

# RESULTADOS DO PROJETO TRMM/LBA 1999 SOBRE UMA ÁREA DE PASTAGEM NA AMAZÔNIA: DEPOSIÇÃO E CONCENTRAÇÕES DE OZÔNIO

Julio TÓTA<sup>1</sup>, P.J. OLIVEIRA<sup>1</sup>, G. FISCH<sup>2</sup>, J.M. SIGLER<sup>3</sup>, J.D. FUENTES<sup>3</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Resultados de experimentos realizados anteriormente na Amazônia sugerem que as áreas de florestas tropicais atuam como sumidouro de ozônio troposférico (Fan et al., 1990). As áreas de floresta tropical possuem características como grandes quantidades de radiação solar incidente, índice de área foliar e fluxos de calor latente, que são os principais contribuintes para que a vegetação comporte como grande sorvedouro de ozônio. Por outro lado, as questões a respeito do balanço e deposição de ozônio sobre as áreas desflorestadas (pastagem) ainda são alvo de pesquisa e especulações. Os impactos do desflorestamento sobre grandes áreas na Amazônia no balanço do ozônio em escala regional e global, em função do aumento da taxa de produção fotoquímica do ozônio e o decréscimo de sua deposição, precisam ser avaliados. O desflorestamento de grandes extensões de áreas de floresta podem alterar as fontes de precursores de ozônio tais como o óxido de nitrogênio e hidrocarbonos. Neste trabalho são descritos e analisados dados de concentração de ozônio obtidos sobre uma área de pastagem em Rondônia, durante a campanha de campo do projeto TRMM-LBA. São analisados o comportamento e o ciclo diurno das concentrações e do fluxo de ozônio. Alguns estudos de caso foram selecionados.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados foram obtidos continuamente de janeiro a fevereiro de 1999, sobre uma área de pastagem localizada próximo a cidade de Ouro Preto D'oeste, Rondônia (10° 45' S, 62° 22' W). O área de pastagem possui uma vegetação predominante de *Brachiaria brizantha*. Segundo Gash et al. (1996) o índice de área foliar da área para esta área apresenta um valor de 3.9 na estação chuvosa. Os instrumentos para medidas de concentrações de ozônio (analisador LICor, partes por bilhões em volume - ppbv) e variáveis meteorológicas como pressão atmosférica, temperatura e umidade do ar e CO<sub>2</sub>, foram instalados em uma torre micrometeorológica (10 metros), em vários níveis e informações de radiação solar foram realizadas em superfície. Foram utilizados pirgeômetro (Kipp & Zonen) e piranômetro (Eppley) para medidas das componentes de radiação de onda longa e curta. Foi utilizado um analisador de gases LICor para medidas de perfis das concentrações de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Um sistema de Eddy Covariance foi utilizado para obter os fluxos de calor latente e de sensível e de CO<sub>2</sub>. Os fluxos de ozônio foram estimados através de um modelo simples de resistência, a seguir.

## 3. MODELO

Um modelo de resistência uni-dimensaional foi utilizado para calcular o fluxo de ozônio e a velocidade de deposição. Esse modelo tem sido utilizado e modificado alguns pesquisadores (Baldochi et al. 1987; Fuentes et al., 1992).

Neste modelo é assumido que a deposição na superfície pode ser representada como um, "big leaf", conglomerado de folhas individuais. O fluxo de ozônio na superfície é assumido como a razão entre a concentração de ozônio na altura onde foi medida e a resistência total de transferência, ou como o produto da concentração e a velocidade de deposição dada por:  $FO_3 = \chi/r_t = \chi \cdot V_d$ , onde  $FO_3$  é o fluxo de ozônio em ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ),  $\chi$  é a concentração de ozônio em ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) a 2 metros,  $r_t$  é a resistência total de transferência em ( $\text{s m}^{-1}$ ), e  $V_d$  é a velocidade de deposição em ( $\text{m s}^{-1}$ ). A resistência total ( $r_t$ ) pode ser dada pela soma da resistência aerodinâmica ( $r_a$ ), a resistência da camada limite foliar ( $r_b$ ) e a resistência do ar no interior da copa ( $r_c$ ), ou seja, ( $r_t = r_a + r_b + r_c$ ).

## 4. RESULTADOS

Durante o período do experimento, janeiro a fevereiro de 1999, a média horária da concentração de ozônio apresentou valores de 17 ppb às 14 hora local (HL), geralmente na parte mais quente do dia. Na Figura 1 são mostradas as médias máxima e mínima para todo o período do experimento. As médias máximas e mínimas apresentaram seus valores extremos em um horário similar (14 HL), chegando a 23 e 13 ppb respectivamente. Nota-se nesta Figura que, a maior variabilidade do ozônio ocorre durante o dia entre 08 e 14 HL. Isto se deve a maior atividade fotoquímica durante o dia.

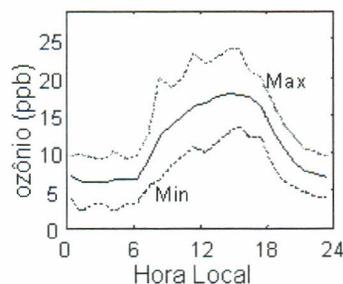


Fig.1 - Média horária da concentração de ozônio durante o período

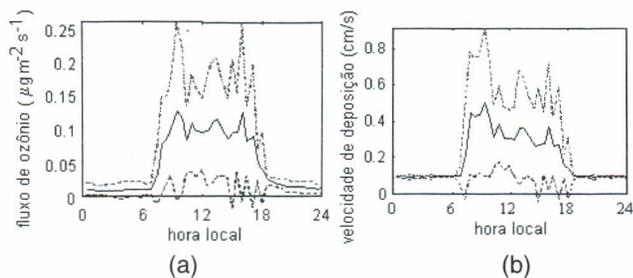
A média horária para 22 dias do fluxo de ozônio e da velocidade de deposição são mostradas na Figura 2. O máximo da média de  $FO_3$  chega a  $0.14 \mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Um comportamento bimodal no máximo do  $FO_3$  é observado (Figura 2a). Um máximo aparece às 09:30 e outro às 16:00 HL. Esses máximos são devido a inclusão de dias com distúrbios atmosféricos, preferencialmente durante o período da tarde, causando redução drástica de saldo de radiação e temperatura do ar. Esses dias de distúrbios exibem picos de saldo de radiação durante a manhã antes do início da convecção e no final da tarde. A velocidade de deposição segue o mesmo padrão, com um pico durante a manhã de  $0.45 \text{ cm s}^{-1}$  um pouco superior ao pico durante a tarde de aproximadamente  $0.35 \text{ cm s}^{-1}$ .

O parâmetro que dominou no cálculo da deposição de ozônio foi a resistência no interior da copa da vegetação ( $r_c$ ), chegando a valores de  $900 \text{ s m}^{-1}$  durante a noite e de

<sup>1</sup> Dept<sup>o</sup> de Meteorologia <sup>1</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), Cachoeira Paulista - SP. jtota@cptec.inpe.br

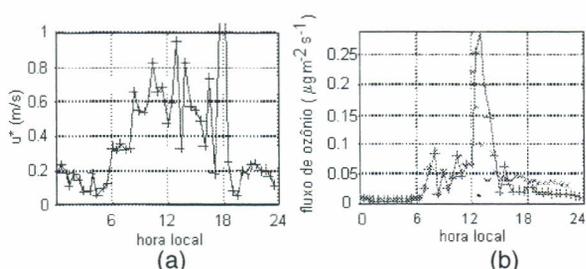
<sup>2</sup> Centro Técnico Aeroespacial, São José dos Campos - SP

<sup>3</sup> Department of Environmental Sciences, University of Virginia, Clark Hall, Charlottesville - USA - IGEO/UFRJ



**Fig. 2** - Média horária a) fluxo de ozônio, b) velocidade de deposição

50-200 s m<sup>-1</sup> de dia. As outras resistências menos significativas. O fluxo de ozônio foi fortemente dependente da radiação, conforme mostra a Figura 4. Isso é devido a elevada mistura convectiva que causam altos valores de fluxos de energia. A Figura 3 mostra a dependência entre o fluxo de ozônio e a velocidade de fricção ( $u^*$ ) para o dia 25 de fevereiro de 1999.



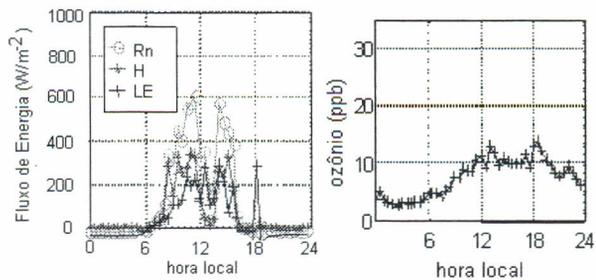
**Fig. 3** - Evolução Diária (25/02/1999) a) fluxo de ozônio, b) velocidade de fricção ( $u^*$ ), médias de 30 minutos

A Figura 4 mostra os fluxos de energia (Rn, H e LE) e a concentração de ozônio para o dia 25/02/1999. Nessa Figura, fica evidente os efeitos de fenômenos atmosféricos que ocorreram freqüentemente durante o experimento. Isso provoca uma variação brusca de todas as componentes do balanço de energia causando decréscimo e variações na concentração de ozônio (Figura 4b).

Altos valores de LE em relação a Rn e altos valores de  $u^*$ , devido a fortes ventos em superfície, levam a uma queda de  $r_c$ , o que resulta em altos valores de fluxos de ozônio, apesar do decréscimo da radiação solar.

## 5. CONCLUSÕES

Medidas e análises da concentração de ozônio foram realizadas em uma área de pastagem na Amazônia. Os resultados mostraram que os fluxos de ozônio estimados através de um modelo simples de resistência foram inferiores aos obtidos por Fan et al. (1990) para uma área de floresta. O trabalho de Kirchhoff et al. (1990) reporta um máximo de concentração de ozônio em torno de 6 ppb em uma área de floresta durante a estação chuvosa. Neste estudo, a concentração média diurna de ozônio, durante a



**Fig. 4** - Média Diária (25/02/1999) a) Fluxo de energia (Rn, H e LE), b) concentração de ozônio. Médias de 30 minutos

estação chuvosa de 1999 em uma área de pastagem, foi cerca de 3 vezes maior (Figura 1). A deposição de ozônio para a vegetação parece ser um sumidouro menos crítico sobre a pastagem do que sobre a área de floresta tropical. No caso do dia 25/02/1999, foi mostrado que a deposição seca pode ser acentuada com rugosidade e turbulência mecânica, favorecendo áreas florestadas. Ao passo que, sobre áreas de pastagem, a deposição apresenta taxas menores. Um importante fator na deposição é o fluxo de calor latente, o qual interfere na dinâmica dos processos estomáticos. O comportamento estomatal afeta fortemente o fluxo de ozônio, que por sua vez, é dependente do fluxo de calor latente. Portanto, a redução do índice de área foliar e do fluxo de calor latente, sugere uma redução dos fluxos de ozônio sobre áreas de pastagem em relação à áreas de floresta tropical. Este estudo indica a importância de se quantificar os fluxos de ozônio sobre áreas de pastagem, tais as diferenças encontradas no ciclo diurno e concentrações de ozônio quando comparados com medidas realizadas em áreas de floresta tropical primária.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos participantes do experimento durante o projeto NASA TRMM-LBA e suporte recebido.

## 6. REFERÊNCIAS

- Fan, S.-M., S.C. Wofsy, P.S. Bakwin, D.J. Jacob, and D.R. Fitzjarrald, 1990: Atmosphere-Biosphere Exchange of CO<sub>2</sub>-O<sub>3</sub> in the Central Amazon Forest. *J. Geophys. Res.*, 95, 16851-16864.
- Baldocchi, D.D., B.B. Hicks, and P. Camara, 1987: A canopy stomatal resistance model for gaseous deposition to vegetated surfaces. *Atmos. Environ.* 21:91-101.
- Fuentes, J.D., T.J. Gillespie, G. den Hartog, and H.H. Neumann, 1992: Ozone deposition onto a deciduous forest during dry and wet conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 62, 1-18.
- Gash, J.H.C., C.A. Nobre, J.M. Roberts, and R.L. Victoria, (eds.), 1996: *Amazonian Deforestation and Climate*. John Wiley & Sons, New York. 611pp.
- Kirchhoff, V.W.J.H., I.M.O. Da Silva, and E.V. Browell, 1990: Ozone measurements in Amazonia: Dry season versus wet season. *J. Geophys. Res.*, 95, 16913-16926.