

Primeiras Análises Estatísticas do Experimento ATTO

Newton Silva de Lima^{(*)1,2} newtonulbra@gmail.com

Júlio Tóta da Silva², Maurício José Alves Bolzan³, Matheus da Rocha Pietzsch¹, Karyane Meazza¹, Verônica Zuim¹, Felipe Céspedes¹, Alan dos Santos Ferreira¹, Kaio Barbosa¹

¹Centro Universitário Luterano de Manaus-ULBRA; ²Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA / Universidade do Estado do Amazonas – UEA / Instituto Max Planck (Max Planck Gesellschaft-Mainz); ³Universidade Federal de Goiás – UFGO.

Copyright 2012, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no V Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 27 a 29 de novembro de 2012. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do V SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBGF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGF.

Resumo

O Observatório Amazônico de Torre Alta – ATTO* (sigla em Inglês) (Fig. 1) iniciou seu monitoramento em 26 de Fevereiro de 2012, com 10 anemômetros ultrassônicos bi e tri dimensional, em uma torre de 80 m de altura. Com os dados coletados a partir desta data foram realizados análise de quadrante (II Método de Caramori), análise de Ondeleta (visualização da relação tempo-frequência da variação de energia da temperatura) e perfil vertical de vento (para determinação do ponto de inflexão).

1. Introdução

Os movimentos de ejeção e intrusão de vórtices na camada limite superficial atmosférica (CLS) são aceitos como sendo responsáveis pela maior parte da evaporação na superfície da Terra, do fluxo de calor sensível, e do fluxo de *momentum*. Entretanto, estes fenômenos ainda são poucos compreendidos dentro da subcamada rugosa do dossel da floresta (Katul et al., 1997). A forte interação existente entre biosfera-atmosfera em floresta é consequência da forte incidência de radiação solar, da enorme quantidade de chuva sobre a floresta e, também, da elevada área foliar, fatores que contribuem muito para o balanço de água e energia (Raupach et al., 1996). Com as instabilidades aerodinâmicas são associadas à vegetação (Van de Wiel et al., 2002), a floresta tropical tem elevada captação de CO₂ (através da fotossíntese) e liberação (através da respiração das plantas e do solo), mostrando um papel importante no estoque global de carbono. Além disso, as florestas são as maiores fontes de gases traços e aerossóis, liberando e transportando através de suas grandes copas estes gases para a atmosfera (Sellers, 1985; Kruijt et al., 2000).

1. Metodologia

3.1 Análise Estatística

As componentes do vento (u) e (v) serão determinadas pela definição da velocidade do vento

médio (U) na direção do escoamento horizontal médio, mas não aplicando a correlação de inclinação vertical, mantendo inalterada a componente (w) do vento. Um recurso que pode ser usado é o processamento digital com tempo de 1000 s, realizado por Lloyd et. al. (1984); Baldocchi e Meyers (1988) para separação dos termos de tendências e flutuações ($u, v e w$). Pode-se comparar os termos de flutuação diretamente com as estatísticas de grandeza de segunda e ordens superiores. Frequentemente a estatística básica é o padrão para descrever a turbulência em cada nível de observação. A movimentação vertical do ar sobre a copa das árvores é mostrada através de médias e variâncias para identificar como a turbulência estrutura-se em qualquer posição. Igualmente, a covariância indica que a movimentação do vento está associada com o transporte de *momentum* horizontal, assimetrias (*skewness*) e curtoses, consequentemente mostrando que esta variância da movimentação do ar é dominada por movimentação rápida, intermitência e vórtices descendentes.

Os dados brutos de 10 Hz, 4 Hz e 1 Hz foram submetidos a cálculo de médias das três componentes do vento ($u, v e w$), como também a variância e a covariância, bem como as *skewnesses* e as curtoses, na relação de $Z/h = 2,08$, na subcamada rugosa da floresta no ATTO. Os dados poderão ser normalizados para inferir parâmetros como o vento médio com altura da copa das árvores ($u/u'(h)$); o fluxo de *momentum*, com a (u_*) velocidade do vento de fricção ($u'v'/(u_*^2)$); que equivale no topo da torre ($u_* = (-u'v'_{\text{topo}})^{1/2}$), para a altura da torre de $h=80$ m, os desvios padrões, $\sigma_u = (\overline{u'^2})^{1/2} / u_*$ e, $\sigma_w = (\overline{w'^2})^{1/2} / u_*$, o coeficiente de correlação entre $u e w$, $-r_{uw} = -\overline{u'w'} / (\sigma_u \sigma_w)$ e as *skewnesses* de $u e w$, Sk_u e Sk_w (por ex.: w'^3 / σ_w^3) e finalmente as curtoses de $u e w$, (por ex.: w'^4 / σ_w^4), Kaimal e Finnigan (1994); Bolzan (2000); Kruijt et al. (2000).

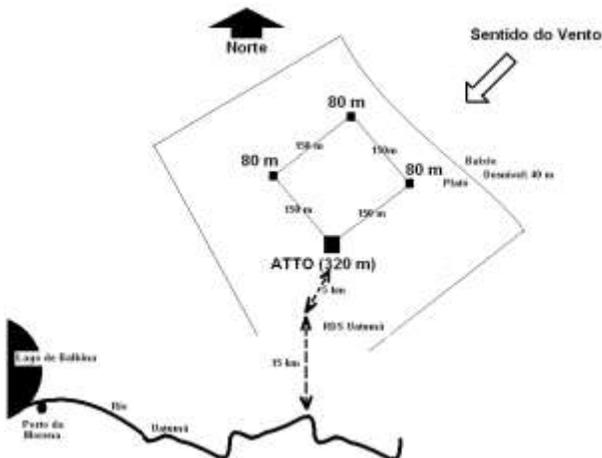


Figura 1: Esquema do Experimento ATTO (2°8'32.42"S; 59°0'3.50"W, ALT 131 m), na RDS Uatumã – AM. (Fonte: LBA-INPA-UEA-MAX PLANCK, 2012)

Resultados

A presença das chamadas Estruturas Coerentes (ECs) no escoamento turbulento sobre uma superfície rugosa, como é o caso da floresta Amazônica, é percebida através do perfil vertical da velocidade do vento. Este deve apresentar o conhecido ponto de inflexão que promove a presença destas ECs, importantes fenômenos não-lineares responsáveis para as trocas gasosas entre a biosfera-atmosfera. Com o objetivo de encontrar o ponto de inflexão foram realizadas médias de diversas séries temporais da velocidade longitudinal (u) da velocidade do vento, obtidas em diferentes alturas. A Figura 2 mostra o perfil de velocidade e o ajuste polinomial para o dia 27 de fevereiro de 2012, por volta das 06 horas da manhã (HL). Figura 3 mostra a ejeção de fluxo de calor para cima que pode ser observado através da análise Transformada de Ondeleta (TO) as 9:56 h a 78 m e Figura 4 análise de quadrantes para fluxo de calor entre T e w no ATTO as 09:56 h a 78 m.

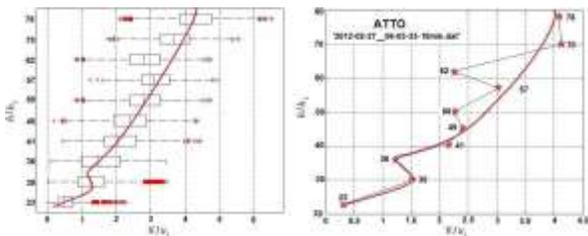


Figura 2: Perfil vertical da velocidade longitudinal do vento para o dia 27/02/2012.

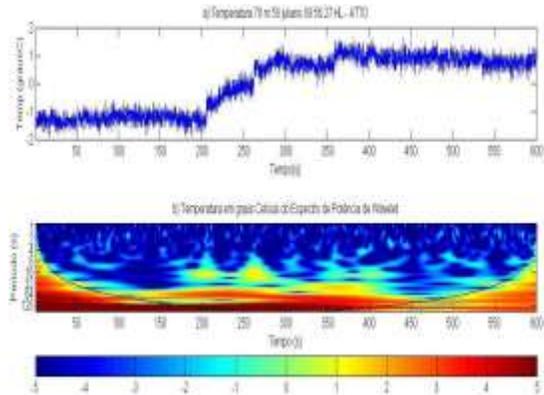


Figura 3: Análise de TO aplicada a uma série temporal de temperatura as 9:56 h, a 78 metros de altura durante o experimento ATTO.

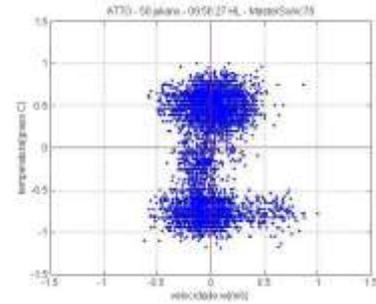


Figura 4: Análise de quadrantes no ATTO (II Método de Caramori) para o fluxo de calor para as 09:56 h e para 27/02/2012. Altura de 78 metros.

Discussão e Conclusões

A análise dos resultados possibilitou a obtenção das seguintes conclusões principais:

- a) Este estudo mostra que a presença das chamadas Estruturas Coerentes (ECs) no escoamento turbulento sobre uma superfície rugosa, no caso do experimento ATTO na floresta Amazônica, são percebidas após o ponto de inflexão do perfil da velocidade média do vento, por métodos estatísticos, análise de quadrante e transformada de Ondeleta;
- b) Para os parâmetros de frequência de 10 Hz e de $Z/h = 2,08$ no equipamento posicionado na altura de 78 m (Anemômetro Ultrassônico 3D - Solent, Gill Instruments, U.K - Wind Master) mostra como é visível um aumento na flutuação de temperatura (Fig. 3), caracterizando Estruturas Coerentes;
- c) Como a utilização dos 10 equipamentos (anemômetros ultrassônicos) análise estatística e ajuste polinomial de terceiro grau foi possível à determinação do ponto de inflexão da velocidade média do vento que está entre 30 e 41 metros (06:33 HL) e

entre 50 e 62 metros de altura às 09:33 (HL) no ATTO (Fig. 2) para estação chuvosa.

Agradecimentos

Gostaríamos de demonstrar nosso reconhecimento aos alunos do CLIAMB (LBA-INPA-UEA), Veber Moura e Eliane Batista (Equipe do Laboratório Micrometeorologia da UEA), que participaram da organização e execução da primeira campanha do Projeto Experimento do Observatório Amazônico de Torre Alta – ATTO, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, ao Centro Universitário Luterano de Manaus (ULBRA Manaus) e ao Instituto Max Planck. Somos igualmente gratos aos Srs. Thiago Xavier; Antônio Huxley; Elton; Adir, funcionários do INPA, verdadeiros guardiões do ATTO (motoristas, torristas, barqueiros, tratoristas, instrumentistas e cozinheiro), pelo apoio na organização e realização do experimento no Sítio do ATTO na RDS Uatumã - AM.

Referências

Baldocchi, D. D. and Meyers, T. P.: 1988, 'Turbulence Structure in a Deciduous Forest', *Boundary-Layer Meteorol.* 43, 345–364.

Bolzan, M. J. A. **Um Estudo sobre Características Estatísticas do Subdomínio Inercial da Turbulência Desenvolvida em Escoamentos Acima e Dentro da Copa da Floresta Amazônica de Terra Firme e Acima do Pantanal Matogrossense.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1998.

Caramori, P.; Schuepp, P.; Desjardins, R.; MacPherson, I. Structural analysis of airborne flux estimative over a region. *Journal of Climate*, v. 7, n. 5, p. 627-640, May 1994.

Kaimal, J. C.; Finnigan, J. J. **Atmospheric boundary layer flows - Their structure and measurement**, Oxford University Press, Inc., New York, 1994, 289 p.

Katul, G.; Cheng-I, H.; Kuhn, G; Ellsworth, D. Turbulent eddy motion at the forest-atmosphere interface. *Journal of Geophysical Research*, v. 102, n. D12, p. 13409-13421, Jun. 1997

Kruijt, B.; Y. Malhai, J. Lloyd; A.D. Nobre; A. C. Miranda; M. G. P. Pereira; A. Culf and J. Grace. Turbulence statistics above and within two Amazon rain forest canopies, *Boundary-Layer Meteorology* 94: 297–331, 2000.

Lloyd, C. R., Shuttleworth, W. J., Gash, J. H. C., and Turner, M.: 1984, 'A Microprocessor System for Eddy Correlation', *Agric. For. Meteorol.* 33, 63–76.

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.

Sellers, P. J., "Modeling Effects of Vegetation on Climate", Chapter 16, *THE GEOPHYSIOLOGY OF AMAZONIA*, R.E. Dickinson Editor, JOHN WILEY & SONS, NY, 1985

Van de Wiel, B. J. H., R. J. Ronda, A. F. Moene, H. A. R. De Bruin, and A. A. M. Holtslag, 2002: Intermittent turbulence and oscillations in the stable boundary layer over land. Part I: A bulk model. *J. Atmos. Sci.*, 59, 942-958.