

## PARTIÇÃO DO SALDO DE RADIAÇÃO SOLAR EM UM ECOSSISTEMA DE MANGUEZAL EM BRAGANÇA-PA.

VANDA M<sup>a</sup>. S. DE ANDRADE<sup>1</sup>, JOSÉ MARIA N. DA COSTA<sup>2</sup>, ANTONIO CARLOS LÔLA DA COSTA<sup>3</sup>, LEONARDO J. G. AGUIAR<sup>4</sup>, HERNANI JOSÉ .B.RODRIGUES<sup>5</sup>

1 Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Depto. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Campus Universitário, Viçosa – MG, 36571-000. Tel. (31) 3899 1901, e-mail: [vanda007@yahoo.com.br](mailto:vanda007@yahoo.com.br)

2 Eng. Agrônomo, Prof. Titular, Depto. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG.

3 Eng. Ambiental, Prof. Adjunto, Depto de Meteorologia Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém-Pará – PA.

4 Mestrando em Meteorologia Agrícola, Depto. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG.

5 Meteorologista, Prof Adjunto, Depto de Meteorologia Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém-Pará – PA.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

**RESUMO:** Medições dos fluxos de calor latente e calor sensível e saldo de radiação solar foram feitas no ecossistema de manguezal, em Bragança-PA, durante o período de novembro de 2002 a agosto de 2003. O objetivo do presente trabalho foi quantificar as magnitudes desses fluxos e a partição do saldo de radiação no ecossistema de manguezal e analisar as suas variações sazonais. As espécies de mangue predominantes são mangue-vermelho (*Rhizophora racemosa*) e mangue-preto (*Avicennia germinans*). O fluxo de calor latente e calor sensível foram medidos usando-se o sistema *Edisol*, de covariância dos vórtices turbulentos. Essas informações foram complementadas com medições do saldo de radiação, obtidas por uma estação meteorológica automática. A partição do saldo de radiação em fluxo de calor latente apresentou um valor médio de 0,40, com os menores valores em novembro, com uma média de 0,32, enquanto os maiores valores dessa fração ocorreram em junho, com uma média de 0,46. A partição do saldo de radiação em fluxo de calor sensível apresentou um valor médio de 0,38, variando de 0,44 em novembro a 0,27 em maio. A partição dos componentes do balanço de energia, expressa pela razão de Bowen, variou de 0,72 às 9 h, aumentando até atingir um máximo de 1,03, às 13h30 e decrescendo até 0,82, às 16 h.

**PALAVRAS-CHAVE:** Saldo de Radiação Solar, Calor latente, sensível, Manguezal

## PARTITION OF THE BALANCE OF SOLAR RADIATION IN A MANGROVE ECOSYSTEM IN BRAGANÇA-PA.

**ABSTRACT:** Measurements of the flows of latent heat and sensible heat and balance of solar radiation were made at a mangrove ecosystem, in Bragança-PA, during the period of November 2002 to August 2003. The objectives of this work were to quantify the magnitudes of those flows and the partition of the radiation balance at a mangrove ecosystem, and to analyze the seasonal variations. The predominant mangrove species are the the red mangrove (*Rhizophora racemosa*) and the purple mangrove (*Avicennia germinans*). The flow of latent heat and sensitive heat were measured using the eddy covariance *EdiSol* system. These information were supported with measurements of net radiation, obtained by an automatic weather station. The net radiation partition in latent heat flux averaged 0,4, with the lower values occurring in November averaged 0.32, while the higher values of that fraction occurred in June, averaged 0,46. The partition of net radiation in sensible heat flux averaged 0.38, ranging from 0.44 in November to 0.27 in May. The partition of the energy balance

components based on the Bowen ratio, ranged from 0.72 at 9h, increasing until a maximum of 1.03 was reached at 13h30, and decreasing toward 0.82 at 16h.

**KEY-WORDS:** Balance of solar radiation, latent heat and sensible heat, Mangrove

**INTRODUÇÃO:** Os manguezais constituem um dos ecossistemas mais importantes e vulneráveis do Brasil. A dinâmica desse ecossistema mudou consideravelmente durante o século XX, devido às mudanças no uso da terra, que ainda deverão continuar no futuro, com a expansão de áreas cultivadas, pastagens, sistemas agro-florestais e corte de árvores. Tais mudanças influenciam o clima local alterado os fluxos superficiais de energia. Vários estudos têm sido publicados sobre os balanço de energia em florestas tropicais nativas, porém poucas medições são disponíveis sobre esses fluxos para o ecossistema de manguezal. Ressaltando também que os dados experimentais que foram utilizados neste estudo correspondem às primeiras séries de dados de longo prazo obtidas em ecossistema de manguezal amazônico O saldo de radiação, resultante do balanço de radiação de ondas longas e curtas, impulsiona alguns processos físicos e é utilizado para aquecer a superfície e o ar acima dela ou para fornecer energia para evaporar a água do solo e da vegetação (BASTABLE et al. 1993). Segundo estudos realizados por ZHANG et al. (1996), na região amazônica 88% da radiação solar incidente é absorvida pela superfície e a partição do saldo de radiação é de aproximadamente 64% para fluxo de calor latente, através da evapotranspiração e 36% é alocado na forma de calor sensível. A partição de energia, particularmente sob a forma de calor sensível e calor latente, determina o aquecimento da atmosfera e o conteúdo de vapor d'água e são as interações mais importantes entre a biosfera e a atmosfera sendo as magnitudes de cada fluxo variável para diferentes ecossistemas. A Razão de Bowen, definida como a relação entre fluxo vertical de calor sensível e fluxo vertical de calor latente, é o parâmetro comumente utilizado para caracterizar a partição de energia disponível para o transporte turbulento entre cada fluxo. Essa partição determina as propriedades da camada limite planetária, influenciando o transporte vertical (convecção) e o transporte horizontal (advecção) de calor e umidade. Nesse contexto, especula-se se as trocas mais importantes dessas propriedades ocorrem em florestas tropicais (GASH e NOBRE, 1996) O presente trabalho teve como objetivos quantificar as magnitudes dos fluxos calor latente e calor sensível, partição do saldo de radiação solar as suas variações diárias e sazonais. em um ecossistema de manguezal.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área de estudo está localizada no município de Bragança-PA, nordeste do Estado do Pará (01° 03' S, 46° 45' W e altitude média de 29 m). O sítio experimental está localizado no interior da floresta de manguezal, aproximadamente 30 km da sede do município de Bragança e a 9 km da Vila de Ajuruteua (litoral). Foi instalada uma torre micrometeorológica, aproximadamente 1 km em linha reta das margens da rodovia e a, aproximadamente, 300 metros das margens do rio Furo Grande. As espécies que caracterizam o manguezal desse sítio experimental, segundo RIBEIRO (2001), é do tipo exuberante, com árvores lenhosas e arbustos densos e altos, sendo que a altura média das árvores é de 20 m. Segundo levantamento de SILVA (1997), as espécies predominantes nesse sítio experimental são o mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), Siriúba (*Avicennia germinans*) e o mangue-branco (*Laguncularia racemosa*). A altura da torre micrometeorológica é de 25 m de altura, subdividida em plataformas onde foram instalados os sensores, 'data logger' e o sistema de medição de fluxos de CO<sub>2</sub>, vapor d'água, calor sensível e *momentum*. Os fluxos calor latente e sensível foram medidos usando-se a técnica de eddy covariance, o qual possui um sistema do tipo "closed path" baseado em um Anemômetro sônico 3D (Solent R-3, Gill instruments,

Lymington, UK) e um analisador de gás infravermelho LiCor 6262 (LICOR, Lincoln, Nebraska, USA). A saída digital combinada era coletada a 20Hz de frequência em um computador laptop, e os fluxos calculados em tempo real usando-se o software Edisol da Universidade de Edinburgo (MONCRIEFF et al. 1997). Os fluxos foram determinados a partir das covariâncias calculadas em um período médio de 30 min, Essas informações foram complementadas com medições do saldo de radiação, coletadas na estação meteorológica automática.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A variação sazonal da partição do saldo de radiação, em fluxos de calor latente e calor sensível está apresentada na Figura 1. A partição do saldo de radiação em fluxo de calor latente apresentou um valor médio de 0,40, com os menores valores em novembro, com uma média de 0,32, enquanto os maiores valores dessa fração ocorreram em junho, com uma média de 0,46. A partição do saldo de radiação em fluxo de calor sensível apresentou um valor médio de 0,38, variando de 0,44 em novembro a 0,27 em maio.

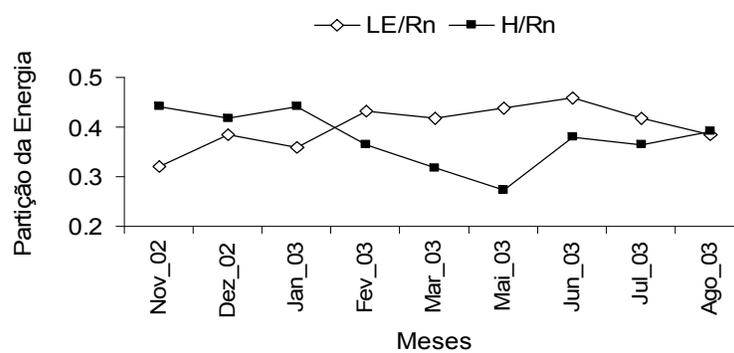


Figura 1 – Variação sazonal da partição do saldo de radiação em fluxos de calor latente e calor sensível.

A variação percentual da energia disponível, representada pela soma dos fluxos de calor latente e calor sensível, em relação ao saldo de radiação foi de 78 % para todo o período estudado. Resultados obtidos por BALDOCCHI *et al.* (2000) em florestas boreais mostraram variação da partição da energia disponível durante a estação de crescimento: na primeira metade da estação de crescimento a relação entre fluxo de calor sensível e o saldo de radiação (H/Rn) variou de 0,5 a 0,7, enquanto a relação entre o fluxo de calor latente e o saldo de radiação (LE/Rn) variou de 0,3 a 0,5; na segunda metade da estação de crescimento a partição foi de 0,6 para LE/Rn e 0,3 para H/Rn. Segundo BURBA e VERMA (2001), o fluxo de calor latente foi o maior sumidouro do saldo de radiação para vegetação de pradaria, com uma contribuição de 20 a 60 % de Rn no início da estação de crescimento, 55 a 75% de Rn no pico da estação de crescimento, declinando até 40 % de Rn na senescência. De acordo com PEREIRA (2001) a fração do saldo de radiação utilizada como calor latente na floresta amazônica, em Manaus, variou de 0,41 a 0,66, com um valor médio de 0,52. A fração do saldo de radiação utilizada como calor sensível variou de 0,20 a 0,27, com um valor médio de 0,23. A variação sazonal da partição de energia expressa pela Razão de Bowen, está ilustrada na Figura 2. A Razão de Bowen variou de 0,63 (abril e maio) a 1,39 (novembro), com um valor médio em todo o período de 0,93. Resultados obtidos por PEREIRA (2000) na floresta amazônica mostraram que a Razão de Bowen variou de 0,37 a 0,56, com um valor médio de 0,45.

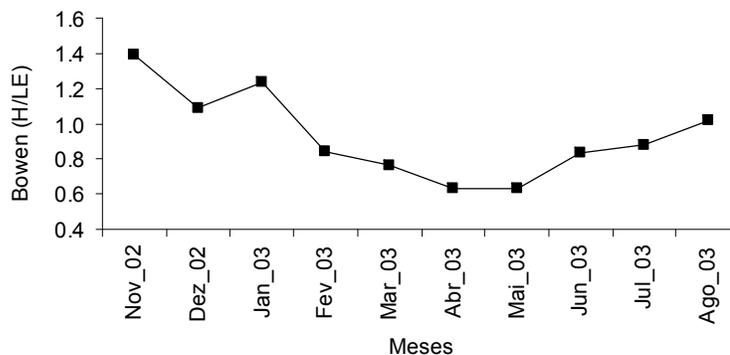


Figura 2 – Variação média sazonal da razão de Bowen.

Os fluxos de calor sensível e calor latente, durante todo o período diurno de novembro de 2002 a agosto de 2003, foram positivos, indicando a transferência de calor e vapor d'água transferência desses fluxos da vegetação para a atmosfera. A figura 3 mostra o pico dos fluxos de calor sensível variaram de  $282 \text{ W.m}^{-2}$ , em novembro a  $179 \text{ W.m}^{-2}$  em março. As médias dos fluxos de calor sensível variaram de  $225 \text{ W.m}^{-2}$  em novembro de 2002 a  $130 \text{ W.m}^{-2}$  em abril. As variações dos fluxos de calor latente, em contraste com os fluxos de calor sensível, apresentaram valores maiores nos meses da estação chuvosa. Os picos dos fluxos de calor latente, em torno do meio-dia, variaram de  $328 \text{ W.m}^{-2}$  em junho (fim da estação chuvosa) a  $200 \text{ W.m}^{-2}$  em novembro de 2002 (estação menos chuvosa). Os valores médios dos fluxos de calor latente variaram de  $234 \text{ W.m}^{-2}$ , em junho de 2003, a  $160 \text{ W.m}^{-2}$ , em novembro de 2002, como mostra a figura 4 com a variação ao longo de todo o período

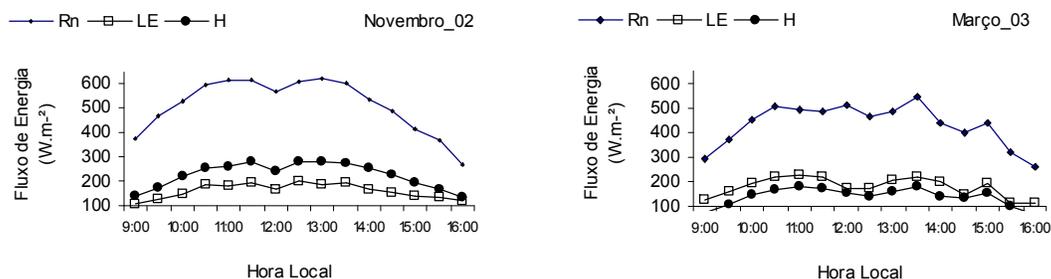


Figura 3 – Média horária da variação diurna dos fluxos de calor latente, calor sensível e saldo de radiação nos meses de novembro 2002 março 2003 (e)

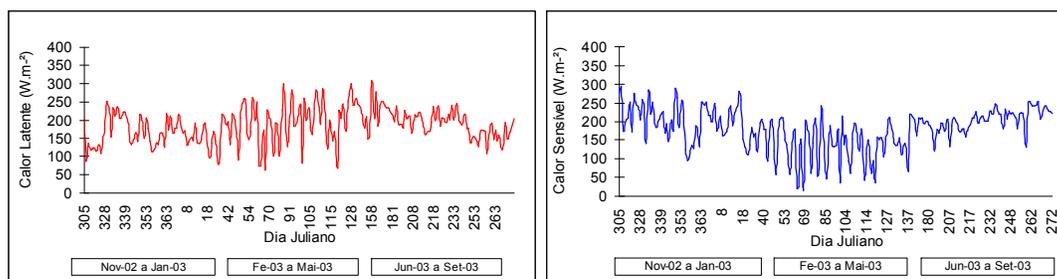


Figura 4 – Variação sazonal dos fluxos de calor latente e calor sensível do dia juliano 305, correspondente a (novembro 2002) ao dia juliano 272 (setembro de 2003).

**CONCLUSÕES:** Os fluxos de calor latente e calor sensível apresentaram variações diárias e sazonais bem caracterizadas. Tendo à variação sazonal, dos fluxos de calor latente apresentando valores máximos nos meses de dezembro a março, na estação chuvosa, enquanto os fluxos de calor sensível foram maiores durante os meses de setembro a novembro, a estação menos chuvosa. Os menores valores do saldo de radiação ocorreram durante a estação chuvosa, devido à maior nebulosidade nesse período, reduzindo a radiação solar global, que é o principal componente do saldo de radiação. A variação percentual da energia disponível, representada pela soma dos fluxos de calor latente e calor sensível, em relação ao saldo de radiação foi de 78 % para todo o período de estudado.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

BASTABLE, H. G.; SHUTTLEWORTH, W. J.; DALLAROSA, R. L. G.; FISCH, G.; NOBRE, C. A. Observations of climate, albedo and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian Forest. **International Journal of Climatology**, v.13, n.7, p.783-796, 1993.

BALDOCCHI, D.D.; KELLIHER, F.M.; BLACK, J.A.; JARVIS, P. Climate and vegetation controls on boreal zone energy exchange. **Global Change Biol.**, v. 6, p. 69-83, 2000.

BURBA, G.G.; VERMA, S.B. (2001). Prairie growth, PAR, albedo and seasonal distribution of energy fluxes. **Agric. And For. Meteorol.**, 107, 227-240.

GASH, J. H. C.; NOBRE, A. C. An Overview of ABRACOS. In: Gash, J. H. C.; Roberts, J. M.; Victoria, R. L., ed. **Amazonian deforestation and climate**. Chicester, UK, John Wiley and Sons, 1ª ed., 1996. p. 1-14.

MONCRIEFF, J.B.; MASSHEDER, J.M.; DE BRUIN, H.; ELBERS, J.; FRIBORG, T.; HEUSINKVELD, B.; KABAT, P.; SCOTT, S.; SOEGAARD, D.; VERHOEF, A. A system to measure surface fluxes of momentum, sensible heat, water vapour and carbon dioxide. **Journal of hidrology**, v.188-189, p. 589-611, 1997

PEREIRA, M. G. P. Balanço de radiação e de energia em um ecossistema de floresta tropical na Amazônia Central. Viçosa, MG. 54p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, 2001.

RIBEIRO, J. B. M. *Micrometeorologia do manguezal e o impacto do desmatamento*. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, 2001, São Carlos-SP.

SILVA, A. B.; CARVALHO, E.A. *Manguezal* – Conhecer para conservar. Núcleo de Meio Ambiente/Universidade Federal do Pará-Pará,1997.

ZHANG, H.; HENDERSON-SELLERS, A.; MCGUFFIE, K. Impact of a tropical eforestation. Part I: Process analysis of local climatic changes. **Journal of climatology**, v.9, p.1497-1517, 1996.