

Variabilidade da percentagem do fluxo turbulento associado à ocorrência de estruturas coerentes em função da altura e das condições de estabilidade acima do Pantanal (estação seca)

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

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

Amaury de Souza

Departamento de Física /Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (fax: (067) 7873093)

Abstract – Some of the features of the turbulent flux are analyzed as function of the manifestation of the so-called coherent structures near the surface of the Pantanal (vegetation type paratidal with shrubs of approximately 8m height). Thus, the total flux of sensible heat and momentum and the flux associated with the coherent structures of the same sample was calculated, under different conditions of stability, using data measured simultaneously at two different heights. In the inferior level, contrariamente to that it occurs in the upper level perceived that not if manifest a clear trend with the increase of the instability.

Palavras Chaves - Micrometeorologia, Pantanal, Estruturas Coerentes, Fluxos, Estabilidade Atmosférica, Variabilidade Vertical.

1. Introdução

A existência das estruturas coerentes (ECs) no escoamento turbulento dificulta a caracterização do valor médio dos fluxos e de outras grandezas estatísticas associadas à turbulência (Wyngaard, 1983). Embora muito esforço teórico (Robinson, 1991) e experimental (Paw U et al., 1992; Collineau e Brunet, 1993; Lu e Fitzjarrald, 1994) já tenha sido dedicado no sentido de compreender a natureza destes processos intermitentes e de encontrar elementos que possibilitem a obtenção de relações universais para suas manifestações (Raupach et al., 1996; Högström e Bergström, 1996), as ECs continuam constituindo um fenômeno mal compreendido da mecânica dos fluidos turbulentos.

Com a perspectiva de compreender como estas estruturas se manifestam em terreno coberto com vegetação esparsa, analisar-se-á a variabilidade das estruturas coerentes nos fluxos em função da estabilidade atmosférica e da altura, como efetuado por Krusche (1997). Para atingir este objetivo, procedeu-se, por meio da aplicação da transformada em ondeletas (Bolzan, 1998), à separação da parte "coerente" do restante dos sinais e calcularam-se os fluxos tanto para o sinal "total" (parte coerente e não coerente) quanto para sua parte "coerente" e determinou-se a fração do fluxo contida nesta parte "coerente" (F_c). Com base nos dados sobre a razão entre o fluxo associado às estruturas coerentes e o fluxo total, traçaram-se algumas figuras desta fração em função do parâmetro de estabilidade atmosférica de Monin-Obukhov, $\zeta = (z-d)/L$, onde z é a altura, d é o deslocamento do plano zero e L é o comprimento de Monin-Obukhov, com o propósito de encontrar alguma relação entre a presença de estruturas coerentes e a estabilidade acima do Pantanal sul matogrossense.

Este parâmetro de estabilidade foi classificado em três categorias conforme proposto por Brutsaert (1992), que sugeriu um novo critério para classificar dados, mostrando uma forte evidência da existência de três (3) níveis qualitativamente diferentes para a camada limite superficial (CLS) instável. São eles, uma camada *dinâmica* entre $0 < y \leq 0.04$; uma camada *dinâmica-convectiva* entre $0.1 \leq y \leq 1$; e a camada de *convecção livre* para $y \geq 2$, onde $y = -(z-d)/L$.

*- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

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 indicam uma correlação entre os valores de F_c e do parâmetro de estabilidade (ζ). No nível superior, e para ambos os fluxos, notou-se que a participação das estruturas coerentes no fluxo tende a diminuir com o aumento da instabilidade atmosférica, o qual é mostrado nas figuras 1 (a) (para o fluxo de calor sensível) e 1 (b) (para o fluxo de momentum).

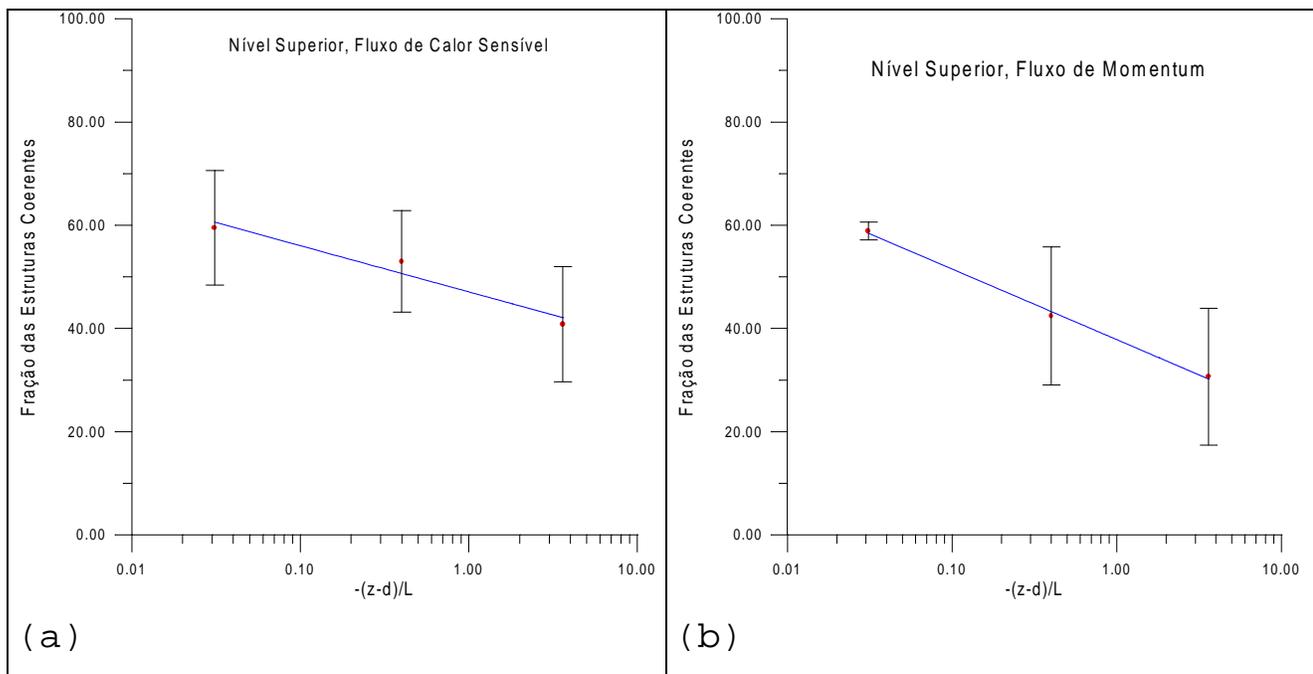


Fig. 1 - Condições instáveis, nível superior: (a) Fração do fluxo total (F_c) de calor sensível associado a estruturas coerentes, em função do parâmetro de estabilidade de Monin-Obukhov. (b) Fração do fluxo total de

momentum associado a estruturas coerentes, em função do parâmetro de estabilidade de Monin-Obukhov.

Em ambas as figuras acima, é visível a diminuição da fração dos fluxos associados às ECs em função do parâmetro de estabilidade atmosférica. As frações correspondentes aos dois fluxos parecem ter valores similares para $\zeta = 0,02$, mas a fração correspondente ao fluxo de momentum parece decair mais rapidamente com o aumento da instabilidade, comparada com aquela correspondente ao fluxo de calor sensível.

Este tipo de comportamento já não ocorre para ambos os fluxos no nível inferior, conforme mostrado nas figuras 2 (a) (para o fluxo de calor sensível) e 2 (b) (para o fluxo de momentum).

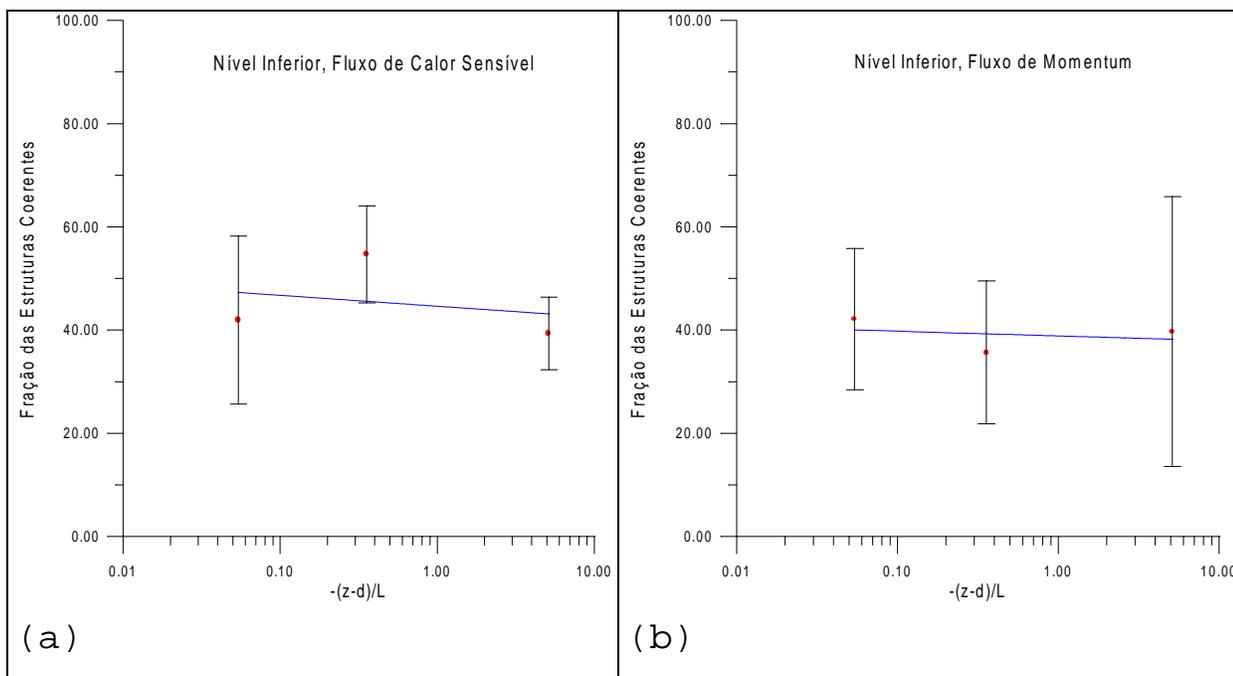


Fig. 2 - Condições instáveis, nível inferior: (a) Fração das estruturas coerentes para o fluxo de calor sensível em função de $\zeta = -(z-d)/L$. (b) Fração das estruturas coerentes para o fluxo de momentum em função de $\zeta = -(z-d)/L$.

4. Conclusões

Compararam-se os valores das frações correspondentes ao fluxo de calor sensível (H) e ao fluxo de momentum (τ), tanto no nível superior (25,26m) quanto no inferior (19,40m). No nível inferior, contrariamente ao que ocorre no nível superior, percebeu-se que não se manifesta uma tendência nítida com o aumento da instabilidade. Porém, pode-se mencionar que: (i) as frações referentes aos fluxos de calor sensível para os dois níveis não são substancialmente diferentes, com a exceção dos valores mais próximos da neutralidade. No caso destes, há um considerável decréscimo do valor da fração para o nível inferior, comparativamente àquela do nível superior; (ii) as frações referentes aos fluxos de momentum nos dois níveis apresentam valores diferentes, exceto para a condição de convecção livre, em que os valores das frações para os dois níveis são aproximadamente iguais. Além disso, no caso do nível inferior, não

parece haver correlação entre os valores da fração e do parâmetro de estabilidade, contrariamente ao que acontece no nível superior.

Uma primeira suposição para explicar estas diferenças, consiste em admitir que o escoamento no nível inferior, mais próximo à altura dos elementos de rugosidade (8m), está mais sujeito à ação de efeitos produzidos pelos elementos de rugosidade. Assim, neste nível (19,40m), deve-se esperar que, nas situações em que as forças de origem mecânica predominarem, comparativamente àquelas de origem térmica, haverá intensificação das manifestações de discrepância aerodinâmica (Bolzan, 1998) e o comportamento da turbulência deverá ser anômalo com relação ao previsto pela Hipótese de Similaridade Universal para a CLS. Estes efeitos de distorção perderiam sua importância relativa na medida em que as condições de estabilidade atmosférica se aproximarem daquelas que caracterizam a convecção livre.

Tais efeitos anômalos provavelmente impostos pela complexidade do terreno (Thom et al., 1975; Raupach, 1979), deveriam ter maior impacto sobre as trocas de momentum, daí o fato de as frações para o fluxo de momentum nos dois níveis diferirem nas condições de convecção forçada. Este efeito seria menos importante para as trocas de calor, salvo nos casos em que houver pouca ou nenhuma flutuabilidade, situação em que a difusividade turbulenta de calor será conduzida por forçantes de origem mecânica (Monin e Yaglom, 1971). Esta seria a explicação para o fato de as frações associadas aos fluxos de calor nos dois níveis, só diferirem significativamente próximo à neutralidade. Nesta condição, deve-se esperar que a difusividade térmica no nível inferior esteja mais distorcida pela discrepância aerodinâmica do que aquela no nível superior. Isto contribuiria para apontar uma explicação para as diferenças encontradas entre os gráficos acima.

5. Agradecimentos

Gostaríamos de demonstrar nosso reconhecimento aos Doutores Hamilton Germano Pavão e Edson Kassar da UFMS, Antônio Ocimar Manzi, Clóvis Angeli Sansígolo e Plínio Carlos Alvalá, 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 da Rosa, Paulo Rogério de Aquino Arlino, 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 em Meteorologia - Divisão de Ciências Meteorológicas - INPE, São José dos Campos, 1998.
- Brutsaert, W., 1992. Stability correction functions for the mean wind speed and temperature in the unstable surface layer. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 19, n. 5, p. 469-472, Mar. 1992.
- Collineau, S.; Brunet, Y, Detection of turbulent coherent motions in a forest canopy Part II: Time-scales and Conditional Averages, **Boundary-Layer Meteorology**, v. 66, n. 1-2, p. 49-73, Oct. 1993, b.
- 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.
- Krusche, N. **Estudo de estruturas coerentes na camada limite superficial em Iperó - São Paulo**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade de São Paulo, 191 pp., 1997.
- Lu, C. -H.; Fitzjarrald, D. R. Seasonal and diurnal variations of coherent structures over a deciduous

- forest, **Boundary-Layer Meteorology**, v. 69, n. 1-2, p. 43-69, Apr. 1994.
- Monin, A. S.; Yaglom, A. M. **Statistical fluid mechanics**, In: Mechanics of turbulence. Cambridge, Ma, MIT Press, 1971. V.1. 769 p.
- Paw U, K. T.; Brunet, Y.; Collineau, S.; Shaw, R. H.; Maitani, T.; Qiu, J. and Hipps, L. On coherent structures in turbulence above and within agricultural plant canopies, **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 61, n. 1-2, p. 55-68, Sep. 1992.
- Raupach, M. R., Anomalies in flux-gradient relationships over forests, **Boundary-Layer Meteorology**, v. 16, p. 467-486, 1979.
- 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.
- Robinson, S. K. Coherent motions in the turbulent boundary layer, **Annual Rev. of Fluid Mechanics**, v. 23, p. 601-639, 1991.
- Thom A. S.; Stewart, J. B.; Oliver, H. R.; Gash, J. H. C. Comparison of aerodynamic and energy budget estimates of fluxes over a pine forest, **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 101, n. 427, p. 93-105, Jan. 1975.
- Wyngaard, J. C. **Lectures on the planetary boundary layer**, In: Mesoscale meteorology- Theory, observations and models, D. Lilly and T. Gal-Chen Eds., *Reidel*, Hingham, 1983, p. 603-650.