

Análise de quadrante aplicada a flutuações turbulentas acima do Pantanal (estação seca). I Método de Katul, variabilidade em função da estabilidade atmosférica

Gannabathula S. S. D. Prasad^(*), Leonardo D. de A. Sá^(*), Maurício J. A. Bolzan^(*), Regina C. dos S. Alvalá

Divisão de Ciências Meteorológicas /INPE (prasad@met.inpe.br)

Amaury de Souza, Edson Kassar

Departamento de Física /Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (fax: (067) 7873093, webmaster@det.ufms.br)

Abstract – The Quadrant Analysis (method of Katul) is applied to investigate the variability of the so-called turbulent ejections and sweeps phenomena under different atmospheric stability conditions. Sensible heat and momentum flux measured at a height 25.26 m on a tower in Pantanal Matogrossense were studied. The results agree partially with those of Katul in the sense that the duration of sweeps depends on the stability conditions. But this does not happen with the duration of ejections.

Palavras Chaves - Micrometeorologia, Pantanal, Análise de Quadrante, Katul, Estabilidade, Turbulência.

1. Introdução

Aceita-se hoje em dia que o fenômeno turbulento seja não estacionário, intermitente, complexo e formado, ao menos em parte, por estruturas coerentes (ECs) (Högström e Bergström, 1996). Próximo à superfícies rugosas, com árvores, a complexidade do escoamento ainda é maior do que aquela encontrada sobre superfícies lisas, pois nestas condições podem se manifestar instabilidades tais como a do ponto de inflexão e conseqüentemente novas formas de auto-organização da turbulência (Raupach et al, 1996). Um aspecto interessante, ainda pouco compreendido de tais escoamentos associa-se à variabilidade da estrutura da turbulência em função das condições da estabilidade atmosférica imperantes. A análise de quadrantes (AQ) aplicada a flutuações turbulentas constitui um interessante instrumento de pesquisa para determinar como ocorre esta variabilidade.

Neste trabalho o método de Katul et al. (1997) será aplicado para investigar a variação dos padrões de duração temporal das flutuações turbulentas por quadrantes em função do parâmetro de estabilidade de Monin-Obukhov, utilizando-se dados do experimento IPE-0, medidos em torre, à altura de 25,26 m, acima de vegetação tipo paratidal (arbustos esparsos de aproximadamente 8m de altura) obtidos durante a estação seca no Pantanal Matogrossense.

No cálculo foi utilizado a equação:

$$D_i = \frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} I_i(t) dt \quad (1)$$

onde D_i é o tempo de duração do evento no quadrante ($i=1,2,3,4$) e T_p é o período de amostragem.

*- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

A metodologia utilizada foi a desenvolvida por Katul et al. (1997), ou seja, calcula-se o momento de terceira ordem (“skewness”) adimensional das variáveis u e T , dado pela seguinte equação (2)

$$Q = \frac{\langle c^3 \rangle}{\sigma_c^3} \quad (2)$$

onde σ_c é o desvio padrão da variável $c = u, T$. A variação desta grandeza é estudada em função do tempo de duração da estruturas, definido na equação (1).

2. Dados Utilizados

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos na primeira campanha experimental do Experimento Integrado do Pantanal (IPE-0). Esta primeira campanha experimental ocorreu em setembro e outubro de 1996, num período que corresponde à estação seca pantaneira. Por motivos técnicos, só foram realizadas medições num período de uma semana, iniciado na noite do dia juliano de número 274 (o qual corresponde ao dia 30 de setembro) e terminado na madrugada do dia juliano de número 279 (correspondente ao dia 5 de outubro). A área selecionada para a realização desta campanha se localiza a $19^{\circ}58'$ de latitude sul e a $57^{\circ}02'$ de longitude oeste, na Base Experimental da Universidade Federal do Mato-Grosso do Sul em Passo da Lontra, município de Miranda, MS. A altitude do sítio é de aproximadamente 80 metros acima do nível do mar. Neste estudo são utilizados dados de dois (2) anemômetros sônicos e termômetros *SOLENT, modelo 1012R2A*, colocados em uma torre a duas alturas diferentes (inicialmente, 30 metros e 19,4 metros acima do solo, respectivamente; depois das 14:30 h do dia 01/10/96, dia juliano de número 275, o anemômetro sônico colocado a 30 m, teve sua posição deslocada para a altura de 25,26 metros, por problemas técnicos). Ambos os instrumentos possuíam frequência de amostragem de 21 Hz, aproximadamente.

3. Resultados

Os resultados, para *condições instáveis*, mostram que os tempos associados à *ejeção* e à *intrusão*, para o fluxo de calor sensível, são bem distintos nos quadrantes ímpares. Estes são justamente os quadrantes relacionados com ejeções e intrusões para o fluxo de calor sensível (H). Esta conclusão é idêntica àquela de Katul et al. (1997), segundo a qual a fração do tempo de duração das estruturas coerentes associadas à intrusão e ejeção de escalares, varia com as condições de estabilidade. Para os quadrantes pares essa distinção, embora ocorra, não se dá de uma maneira muito clara, conforme mostrado nas figuras (1) e (2). Por questão de convenção, adotamos o símbolo D(1,3) para designar quadrantes 1 e 3, e o símbolo D(2,4) para designar os quadrantes 2 e 4.

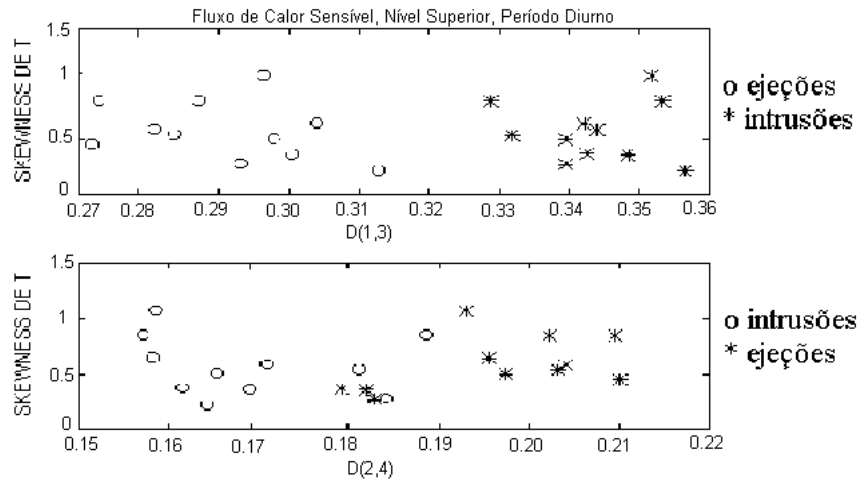


Fig. 1 - Duração de ejeções e intrusões para o fluxo de calor sensível, período diurno (em segundos).

Para o fluxo de momentum, todavia, não há uma diferença nítida, no que se refere ao quadrante de análise, conforme mostrado nas figuras 3 e 4.

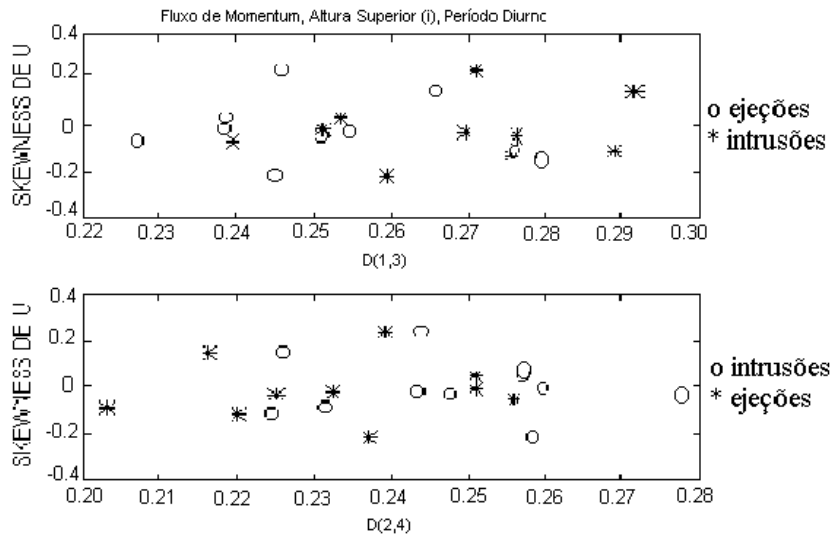


Fig. 2 - Duração de ejeções e intrusões para o fluxo de Momentum, período diurno (em segundos).

Para *condições estáveis*, notamos que não houve um comportamento único, como o observado para condições instáveis. Aqui, durante cada dia estudado, houve comportamento distinto nas durações das *ejeções* e *intrusões* para ambos os fluxos, (veja as figuras 3 e 4).

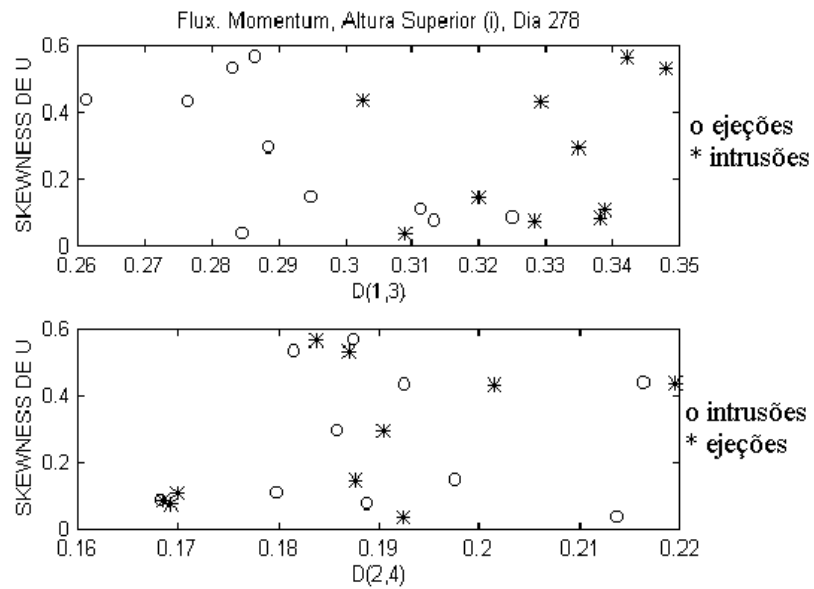


Fig. 3 - Duração de ejeções e intrusões para o fluxo de Momentum, período noturno (em segundos).

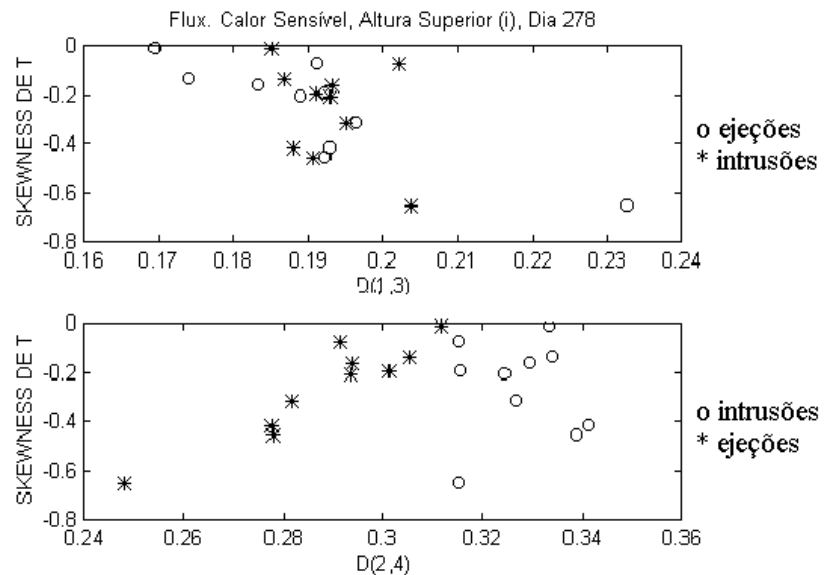


Fig. 4 - Duração de ejeções e intrusões para o fluxo de Calor Sensível, período noturno (em segundos).

4. Conclusões

Os resultados para o fluxo de calor sensível não se opõem àqueles de Katul et al. (1997), segundo os quais a fração do tempo de duração das estruturas coerentes associadas à intrusão, varia com as condições de estabilidade. Todavia, eles não constataram mudança no tempo associado à ejeção, em função de variação nas condições de estabilidade, conforme demonstrado aqui.

O comportamento invariável do fluxo de momentum (τ), para todos os dados nas condições instáveis, está plenamente de acordo com as conclusões de Katul et al. (1997), em sua análise para dados turbulentos acima de superfícies aerodinamicamente lisas.

O fato de não se ter constatado um comportamento geral à noite parece refletir a complexidade dos fenômenos físicos que envolvem a atmosfera sob condições muito estáveis.

5. Agradecimentos

Gostaríamos de demonstrar nosso reconhecimento aos Doutores Hamilton Germano Pavão, da UFMS, Antônio Ocimar Manzi, Clóvis Angeli Sansígolo, Plínio Carlos Alvalá, Ralf Gielow, do INPE, Antônio Carlos Miranda, da UnB, Martin Hodnett, do IH, e Romísio Geraldo Bouhid André, da UNESP/Jaboticabal, que participaram da organização e execução da primeira campanha do projeto Experimento Integrado do Pantanal (IPE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (processos: 300329/96-2, 381690/97-0 e 139111/96-4). Somos igualmente gratos aos Srs. Clóvis Monteiro do Espírito Santo, Elizabete Cária Moraes, Beatriz Miky Funatsu, Luiz Eduardo de Rosa, Paulo Rogério de Aquino Arlino e Vicente de Paula Silva Filho, do INPE, pelo apoio na organização e realização do experimento.

6. Referências Bibliográficas

- Bolzan, M. J. A . **Estudo da influência das estruturas coerentes e da rugosidade na estimativa de fluxos turbulentos sobre o Pantanal**. Dissertação de Mestrado - Divisão de Ciências Meteorológicas - INPE, 1998.
- Högström, U; Bergström, H. Organized turbulence in the near-neutral atmospheric surface layer, **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 53, n. 17, p. 2452-2464, Sep. 1996.
- Katul, G.; Kuhn, G.; Schieldge, J.; Cheng-I Hsieh. The ejection-sweep character of scalar fluxes in the unstable surface layer. **Boundary-layer Meteorology**, v. 83, n. 1, p. 1-26, Apr. 1997.
- Raupach, M. R.; Finnigan, J.J.; Brunet, Y. Coherent eddies and turbulence in vegetation canopies: The mixing-layer analogy, **Boundary-Layer Meteorology**, v. 78, n. 3-4, p. 351-382, 1996.