

# ASPECTOS OBSERVACIONAIS DA CAMADA LIMITE CONVECTIVA DESENVOLVIDA EM ÁREA DE PASTAGEM NA AMAZÔNIA (EXPERIMENTO LBA/RACCI)

Gilberto FISCH<sup>1</sup> Luiz Augusto T. MACHADO<sup>1</sup>, Maria Assunção F. da SILVA DIAS<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

Atualmente tem-se discutido muito sobre as possíveis modificações climáticas no globo terrestre, em decorrência da ação antrópica na exploração de recursos naturais e ocupação humana. Na Amazônia tal exploração tem sido realizada, em larga escala, pelo desflorestamento de floresta tropical densa para a extração de madeira ou substituição por áreas extensas de pastagens. Por outro lado, a Amazônia representa uma importante fonte de umidade atmosférica assim como uma grande fonte de material particulado e de gases traços originados da queima de biomassa, na estação seca, com implicações diretas na qualidade do ar e indiretas no clima regional.

Vários estudos de simulação numérica do clima em situações de floresta e desmatamento já foram realizados, entre os quais pode-se citar NOBRE *et al.* (1991). De modo geral, os resultados obtidos convergem em que ocorrerá um aumento da temperatura do ar próximo à superfície (variando de 0,6 a 2,0 °C), uma redução nos totais de precipitação e evaporação (de 20 a 30% do valor de floresta) e uma estação seca mais prolongada. Entretanto, a influência da troca de superfície na camada limite não é direta. Estudos observacionais do desenvolvimento da camada limite convectiva (CLC) na Amazônia já foram realizados (FISCH *et al.*, 2003) e os resultados mostram que a altura da CLC na pastagem durante a estação seca é aproximadamente 800 m superior a CLC sobre a floresta, tendo em vista a redução de água disponível no solo e consequente aumento do fluxo de calor sensível. Na floresta esta redução praticamente não ocorre, pois as árvores conseguem captar água em profundidades maiores do que as gramíneas. Na época chuvosa, os dois biomas comportam-se de forma semelhante. Dados observacionais foram apresentados em FISCH *et al.* (2003) e resultados de modelagem atmosférica em FISCH (1995).

O objetivo deste trabalho é o de mostrar a variação da CLC desenvolvida na área de pastagem, durante a transição entre o final da estação seca para o período chuvoso.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado durante a campanha de campo do Projeto LBA/RACCI (<http://www.lba.iag.usp.br>). Este experimento foi planejado para coletar dados meteorológicos durante a transição entre o final da estação seca e início do período chuvoso em Rondônia, visando identificar/estudar o papel dos aerossóis em favorecer ou inibir a convecção úmida.

Os dados utilizados foram obtidos de radiossondagens meteorológicas realizadas com o

equipamento DIGICORA III (Vaisala Oy, Finlândia) e a sondas Vaisala RS80-15G, que possui sensores para a medida dos seguintes elementos climáticos: pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar. Os ventos foram calculados usando a técnica do GPS. As sondagens meteorológicas foram realizadas no período de 15/9 a 30/10/2002, em uma fazenda de agropecuária no município de Ouro Preto D'Oeste (Rondônia), nos horários das 8, 11, 14 e 17 horas local - HL. No mesmo local da realização das radiossondagens foi instalado uma estação meteorológica automática (coletando dados de fluxos de radiação solar e saldo de radiação, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, precipitação) e fluxos turbulentos de calor sensível (H) e latente (LE) usando a técnica da correlação de vórtices, para auxiliar na interpretação dos dados.

As alturas da CLC foram determinadas através dos perfis verticais de temperatura potencial ( $\theta$ ) e de umidade específica ( $q$ ), sendo que estas alturas foram determinadas graficamente sempre que ocorresse uma inversão acentuada. Este método já foi utilizado por FISCH *et al.* (2003) para a determinação das alturas em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. Com as alturas  $h_{\theta}$  (determinada por  $\theta$ ) e  $h_q$  (determinada por  $q$ ) foram calculados os valores médios de  $\theta$  e de  $q$  na CLC.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta um resumo das características termodinâmicas da CLC para o período de coleta de dados, que dividiu-se em um período seco - PS (de 19 a 30/9) e outro chuvoso - PC (15 a 30/10/2002)

Tabela 1: Características termodinâmicas da CLC.

Dia	$h_{\theta}$ (m)	$h_q$ (m)	$\theta$ (K)	$q$ (g/kg)
<b>PS</b> 20/9	2250	2250	308,5	11,0
21/9	1350	1500	306,8	12,0
22/9	1200	1250	305,3	14,0
23/9	1650	1300	307,5	13,8
24/9	1250	1250	305,3	12,8
25/9	1900	1900	307,0	11,2
26/9	1500	1500	307,2	12,0
27/9	1500	1500	306,8	13,0
29/9	1600	1600	306,8	13,4
<b>MÉDIA</b>	<b>1561</b>	<b>1561</b>	<b>306,8</b>	<b>12,6</b>
<b>PC</b> 23/10	1400	1400	307,2	13,0
24/10	1200	1200	305,3	12,8
25/10	1000	1100	304,5	13,9
26/10	1250	1200	307,7	13,0
27/20	1800	1700	308,5	13,5
28/10	1700	1700	308,8	11,8
29/10	1500	1300	306,5	12,5
<b>MÉDIA</b>	<b>1410</b>	<b>1370</b>	<b>306,9</b>	<b>12,9</b>

<sup>1</sup> Dr., Pesq. Tit. Centro Téc. Aeroespacial (CTA/IAE), SJC, 12228-904, email: [gfisch@iae.cta.br](mailto:gfisch@iae.cta.br), bolsista CNPq

<sup>2</sup> Dr., Prof. Tit. Universidade de São Paulo (IAG/USP), SP, 05508-090, email: [mafdsdia@usp.br](mailto:mafdsdia@usp.br), bolsista CNPq

É possível observar que no PS ocorreram casos de CLC superior a 2000 (20/09). No dia 19/09 (analisando a sondagem das 14 UTC – infelizmente a sondagem das 17 HL foi perdida por mal funcionamento da sonda) mostra que a atmosfera provavelmente iria passar dos 2200 m. Estes 2 dias foram o final de um período extremamente seco, em que ocorreram muitas queimadas na região. Do dia 20 ao dia 30/09, as queimadas não foram tão intensas na área. A partir daí ocorreram alguns episódios de chuva na região, principalmente entre os dias 17 e 21/10, os quais teve chuva todas as tardes na área de pastagem. A ocorrência da chuva não permite uma caracterização correta da altura da CLC e portanto estes dados não foram analisados na determinação das características médias. Analisando os valores médios mostra-se que a altura da CLC decresceu de um valor aproximado de 150 m na transição do PS para o PC, praticamente manteve a temperatura potencial média e um ligeiro acréscimo de 0,3 g/kg. Embora seja difícil distinguir uma diferença clara no padrão da radiação solar os 2 períodos, a análise do fluxo de calor sensível é mais direta, pois no PS quase todos os dias os valores máximos de H superaram  $200 \text{ W/m}^2$  e em muitos caso  $250 \text{ W/m}^2$ . No caso do PC, nenhum dia apresentou H superior a  $250 \text{ W/m}^2$  (Dados não apresentados). A CLC desenvolve-se, em parte, diretamente pela devolução de calor sensível proveniente da superfície. Uma vez que a superfície do solo esteja mais úmida (com as chuvas), a partição de energia ocorre predominantemente na forma de calor latente.

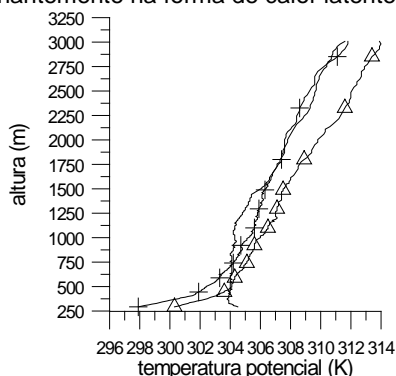


Figura 1: Perfis verticais de temperatura potencial para 3 sondagens distintas no dia 19/10/2002: 11 HL (linha sólida), 14 HL (cruz) e 17 HL (triângulo)

Um caso interessante de modificação da estrutura termodinâmica da CLC ocorreu no dia 19/10/2002, quando houve uma chuva forte na pastagem (de 16,0 mm) entre as sondagens das 11 e 14 HL. Na sondagem das 17 UTC o ambiente já estava novamente seco. Como se observa na figura 1, há inicialmente um resfriamento da atmosfera (sondagem das 14 HL) e posteriormente um aquecimento da camada (sondagem das 17 HL). O que é interessante notar é que a estrutura termodinâmica da atmosfera não se alterou, ou seja, mesmo com o aquecimento da energia pela radiação solar, a devolução de energia, que foi predominantemente na forma de calor latente, não aqueceu a atmosfera a ponto de iniciar a formação de uma nova camada limite convectiva. A estrutura térmica permaneceu com a característica de superfície molhada, somente deslocada para a direita (ou seja, mais quente). Os perfis de umidade

específica mostram bem este padrão, com um aumento de umidade após as sondagens das 11 HL: inicialmente (14 HL) apenas na parte baixa e posteriormente em toda a camada. Os dados de fluxo de radiação solar decrescem de  $617 \text{ W/m}^2$  as 13 HL para  $63 \text{ W/m}^2$  as 14 HL (durante a chuva), aumentando este valor para valores entre  $160\text{-}180 \text{ W/m}^2$  no restante da tarde (entre 13 e 17 HL). O fluxo de calor sensível responde a estas variações, apontando um valor negativo ( $-17 \text{ W/m}^2$  as 14 HL). Após a chuva o fluxo de calor sensível torna-se positivo, porém muito pequeno (menor que  $20 \text{ W/m}^2$ ).

## CONCLUSÕES

Os dados apresentados mostram a importância da umidade do solo em caracterizar a estrutura (altura, propriedades médias, estabilidade atmosférica) da camada limite convectiva em área de pastagem na Amazônia.

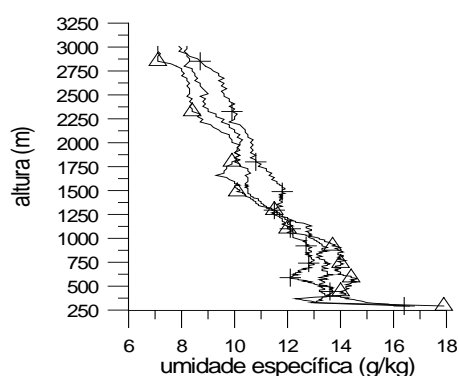


Figura 2: Idem ao Figura 1, porém para o perfil de umidade específica

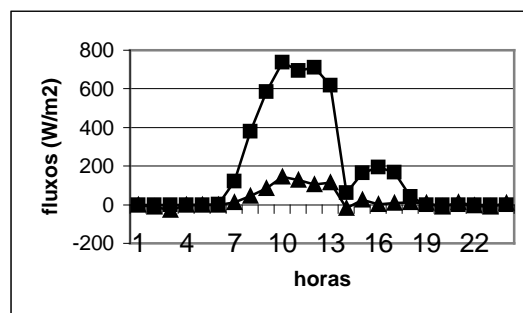


Figura 3: Ciclo dos fluxos de Radiação Solar (losango) e calor sensível (quadrado) em 19/10/02

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FISCH, G. **Camada Limite Amazônica: aspectos observacionais e de modelagem**. São José dos Campos, 1995. 161p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – INPE.
- FISCH, G. TOTA, J.; MACHADO, L.A.T.; SILVA DIAS, M.A.F. DA; NOBRE, C.A.; LYRA, R.F.F.; DOLMAN, A.J.; GASH, J.H.C. The convective boundary layer developed over pasture and forest in Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**, aceito, 2003.
- NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of Climate**, v.4, n.10, p. 957-987, 1991.