

# Análise de quadrante aplicada a flutuações turbulentas acima do Pantanal (estação seca). II Método de Caramori

Maurício J. A. Bolzan<sup>(\*)</sup>, Gannabathula S. S. D. Prasad<sup>(\*)</sup>, Leonardo D. de A Sá<sup>(\*)</sup>

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

Antônio O. Manzi<sup>(\*)</sup>

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos /INPE (manzi@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** – In this work we use the Quadrant Analysis, proposed by Caramori, to understand how the contributions of turbulent fluctuations of sensible heat and moment fluxes, one distributed through quadrants, for different atmospheric stability conditions, above Pantanal Matogrossense, in the dry season. The results indicate that quadrant contributions for sensible heat flux behaves differently from the ones for moment for flux.

**Palavras Chaves** - Micrometeorologia, Pantanal, Análise de Quadrante, Caramori, Turbulência, Fluxos

## 1. Introdução

A análise de quadrante é útil para separar, nos escoamentos turbulentos, eventos associados com ejeções ou intrusões de vórtices, característicos das estruturas coerentes (Katul et al., 1997). O princípio diretor desta técnica é o seguinte:

quadrante 1:  $x > 0$ ;  $y > 0$ ;      quadrante 2:  $x < 0$ ;  $y > 0$ ;  
quadrante 3:  $x < 0$ ;  $y < 0$ ;      quadrante 4:  $x > 0$ ;  $y < 0$ .

onde  $x = u$  e  $y = w$ , ou ainda,  $x = T$  e  $y = w$  (onde  $u$  é a flutuação turbulenta da velocidade do vento na direção ao longo do escoamento;  $w$  a flutuação da velocidade vertical e  $T$  é a flutuação de temperatura), de acordo com o que se quer estudar. Caramori et al. (1994) definiram um nome para cada um dos quadrantes discriminados acima: *excesso “para cima”* de um fluxo estudado, ou *excesso “para baixo”*, ou ainda *déficit “para cima”* e *“para baixo”*, conforme mostrado na tabela 1:

Tab. 1 - Análise de quadrante utilizada por Caramori et al. (1994).

Quadrante 2 excesso “para baixo”	Quadrante 1 excesso “para cima”
Quadrante 3 déficit “para baixo”	Quadrante 4 déficit “para cima”

\*- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

Esta análise de quadrante, será aplicada a dados obtidos por instrumentos de resposta rápida “Solent” os quais amostraram simultaneamente dados medidos em duas alturas (nível superior 25.26m e nível inferior 19.40m) de torre micrometeorológica, quando da realização do Experimento IPE-0. Tem por objetivo verificar os quadrantes dominantes para os fluxos de calor e momentum, e como esta distribuição varia em alturas diferentes e sob diferentes condições de estabilidade atmosférica. Ela é efetuada através da construção de figuras nas quais cada medida das duas grandezas turbulentas que contribuem para a covariância é representada por um ponto em sistema de dois eixos cartesianos (um para cada grandeza).

Em geral, um dos eixos corresponderá a  $w$  e o outro, conterá flutuações de uma outra variável do escoamento  $c$ , onde  $c$  pode ser  $u$  ou  $T$ . A nomenclatura dos quadrantes para transporte de momentum e calor está representada na figura 1, para condições instáveis.

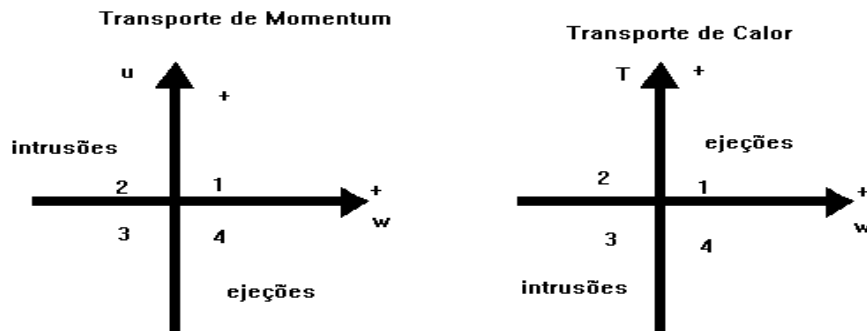


Fig. 1 - Definição de ejeções e intrusões para fluxo de calor (condições instáveis) e momentum (em geral). Eventos nos quadrantes 2 e 4 definem intrusões e ejeções para o fluxo de momentum, enquanto nos quadrantes 3 e 1, definem intrusões e ejeções para o fluxo de calor, sob condições instáveis.

Katul et al. (1997), indicam que ejeções e intrusões nos quadrantes 4 e 2 ocorrem para fluxo de momentum, enquanto que estes eventos nos quadrantes 1 e 3, ocorrem para fluxos de escalares, temperatura e umidade por exemplo, sob condições instáveis. Com base nesta nomenclatura, quadrantes 2 e 4 definem movimentos de intrusões e ejeções para momentum, respectivamente.

## 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

Para todos os dados de fluxo de calor sensível sob condições instáveis, nas duas alturas acima, os quadrantes dominantes foram 1 e 3. Nestas condições, as flutuações de  $T$  e  $w$  têm o mesmo sinal, de forma a gerarem fluxos de calor sensível dirigidos para cima (da superfície para a atmosfera), como deveríamos esperar.

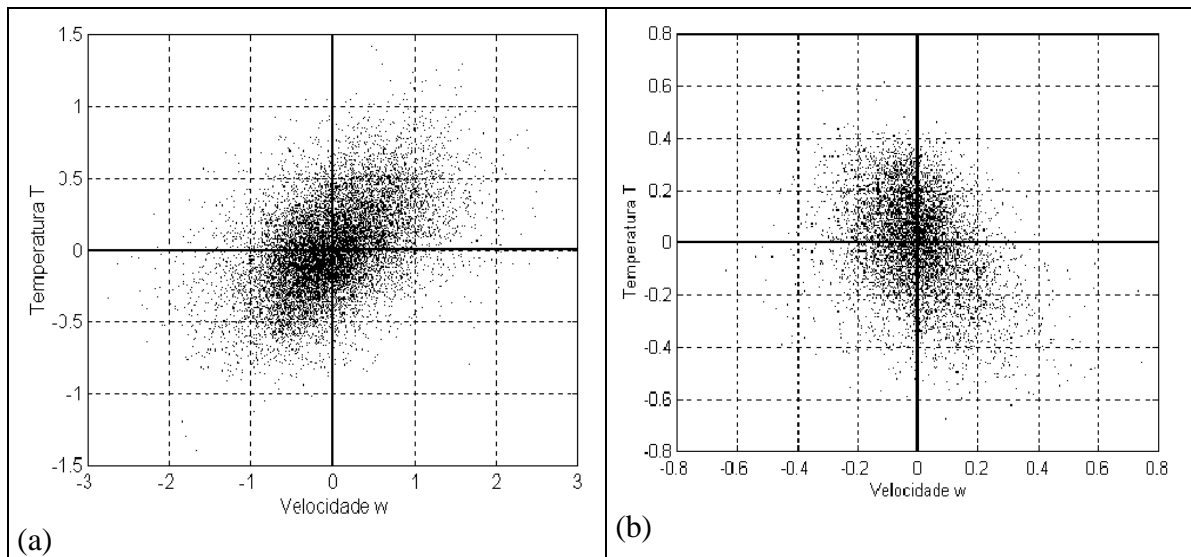


Fig. 2 – Análise de quadrantes para o fluxo de calor sensível mostrando :(a) condições instáveis: agregados dominantes nos quadrantes 1 e 3 para o fluxo de calor sensível; (b) condições estáveis: agregados dominantes nos quadrantes 2 e 4 para o fluxo de calor sensível.

Para condições estáveis, a configuração dos agregados mudou muito para o fluxo de calor sensível, pois os quadrantes 2 e 4 passaram a predominar. Nestas condições, as flutuações de  $T$  e  $w$  têm sinais contrários, de forma a gerarem fluxos de calor sensível dirigidos para baixo (da atmosfera para a superfície). Isto pode ser observado na figura 2 (b).

Para o fluxo de momentum, dever-se-ia esperar que a concentração de agregados se localizasse principalmente nos quadrantes 2 e 4 (Katul et al., 1997). Porém, não ficou delineado na figura 3 nenhuma tendência sistemática de quadrante dominante para ambas condições de estabilidade. Esta tendência poderia estar refletindo a existência de estruturas coerentes na forma de "rolos" (Robinson, 1991; Bolzan, 1998), gerados pela chamada instabilidade do ponto de inflexão (Raupach et al., 1996). A presença destas poderia determinar uma tendência maior à isotropia entre os quadrantes, e expressar manifestação da chamada turbulência não ativa (Högstrom, 1990) o que difere dos resultados obtidos por autores como Katul et al. (1997), os quais investigaram o escoamento acima de superfícies "lisas" nas quais não se espera a ocorrência da instabilidade acima.

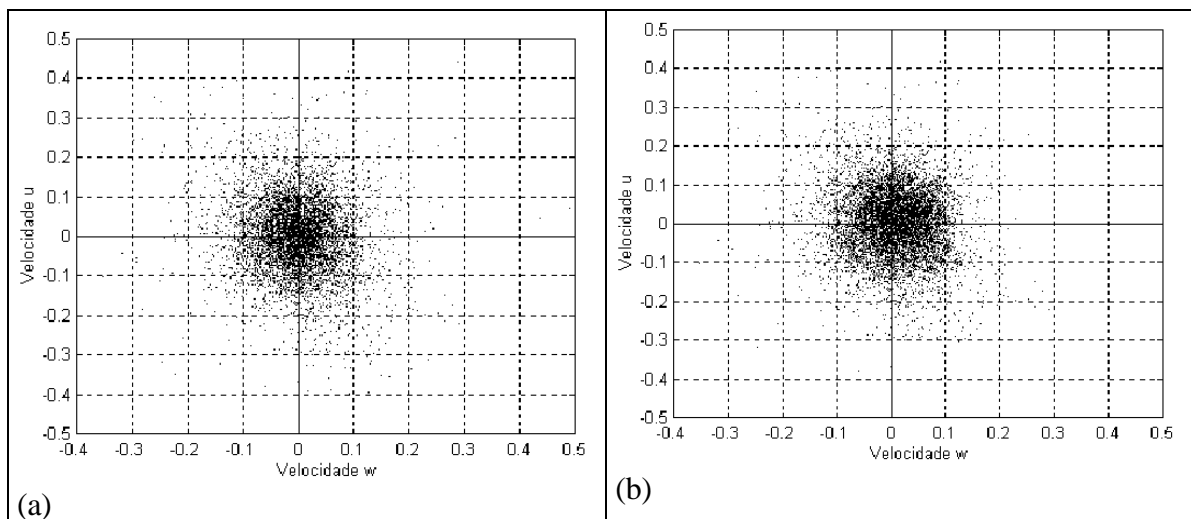


Fig. 3 - Análise de quadrantes para o fluxo de momentum mostrando: a) condições instáveis: nenhum agregados dominantes nos quadrantes; b) condições estáveis: nenhum agregados dominantes.

#### 4. Conclusões

Ao se aplicar a técnica de decomposição em quadrantes ao estudo do fluxo de calor sensível acima do Pantanal, notou-se uma importante diferença entre os dados referentes a cada um dos dois grandes regimes de estabilidade, *instável* e *estável*.

Ficou clara a influência da estabilidade atmosférica para o fluxo de calor sensível sobre a forma da configuração dos agregados. No entanto, não foi percebida nenhuma diferença nesta para alturas diferentes, o que mostra que, de um ponto de vista térmico, os processos são qualitativamente os mesmos nos dois níveis.

Para o fluxo de momentum não foi notada nenhuma distinção entre os quadrantes para as duas alturas e sob diferentes condições de estabilidade atmosférica, o que parece refletir a existência de estruturas coerentes do tipo “rolos”, no escoamento estudado.

#### 5. Agradecimentos

Gostaríamos de demonstrar nosso reconhecimento aos Doutores Hamilton Germano Pavão, da UFMS, Clóvis Angeli Sansígolo, Plínio Carlos Alvalá, Regina Célia dos Santos 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-0) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (processos: 300329/96-2, 300393/97-0, 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 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.

- Caramori, P.; Schuepp, P.; Desjardins, R.; MacPherson, I. Structural analysis of airborne flux estimates over a region. **Journal of Climate**, v. 7, n. 5, p. 627-640, May 1994.
- Högström, U. Analysis of turbulence structure in the surface layer with a modified similarity formulation for near neutral conditions. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 47, n. 16, p. 1949-1972, 1990.
- Katul, G.; Kuhn, G.; Schiedge, 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.
- Robinson, S. K. Coherent motions in the turbulent boundary layer, **Annual Rev. of Fluid Mechanics**, v. 23, p. 601-639, 1991.