênea e não isotrópica consequentemente, a transitoriedade é quase sempre a parte mais importante do sinal que queremos estudar. Aplicar uma transformada sobre uma série temporal significa modificar a representação original do sinal para uma representação em que ele seja mais facilmente analisado. As transformadas com janela de comprimento fixo, as transformadas de Fourier, por exemplo, não são suficientes para evidenciar os eventos transitórios e bem localizados ao longo da série temporal. Além disso, pensar num fenômeno escrito nos espaços de Fourier supõe-se que ele seja periódico ou que satisfaça as condições de Dirichlet. Grosso modo, estamos diante do chamado problema de janela que é latente no estudo da turbulência.

Fluxos obtidos através da covariância dos vórtices (sistema *eddy correlation*) para condições atmosféricas extremamente estáveis fornecem resultados errados quando a janela  $\tau$  relativa à escala temporal das flutuações utilizada no cálculo dos fluxos turbulentos  $\tau$  é grande.

Através de uma decomposição ortogonal com *overlap*, analisaremos a série temporal de fluxo de CO<sub>2</sub>, do ano 2006, em multiresolução (Howell, J.F. e Mahrt. L.) com janelas de 2<sup>16</sup> e translações de 5 minutos. A função que vamos decompor a série é a de Haar. A série temporal foi coletada no sitio k34 situado na Zona Florestal de Cuieiras, região próxima de Manaus. O sitio faz parte do conjunto de torres do projeto LBA. Maiores informações sobre o sitio (Araújo, A. C. et al.)

## 2. Análise de resultados

A Figura 1 mostra os cospectros de multiresolução das estações úmida (a1) e seca (b1) divididos em 10 classes de intensidade da turbulência  $\sigma_w$ . Podemos observar que a escala temporal da turbulência, que é aquela onde os fluxos de  $\text{CO}_2$  apresentam-se de maneira bem organizada está por volta de 100s. Um escala de tempo bem menor do que a encontrada na literatura científica especializada, que é 30 minutos (Krujic et al., 2004; Miller et al. 2004). A escala de 100s marca a região de gap que separa a parte do escoamento que está fora do equilíbrio - a turbulência - da parte média do escoamento vista como determinística. Acima dos 100s o comportamento do fluxo apresenta bastante variabilidade devido à superposição de movimentos de naturezas diferentes e que atuam em escalas diferentes - os movimentos de mesoescala. Outra característica observada no cospectro é a dependência que a turbulência apresenta em relação à escala, quanto mais intensa a turbulência maior é a escala de tempo. Uma característica notável do cospectro de multiresolução é que através dele podemos interpretar fisicamente os fluxos turbulentos noturnos sem ambigüidade, pois não há contaminação de mesoescala, por exemplo, daí resulta que com a análise em multiresolução recuperamos a física do problema. Isto está relacionado com a capacidade que uma análise em ondas, com janela móvel e de comprimento variável, tem de localizar o evento intermitente ao longo da série temporal e possibilitar inferências mais genuínas a respeito da sua intensidade que no caso, são os eventos de rajada.

Da Figura 1 (a2) e (b2) temos a distribuição de frequência para gaps das series individuais correspondentes as estações. A estação úmida apresenta média de ocorrência de 157s, enquanto que a seca tem média 93s. A estação seca, na verdade, apresenta uma tendência levemente bimodal. O que isso significa?! Que embora o gap esteja por volta de 100s existem eventos que ocorrem em escalas bem menores que 100s como podemos ver em (a3) e (b3). No entanto, acreditamos que os esses eventos não alterem os valores dos fluxos médios fazendo com que o gap em 100s seja imperativo no escoamento noturno. A Figura 2 mostra o comportamento dos fluxos noturnos ao longo de toda a série do ano 2006. A interpretação é análoga a das estações. O gap médio ao longo do ano foi de 138s.

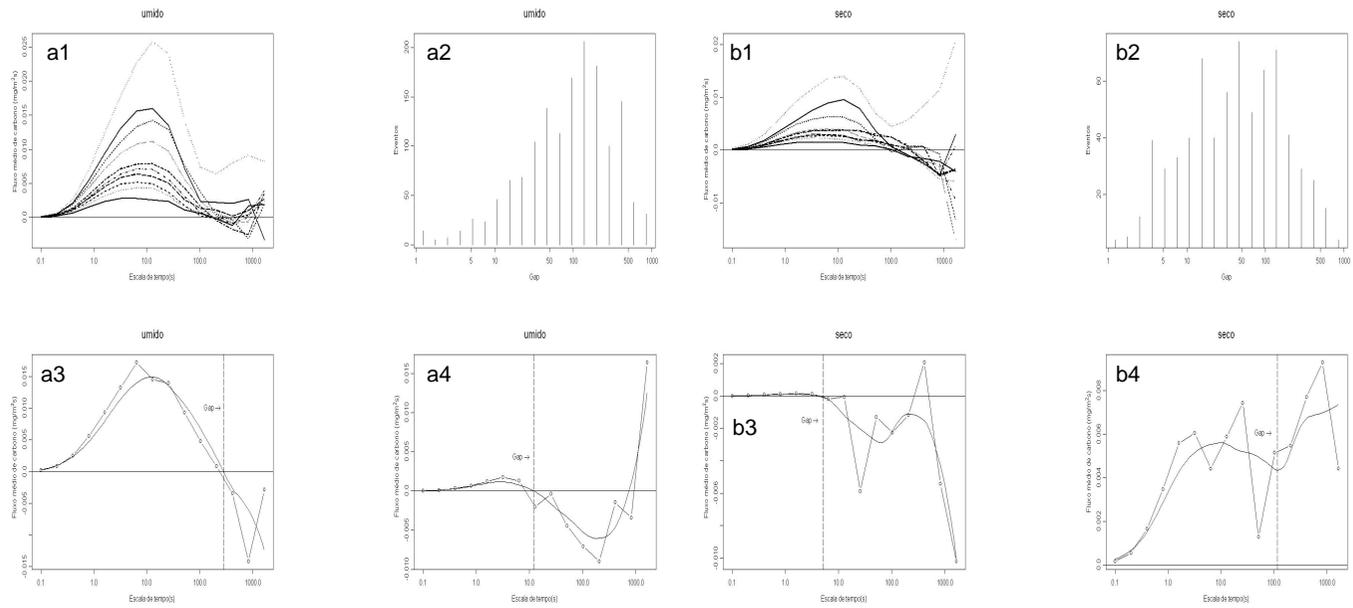


Figura 1. Análise de cospectro, frequência e eventos no período noturno para estação úmida e seca de 2006.

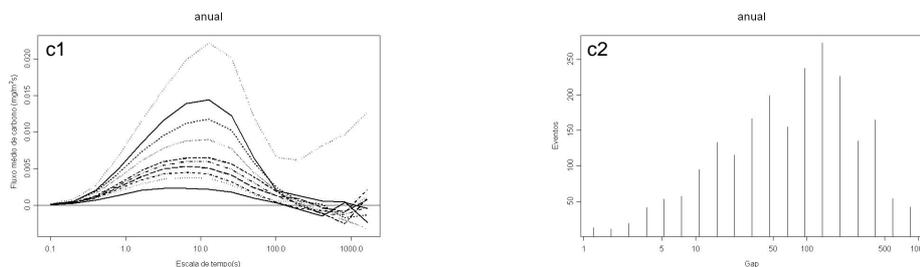


Figura 2. Comportamento anual e distribuição de frequência para os gaps.

### 3. Conclusão

Em vista do que foi exposto a decomposição em multiresolução do cospectro de CO<sub>2</sub> para a camada estável mostrou-se bastante adequada, pois conseguimos determinar a escala temporal da turbulência em condições de pouca mistura e consequentemente interpretar os fluxos fisicamente sem ambigüidade.

### 4. Agradecimentos

Este projeto é financiado pela Fundação de Amparo à pesquisa do estado do Amazonas - Fapeam.

### 5. Referências

ARAÚJO, A.C. et al. Comparative measurements of carbon dioxide fluxes from two towers central Amazonian rain forest. **Journal of Geophysics Research**. v. 107, p.1-20, 2002

KRUJIT, B. et al. The robustness of eddy correlation fluxes for Amazonian rain forest conditions. **Ecological Applications**. v. 14, n. 4, p. S101-S112, 2004.