

ESTIMATIVA DOS FLUXOS DE CALOR SENSÍVEL E LATENTE NA FLORESTA ATRAVÉS DO MÉTODO DO GRADIENTE

ÁVILA, P. L.R. ¹, PINHEIRO, A. N. ¹, ALVES, A. C. ¹, FILHO, J.D.S. ², CATTANIO, H. ²

1 Graduanda em Meteorologia, Faculdade de Meteorologia, UFPA, Belém-PA, panloly@hotmail.com, 2 Mestre em Meteorologia, Faculdade de Meteorologia, UFPA, Belém-PA

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES

1-ABSTRACT

This study aimed to observe the flow of sensible and latent heat at three levels inside the forest Caxiuanã, where they were estimated using the gradient method is an indirect measure that based on the Monin-Obukhov similarity, which says the average vertical flux of a quantity is proportional to the vertical gradient of the quantity in the time interval measured. The results show that vertical gradients of temperature and humidity beneath the canopy of the forest have different behaviors, higher temperature and lower humidity in the level of 21 meters. The fluxes of latent and sensible heat were higher in the layer between 15 and 21 meters, compared with the layer between 1 and 15 meters.

2- RESUMO

Este trabalho teve como objetivo observar os fluxos de calor sensível e latente em três níveis no interior da floresta de Caxiuanã, onde estes foram estimados através do método do gradiente que é uma medida indireta que esta baseada na de similaridade de Monin-Obukhov, a qual diz que a média vertical do fluxo de uma quantidade é proporcional ao gradiente vertical da quantidade no intervalo de tempo medido. Os resultados mostram que os gradientes verticais de temperatura e umidade abaixo do dossel da floresta têm comportamentos distintos, temperatura mais elevada e umidade mais baixa nos nível de 21 metros. Os fluxos de calor latente e sensível foram superiores na camada entre 15 e 21 metros, comparados com a camada entre 1 e 15 metros.

PALAVRAS - CHAVE: fluxo de calor sensível, fluxo de calor latente, temperatura do ar, déficit de pressão de vapor

3- INTRODUÇÃO

A transferência de energia é uma das mais importantes interações entre a biosfera e a atmosfera. Este transporte é muito complexo em se tratando de área com vegetação de alto porte, em floresta tropical úmida. A existência das muitas formas de vida e particularmente da vida vegetal é amplamente dependente de uma troca vigorosa de energia na biosfera. E a vegetação é um importante receptor e armazenador orgânico da energia, pois interfere na quantidade de energia solar que será absorvida pela superfície da terra em função do seu albedo, exercendo ainda, um importante papel no armazenamento da energia solar na

biomassa, por meio de sua alta capacidade térmica e por meio da assimilação da energia pela fotossíntese (Santos et al., 2002).

Neste trabalho foi conduzido na floresta primária de terra firme de Caxiuanã durante um mês chuvoso na região (março de 2009), com objetivo estudar os perfis verticais da temperatura do ar e o déficit de pressão de vapor (DPV) nos níveis 1 e 15 metros (abaixo de copas de sombra) e 21 m (abaixo de copas de sol) buscando entender o comportamento horário desses parâmetros no interior da floresta. Os fluxos de calor sensível e latente foram estimados pelo método do gradiente.

4- MATERIAIS E MÉTODOS

4.1- Localização e clima

O sítio experimental está localizado no interior da Reserva Florestal Nacional de Caxiuanã (latitude 01° 42' 30" S e "longitude 51° 31' 45" W), no município de Melgaço-Pa, a oeste de Belém. Essa reserva é constituída, em 85% de sua área por floresta densa de terra firme, com dossel médio de 40 m de altura, porém, algumas árvores chegam a 50 m. O clima da região é do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, ou seja, quente e úmido com precipitação pluviométrica muito elevada durante alguns meses, e com a ocorrência de um a dois meses (outubro e novembro) de pluviosidade inferior a 60 mm. A temperatura média anual é de 26°C e as temperaturas extremas (máximas e mínimas) em torno de 32°C e 22°C, respectivamente. A região possui período mais chuvoso, entre os meses de janeiro e maio, e menos chuvoso de setembro a dezembro. (Moraes et al., 1997).

4.2- Dados e instrumentação

A temperatura do ar e a umidade relativa foram medidas através de sensores de termistores nos níveis de 1 e 15 m (abaixo de copas de sombra) e 21 m (abaixo de copas de sol) acima do solo, os quais foram instalados pendurados por meio de fio de nylon em árvores de até 30 m de altura no interior da floresta de Caxiuanã. Os dados foram armazenados em um datalogger, sendo registradas médias a cada 30 minutos.

4.3- Métodos do gradiente (medida indireta)

O método do gradiente está baseado na teoria de similaridade de Monin-Obukhov, a qual diz que a média vertical do fluxo de uma quantidade é proporcional ao gradiente vertical da quantidade no intervalo de tempo medido. As equações abaixo foram utilizadas para estimar os fluxos de calor sensível e latente.

$$H = \rho c_p K_H \frac{\partial T}{\partial z}$$

$$LE = \rho_{ar} c_p Le K_E \frac{\partial q}{\partial Z}$$

Neste trabalho cada camada entre 1 e 15 m e 15 e 21 m foi considerada plana e homogênea. Para estimar os fluxos de calor sensível e calor latente pelo método do gradiente são necessários dois níveis de medidas de temperatura e umidade (Wesson et al., 2001), onde,

H e LE são respectivamente, os fluxos de calor sensível e calor latente (W.m^{-2}), ρ é a densidade do ar (kg.m^{-3}), c_p é o calor do ar específico a pressão constante ($\text{J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$), K_H e K_E são os coeficiente de difusão turbulenta do calor e do vapor d'água ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$), respectivamente, para uma atmosfera estável $K_H = K_E = 1$, $\frac{\partial T}{\partial z}$ é o gradiente vertical de temperatura (°C.m^{-1}), $\frac{\partial q}{\partial z}$ é o gradiente vertical de umidade específica ($\text{g m}^{-1} \text{g}^{-1}$), L_v é o calor latente de evaporação dado por; $L_v = 595 - 0,51 t$.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1- Temperaturas do ar

Na figura 1, podemos observar o comportamento da temperatura com a altura e sua variação horária. Durante o período diurno a temperatura a 1 m e a 15 m esteve sempre abaixo da temperatura a 21 m. Observou-se que com a incidência da radiação, a partir das 07:00 horas, houve um armazenamento maior de energia no nível de 21 m. A partir das 19 horas, houve um resfriamento em todos os níveis, embora o nível de 21 m tenha se resfriado um pouco mais que os níveis abaixo. A média a temperatura foi de 23,5 a 24°C para todos os níveis neste período, com a mínima de 23,2°C no nível de 21 m. A temperatura máxima ocorreu as 15:00 horas e foi de 26,6°C, 27,7°C e 28,3°C para os níveis de 1 m, 15 m e 21 m respectivamente. A temperatura mais elevada no nível de 21 m se deve a radiação que incide mais diretamente e é reduzida nos níveis mais próximos a superfície, devido a floresta ser densa e se tornar uma barreira para penetração da radiação.

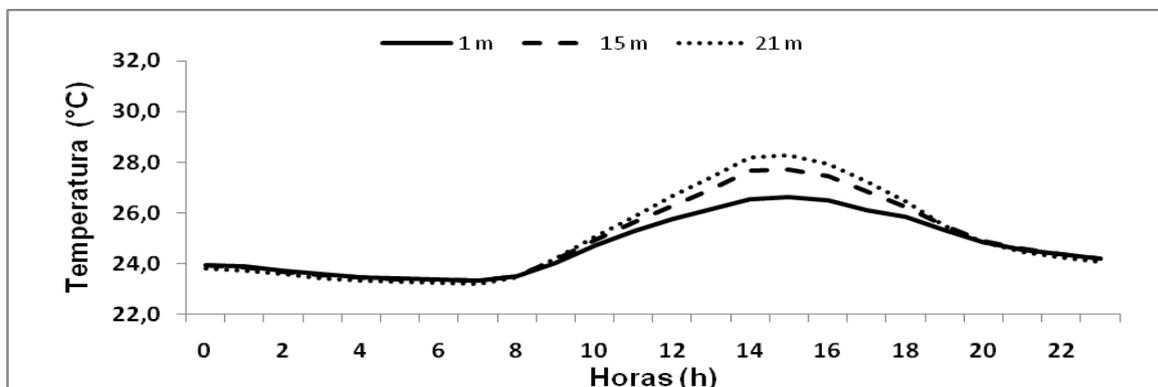


Figura 1- Variação horária da temperatura do ar nos níveis de 1, 15 e 21 m de altura em Caxiuanã

5.2- Déficit de pressão de vapor

O estudo do déficit de pressão de vapor (DPV) nos mostra o quanto de umidade esta presente na atmosfera, analisando a figura2, podemos acompanhar o comportamento da umidade ao longo das 24 horas. Logo, o DPV aumenta a medida que a radiação incide sobre a floresta, apresentando seu máximo as 15 h com 6,8 hPa para o nível de 21 m .Então a medida que há aquecimento da floresta a umidade diminui, entretanto o nível de 1 m sente pouco essa

variação de umidade por estar mais próximo ao solo com o máximo de 1,7 hPa .Esse comportamento vai se dar devido a dificuldade em que a radiação tem para chegar até a superfície e por estar mais próximo da superfície.

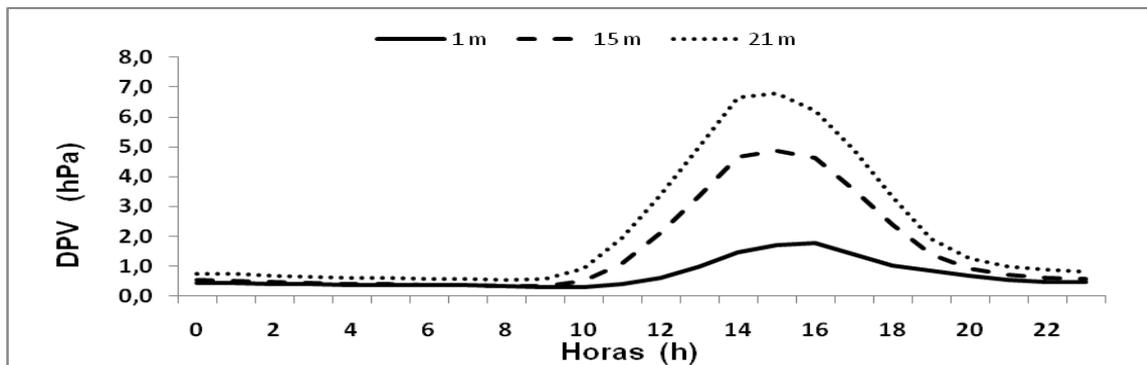


Figura 2- Variação horária do DPV nos níveis de 1, 15 e 21 m de altura em Caxiuanã

5.3- Fluxos de calor sensível (H) e latente (LE)

De acordo com a Figura 3a, durante a noite os fluxos apresentam um comportamento semelhante, sabendo que o fluxo negativo de calor sensível é utilizado para resfriar a atmosfera e o fluxo de calor latente para condensar o vapor d'água (deposição de orvalho), com mínimo de -3 W m^{-2} e a partir das 8 h podemos observar que conforme a radiação penetra no interior da floresta a energia é utilizada para aquecer a atmosfera e para o processo de evapotranspiração. Os fluxos máximos de calor sensível e latente, respectivamente, foram 92 W m^{-2} e 147 W m^{-2} , as 15:00 horas.

Verificou-se na Figura 3b, que durante a noite esses fluxos são mais negativos, indicando que nesta camada (15 a 21 m) ocorreu mais resfriamento e condensação. Os fluxos mínimos de calor sensível e latente foram $-24,3 \text{ W m}^{-2}$ e $-32,5 \text{ W m}^{-2}$, respectivamente. Entretanto, por volta das 8 h com a incidência direta da radiação há um aumento rápido dos fluxos devido esta camada estar próxima ao topo do dossel. Observa-se que nesta camada grande parte da energia é utilizada para o processo de evapotranspiração. Os valores máximos dos fluxos de calor sensível e latente foram $104,5 \text{ W m}^{-2}$ e 176 W m^{-2} .

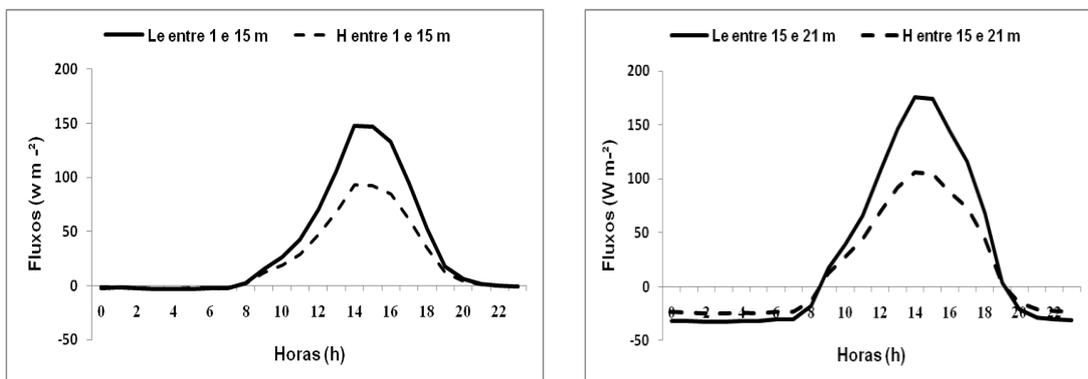


Figura 3- Variação horária do fluxo de calor sensível e latente entre os níveis de 1 a 15 m (3a) e entre 15 e 21 m (3b) de altura para Caxiuanã

6- CONCLUSÃO

Medidas de temperatura do ar com termistores secos e úmidos em três níveis (1, 15 e 21 m) de altura, permitiram mostrar que os gradientes verticais de temperatura e os fluxos de calor sensível e latente abaixo e acima do dossel médio da floresta de Caxiuanã têm comportamentos distintos e frequentemente divergentes. Através da análise dos perfis de temperatura e fluxos verticais de calor sensível e calor latente em duas camadas (a primeira abaixo de copas de sombra entre 1 e 15 m e a segunda abaixo de copas de sol, de 15 a 21 m de altura), na floresta de Caxiuanã, foi possível determinar que: 1 – Durante as horas de incidência de radiação solar diária o dossel da floresta comporta-se como uma superfície conversora da radiação incidente em calor. 2 – Durante a noite o dossel se resfria e passa a receber calor tanto do solo como do ar, acima do mesmo. O fluxo de calor latente estimado pelo método do gradiente de umidade específica na camada de 1 a 15 m é ligeiramente inferior ao fluxo na camada de 15 a 21 m. No que tange ao fluxo de calor sensível foi observado que eles praticamente coincidem nas duas camadas durante as horas de incidência de radiação, entretanto durante a noite observa-se um maior resfriamento na camada de 15 a 21 m em relação a camada mais próxima ao solo.

7- BIBLIOGRÁFICAS

- SOUZA FILHO, J.D.C. 2002. **Variação sazonal dos componentes do balanço de radiação e energia sobre a floresta de Caxiuanã.** Viçosa, MG: UFV, 2001. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa 2002.
- SANTOS, N.M.; Costa, M.H.; Costa, J.M.N. **Simulação do fluxo de energia para a floresta de Caxiuanã, no estado do Pará.** XII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz de Iguaçu – PR, 2002.
- MORAES, J. C.; Costa, J. de P. R.; Rocha, E. J. P. e Silva, I. M. O. **Estudos hidrometeorológicos na bacia do rio Caxiuanã.** In: Lisboa, P. L. B. (org). CNPQ/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 1997, p. 85-95.
- LEITÃO, M.M.V.B.R. **Balanço de radiação em três ecossistemas da Floresta Amazônica:** Campina, Campinarana e Mata Desa. São José dos Campos, SP: INPE, 1994. 135p. Tese Doutorado. INPE 5587-TDI.
- LOPES, P. M. O. **Evapotranspiração da mangueira na região do Submédio São Francisco.** Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 1999. 108p. (Dissertação de Mestrado).