



## Estoque de energia na biomassa e no ar do dossel de *Vochysia divergens* Pohl

Luciana Sanches<sup>1</sup>, Ludymilla B. da Silva<sup>2</sup>, Suzy D. de Lima<sup>3</sup>, Osvaldo A. Pereira<sup>4</sup>, Flair J. Carrilho S.<sup>5</sup> & José de S. Nogueira<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMT. Cuiabá, MT. E-mail: lsanches@ufmt.br

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Instituto de Física/UFMT. Cuiabá, MT. E-mail: ludymillab@gmail.com (Autor correspondente)

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMT. Cuiabá, MT. E-mail: suzydarley@hotmail.com

<sup>4</sup> Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Instituto de Física/UFMT. Cuiabá, MT. E-mail: osvaldo\_fu@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Instituto de Física/UFMT. Cuiabá, MT. E-mail: flasosa@msn.com

<sup>6</sup> Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Instituto de Física/UFMT. Cuiabá, MT. E-mail: nogueira@ufmt.br

### Palavras-chave:

área alagada  
balanço de energia  
inundação  
Pantanal  
sazonalidade

### RESUMO

A variação da energia armazenada na biomassa e no ar do dossel pode ser estimada por meio de medidas da temperatura da biomassa e do ar e da distribuição da biomassa, constituindo-se um componente significativo do balanço de energia. Apesar de que estimativas acuradas desse componente do balanço de energia são de difícil obtenção e normalmente desprezadas nos cálculos, sobretudo em análises de períodos longos. Colaborando com a compreensão do fechamento do balanço de energia existente na floresta, este trabalho estimou o estoque de energia disponível na biomassa por meio de dados micrometeorológicos em uma floresta de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal, em 2007. O armazenamento de energia na biomassa e no ar do dossel foi superior na estação chuvosa em relação à seca; entretanto, a diferença entre o valor máximo e mínimo horário foi maior durante a estação seca. Os valores de armazenamento de energia na biomassa e no ar do dossel em floresta de *V. divergens* no Pantanal foram, em 2007, similares à energia armazenada em outras florestas tropicais.

### Key words:

wetland  
energy balance  
flooding  
Pantanal  
seasonality

### Energy storage in the biomass and air of the canopy of *Vochysia divergens* Pohl

### ABSTRACT

The variation of the storage energy in the biomass and in the air of the canopy can be estimated by measuring biomass and air temperature and biomass distribution being a significant component of energy balance. Nevertheless, accurate estimates of this component of energy balance are difficult to obtain and usually neglected in the calculations, especially in analysis of long periods. To understand the energy balance in the forest, this study estimated the energy stored in biomass using micrometeorological data in a forest monodominant *Vochysia divergens* Pohl in Pantanal in 2007. The energy stored in the biomass and in the air of the canopy (S) was higher in rainy season than in dry season, however, the difference between maximum and minimum values was higher during the dry season. The values of S in *V. divergens* forest in Pantanal in 2007 were similar to storage energy in the other tropical forests.

### INTRODUÇÃO

O Pantanal é uma das maiores áreas alagáveis contínuas do mundo, cuja área é de aproximadamente 160.000 km<sup>2</sup> (Harris et al., 2005; Mesquita et al., 2013) dos quais 30% de sua área são cobertos por florestas inundáveis (Cunha & Junk, 2004) como, por exemplo, florestas com monodominância de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) localmente chamada Cambará, espécie pereneófila, pioneira e sensível à variabilidade interanual da precipitação (Arieira & Cunha, 2006).

A espécie *V. divergens* é altamente adaptada à inundação e capaz de expandir sua distribuição nos períodos úmidos e limitada durante as secas plurianuais, além de possuir baixa tolerância a eventos de fogo frequentes no Pantanal durante a seca. Considerando que as extensas áreas planas de campos

naturais favorecem a pecuária, principal atividade econômica desta região (Junk & Cunha, 2005) a espécie *V. divergens* se torna importante visto que, como espécie pioneira, se expande rapidamente colonizando áreas de pastagens e compondo formações monodominantes (Cunha & Junk, 2004).

Neste contexto, a substituição de pastos e bosques por florestas monodominantes de *V. divergens* tem potencial para alterar características físicas e biogeoquímicas dos ecossistemas que compõem o Pantanal como, por exemplo, mudanças na dinâmica sazonal da evapotranspiração (Huxman et al., 2005; Scott et al., 2006; Sanches et al., 2011; Curado et al., 2014) e no armazenamento de energia nos ecossistemas alterados principalmente pelo fato de que áreas alagáveis tropicais constituem um tipo especial de zonas úmidas caracterizadas



**Tabela 1.** Variáveis meteorológicas, sensores e respectivas alturas de instalação

Variáveis	Sensores	Altura de instalação
Saldo de radiação e radiação solar incidente	Net Radiometer (Kipp & Zonen Delf In. Holland® e piranômetro LI-200 Campbell Sci Inc. USA®)	33,7 m de altura
Temperatura e umidade relativa do ar	Termohigrômetros (HMP 45 C Vaisala Inc. Helsinki Filand®)	33,7 e 37,7 m de altura
Radiação fotossinteticamente ativa	Sensor quantum (LI-190, Campbell Sci, Inc., USA)	33 e 2 m de altura
Fluxo de calor no solo	Sensor HFT-3.1 REBS Inc. Seattle Washington®	2 cm de profundidade
Velocidade do vento	Anemômetro de concha (A-014 Wind Speed Sensor Met One Instruments, Inc., USA®)	33,7 e 37,7 m de altura

Scientific Inc. Logan UT USA®) alimentado por um conjunto de baterias mantidas carregadas por meio de painéis solares (SP 65 Campbell Scientific Inc. Logan UT USA®). As médias dos dados coletados foram armazenadas a cada 15 min em um datalogger (MM900 ELE International Bedfordshire UK®) e transferidas para o disco rígido de um computador, a cada quinze dias.

Os dados de precipitação foram medidos no posto da RPPN-SESC Pantanal de Porto Cercado distante aproximadamente 15 km da torre micrometeorológica.

O estoque de energia na biomassa e no ar na altura do dossel (S) abaixo da torre foi estimado segundo a equação de Moore & Fisch (1986) de acordo com a Eq. 1.

$$S = 16,7\delta T_r + 28\delta q_r + 12,6\delta T_r^* \quad (1)$$

em que:

- $\delta T_r$  - variação horária da temperatura do ar acima do dossel
- $\delta q_r$  - mudança horária da umidade do ar acima do dossel, °K
- $\delta T_r^*$  - diferença de temperatura do ar acima do dossel defasado em 1 h, °K, g kg<sup>-1</sup>

O processo de advecção foi desprezado considerando-se que o movimento da água era muito lento.

Para verificação da sazonalidade de desenvolvimento do dossel o índice de área foliar (IAF) do cambarazal foi estimado conforme a extensão da lei de Lambert Beer proposta por Monsi & Saeki (1953) considerando-se que a copa do dossel era aproximadamente esférica e os registros de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) ocorreram entre 10 e 14 h, conforme a Eq. 2.

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{I}{I_o - I_{or}}\right)}{-k} \quad (2)$$

em que, IAF é o índice de área foliar, m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>; I a densidade de fluxo de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) que atinge e atravessa o dossel, μ mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>; I<sub>o</sub> a densidade de fluxo de PAR que atinge o topo do dossel, μ mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>; I<sub>or</sub> a densidade de fluxo de PAR refletida pelo topo do dossel, μ mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>; k o coeficiente de extinção da radiação.

O k empregado foi estimado de acordo com o método proposto por Goudriaan (1988) que considera uma distribuição aleatória do ângulo foliar e copa esférica das plantas.

A interceptação e, conseqüentemente, a extinção da radiação, são dadas conforme a Eq. 3.

$$k = \frac{O}{\text{sen}\beta} \quad (3)$$

em que:

- O - projeção média das folhas na direção do feixe solar, ângulo em graus
- β - ângulo de elevação do sol em relação ao horizonte, ângulo em graus

Para uma distribuição composta do ângulo das folhas o valor médio da projeção (O) foi determinado pela integração ao longo do ângulo de distribuição das folhas (F) entre zero e π/2, simplificado conforme a Eq. 4.

$$(\beta) = F_1 O_1(\beta) + F_2 O_2(\beta) + F_3 O_3(\beta) \quad (4)$$

em que:

- F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> - frequências relativas de distribuição da inclinação de folhas nas classes de 15°, 45° e 75°, respectivamente, abrangendo 30° cada uma e de distribuição esférica, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> com valores de 0,134; 0,366 e 0,5, respectivamente.

Segundo Goudriaan (1988) O<sub>1</sub> e O<sub>2</sub> são dependentes do ângulo de elevação solar sendo aproximadamente a combinação de uma senoide e um constante limite inferior, conforme as Eqs. 5 e 6.

$$O_1 = \max(0,26; 0,93\text{sen}\beta) \quad (5)$$

$$O_2 = \max(0,47; 0,68\text{sen}\beta) \quad (6)$$

O valor de O<sub>3</sub> é referente à projeção para uma distribuição esférica que, independentemente da elevação solar, deve ser igual a 0,5; a partir dessas frequências a expressão de O<sub>3</sub> foi estimada pela Eq. 7.

$$O_3 = 1 - 0,268O_1 - 0,732O_2 \quad (7)$$

O ângulo de elevação do sol em relação ao horizonte (β) foi determinado pela Eq. 8.

$$\beta = 90 - Z \quad (8)$$

em que:

- Z - ângulo medido em relação à vertical (zênite) ou ângulo zenital

O ângulo zenital  $Z$  depende da hora do dia, da latitude local e do período do ano e foi estimado de acordo com a Eq. 9.

$$\cos Z = \sin\beta = \sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\beta\cos[15(t - t_0)] \quad (9)$$

em que:

- $\phi$  - latitude do local de estudo,  $16^\circ 39' 50''$  S
- $\delta$  - declinação solar, ângulo em graus
- $t$  - hora, h
- $t_0$  - hora do pôr-do-sol, h

Como a declinação solar varia de  $+23,45^\circ$  no inverno a  $-23,45^\circ$  no verão para o Hemisfério Sul (em relação ao plano do equador) pode-se calcular a declinação solar pela Eq. 10.

$$\sin\delta = 0,39785\sin(278,97 + 0,9856J) + 1,9165\sin(356,6 - 0,9856J) \quad (10)$$

em que:

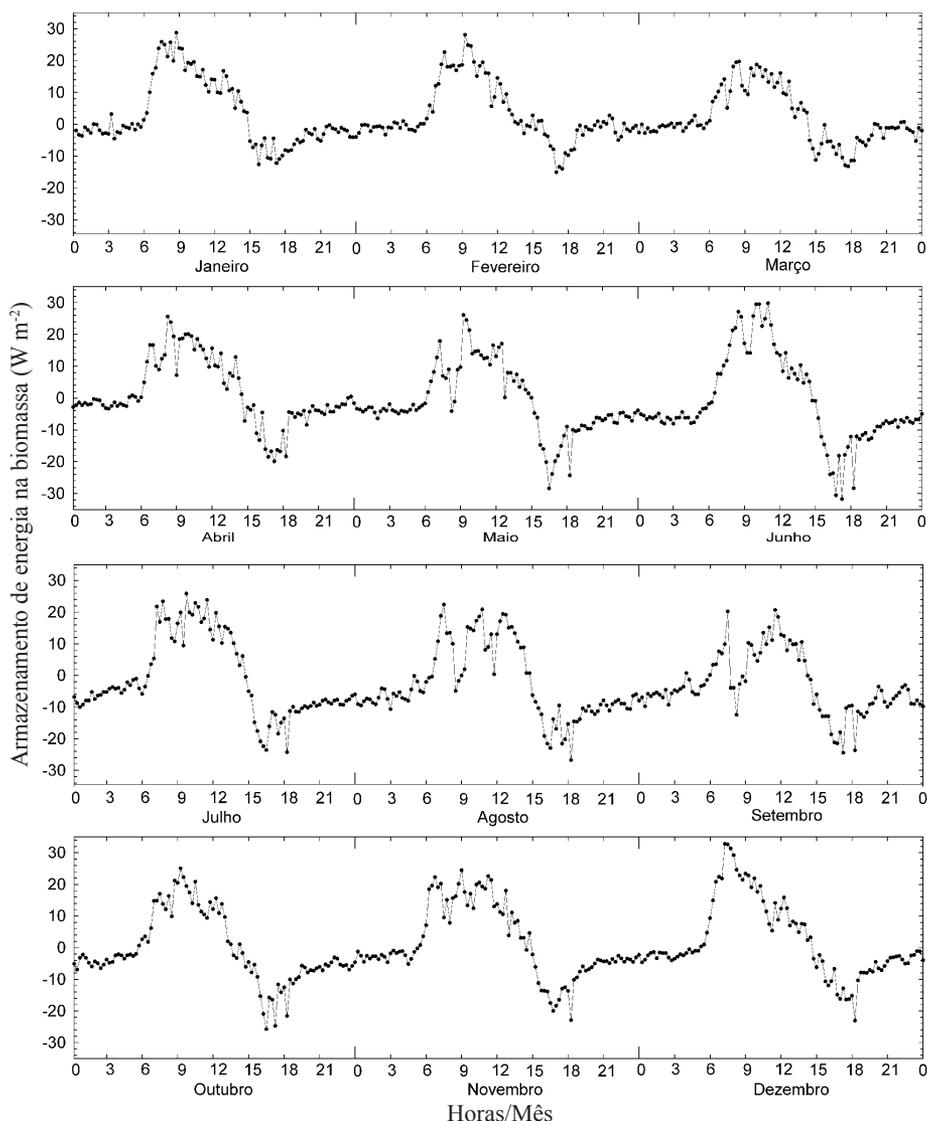
- $J$  - dia juliano, d

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de armazenamento de energia na biomassa e no ar do dossel ( $S$ ) variaram sazonalmente com média de  $26,5 \text{ W m}^{-2}$  na estação chuvosa e  $24,9 \text{ W m}^{-2}$  na estação seca; no entanto, esta variação não foi significativa ( $p \geq 0,05$ ). Em floresta de terra firme da Amazônia (Reserva Ducke) os valores típicos de armazenamento de energia variaram entre  $30$  a  $40 \text{ W m}^{-2}$ , excedendo em algumas ocasiões a  $80 \text{ W m}^{-2}$  (Moore & Fisch, 1986).

Em geral, durante o dia os valores de  $S$  foram positivos e durante a noite, negativos (Figura 2). A tendência do ciclo diário de  $S$  foi de aumento no início da manhã acompanhando o aquecimento da superfície pela radiação solar global alcançando valores máximos entre 7 e 11 h; logo após este horário o  $S$  diminuiu acentuadamente e acompanhou a tendência de diminuição da radiação solar global, com mínimos entre 15 e 18 h.

O valor máximo positivo de  $S$  ocorreu na estação chuvosa, em dezembro, com  $32,72 \text{ W m}^{-2}$  aproximadamente às 7 h e o



**Figura 2.** Padrão horário (0 às 24 h) mensal do armazenamento de energia na biomassa e no ar, dentro do dossel ( $S$ ) da floresta de *V. divergens* no Pantanal de janeiro a dezembro de 2007

mínimo em outubro, com  $23,07 \text{ W m}^{-2}$  às 16 h 30 min enquanto que na estação seca o maior pico positivo ocorreu em junho chegando a  $29,73 \text{ W m}^{-2}$  às 10 h 45 min e o pico negativo de  $30,74 \text{ W m}^{-2}$  às 16 h 30 min neste mesmo mês. Os valores máximos e mínimos ocorreram em horários de transição, como após o nascer do sol e antes do pôr-do-sol, respectivamente, e também após os eventos de precipitação que permitem verificar a importância do componente S no balanço de energia da superfície em períodos com menor intensidade na incidência de radiação solar global.

O atraso na ocorrência do pico máximo positivo em junho em relação a dezembro, foi ocasionado por fatores decorrentes das estações do ano, outono e inverno (20 de março a 20 de junho e 21 de junho a 22 de setembro, respectivamente) em que uma das características dessas estações é a queda da temperatura devido à variação anual do ciclo da radiação solar global. Basicamente, a variação em S se deve à energia armazenada na biomassa, na coluna de ar dentro do dossel, no solo e na água acumulada sobre a superfície do solo, durante o período de inundação.

O dossel da vegetação (altura média do dossel de 28 m) atenuou a entrada da radiação solar motivo pelo qual no período de inundação a absorção de energia térmica pela água não foi relativamente superior à atmosfera, embora a maior quantidade de vapor de água no ar durante a estação chuvosa tenha contribuído no aumento da capacidade térmica do ar, o que pode ser constatado nas menores amplitudes entre os valores mínimos e máximos de S, nesta estação.

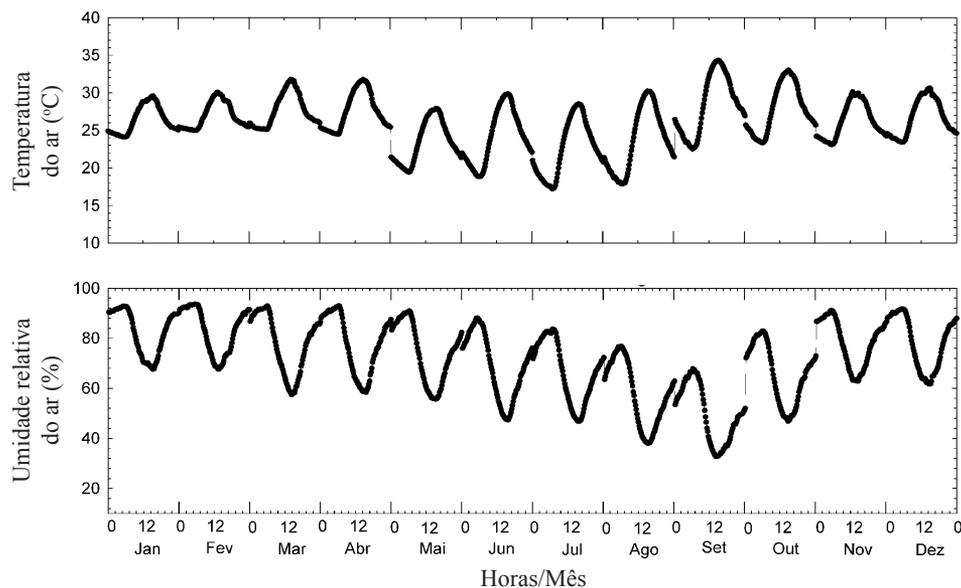
Em floresta de *V. divergens* no Pantanal Mato-grossense, Sanches et al. (2010) utilizaram, ao avaliar o armazenamento de calor em elementos do dossel (folhas, caules, troncos de árvores) e na água parada durante o período de inundação, dados de temperatura do ar obtidos próximo ao topo da copa (33,7 m) e próximo à superfície do solo (1 cm) de acordo com a metodologia abordada por Tanner (1960). Os autores

relatam valores muito baixos de energia armazenada na biomassa do dossel que foram consistentes com baixos valores de fluxo de calor no solo presumivelmente causados pelo IAF e consistentemente altos, indicando que a maior parte da PAR foi absorvida pelas folhas superiores no dossel sugerindo que o fluxo de energia nas camadas mais baixas do dossel e na água acumulada sobre o solo, era pequeno.

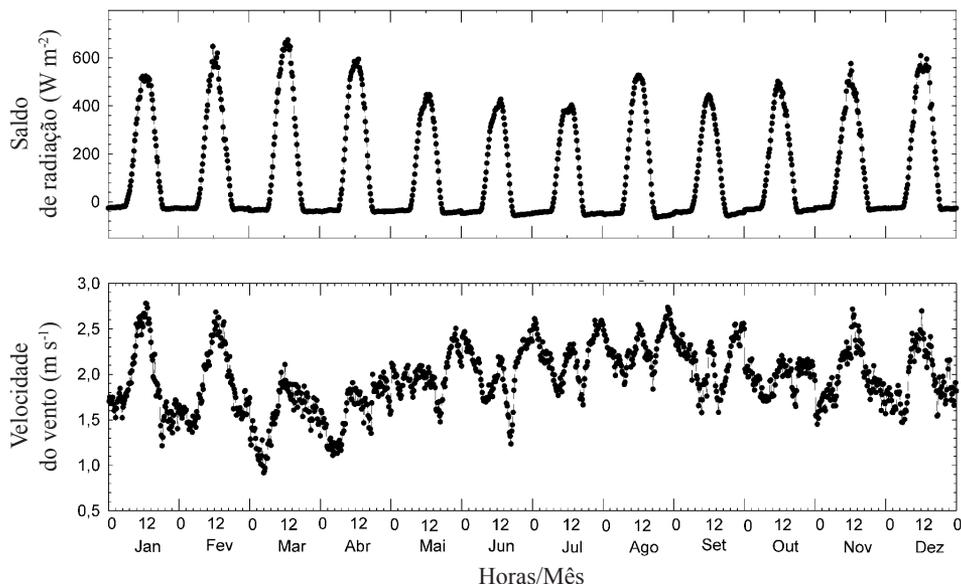
Mudanças na temperatura do ar são usadas para calcular as mudanças de temperatura da água e, portanto, o armazenamento de calor na água em áreas úmidas/alagadas, como descrito por Shoemaker et al. (2005). Em alguns estudos realizados em áreas alagadas (wetlands) considerou-se que as mudanças no armazenamento de calor da água foram maiores que as mudanças no armazenamento de energia na biomassa e no ar dentro do dossel (Bidlake et al., 1996; German, 2000) haja vista que a capacidade térmica da água é quase o dobro da capacidade térmica da vegetação, solo e matéria orgânica. Em estudos mencionados por Bidlake et al. (1996) e German (2000) que estudam o armazenamento de energia em áreas alagadas, a vegetação deve ser mencionada de vez que, diferentemente da vegetação do presente estudo, a vegetação possuía menor porte e se encontrava completamente alagada no período de inundação.

Variáveis micrometeorológicas, como temperatura do ar, saldo de radiação, umidade do solo e outros, influenciam no padrão do armazenamento de energia na biomassa. As Figuras 3 e 4 apresentam o padrão horário mensal da temperatura do ar, umidade relativa do ar, do saldo de radiação e da velocidade do vento.

Em média, a temperatura foi superior na estação seca em relação à chuvosa, com máximo em setembro e mínimo em maio, respectivamente. A amplitude entre valores máximos e mínimos diários na temperatura do ar foi superior nos meses de junho e agosto e menor em janeiro e fevereiro, acompanhando as tendências de variação diária da umidade relativa do ar.



**Figura 3.** Padrão horário (0 às 24 h) mensal da temperatura do ar (°C) e umidade relativa em uma floresta de *V. divergens* no Pantanal, em 2007



**Figura 4.** Padrão horário (0 às 24 h) mensal do saldo de radiação e da velocidade do vento em uma floresta de *V. divergens* no Pantanal, em 2007. Os resultados positivos do saldo de radiação (Rn) ocorreram entre as 5 e 14 h, acompanhando o ciclo diário de radiação solar global

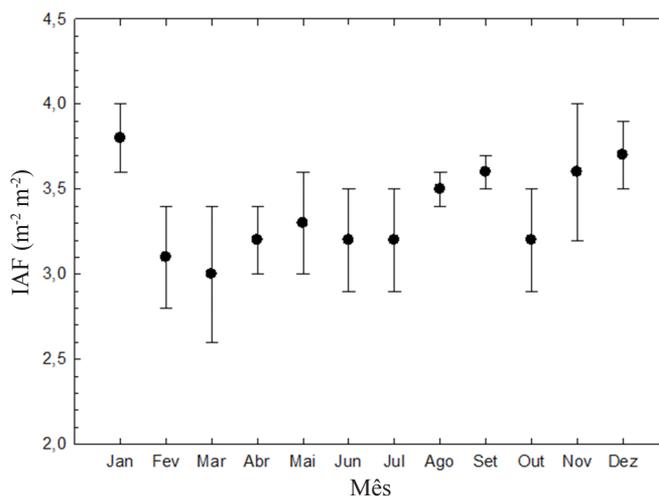
De forma diferente, o padrão horário do saldo de radiação (Rn) apresentou maior amplitude na estação chuvosa enquanto as menores amplitudes ocorreram na estação seca, com exceção no mês de agosto.

Inicialmente, o estoque de energia na biomassa e no ar na altura do dossel (S) não apresentou correlação significativa com o saldo de radiação (Rn) nem com a velocidade do vento (u) e S, ( $p > 0,05$ ); porém, ao se utilizar a análise de correlação cruzada de Pearson entre os dados de S e as variáveis meteorológicas, foi possível observar uma correlação significativa entre S e o Rn, sendo o coeficiente de correlação máximo ( $r_{\text{máx}} = 0,83$ ,  $p < 0,05$ ) com tempo de defasagem de 2 h 15 min, que constitui o tempo de resposta de S para as mudanças de condições do Rn.

Em geral, o padrão no comportamento horário da velocidade do vento foi similar ao Rn, com valores superiores na estação seca; entretanto, com menores amplitudes devido à intermitência do vento ao longo do dia enquanto que na estação chuvosa a amplitude entre máximos e mínimos foi maior com picos entre 10 e 14 h e nos outros períodos do dia as velocidades foram predominantemente mais baixas em relação à estação seca.

O vento contribui para diminuir a resistência à transferência de energia da biomassa para a atmosfera e no período chuvoso, quando ocorreu tendência de decréscimo da velocidade do vento, os valores horários de S aumentaram; contudo, esta relação não foi estatisticamente significativa.

A inundação constitui fator perturbador para muitas espécies; mesmo assim, a espécie *V. divergens* possui tolerância aos efeitos da inundação, e isso pode ser verificado pelos valores do  ndice de área foliar (IAF) representados, passível de ser constatado na Figura 5, que foi de apenas 20% menor na estac o chuvosa em referência   seca, com m dias de  $3,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  (estac o chuvosa) e  $3,8 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  (estac o seca). A inundação ocorreu de janeiro a maio/2007 (estac o chuvosa) com nível que alcanç u



**Figura 5.** Média mensal ( $\pm$  DP) do  ndice de área foliar (IAF) em floresta de *V. divergens* no Pantanal, em 2007

625 mm em març o, e em dezembro/2007 (estac o chuvosa) iniciou o ciclo de inundação novamente (Sanches et al., 2010).

A sazonalidade no IAF na floresta monodominante de *V. divergens* também foi verificada em uma floresta de transição entre a Amazônia e o Cerrado no norte de Mato Grosso (Pinto Júnior et al., 2011). Vourlitis & Rocha (2010) consideram que as áreas invadidas por *V. divergens* são susceptíveis a menor variação no nível d'água e, em geral, maior evapotranspiração, tendo em vista que essa vegetação apresenta uma profundidade maior de raízes e um IAF significativamente mais elevado em relação às pastagens ou matas que elas substituem pela sua colonização.

## CONCLUSÕES

1. O armazenamento de energia na biomassa e no ar do dossel (S) foi maior durante a estac o chuvosa quando o saldo de radiação também foi superior.

2. O padrão horário do armazenamento de energia na biomassa e no ar do dossel permitiu verificar a importância desse componente no balanço de energia da superfície no início da manhã, em que *S* apresentou valores máximos.

3. Os valores do armazenamento de energia na biomassa e no ar do dossel em floresta de *V. divergens* no Pantanal em 2007 foram similares aos de outras florestas tropicais.

4. Dentre as variáveis meteorológicas somente o saldo de radiação apresentou correlação temporal significativa com o armazenamento de energia na biomassa e no ar do dossel.

5. O índice de área foliar foi 20% superior na estação seca em relação à estação chuvosa.

### AGRADECIMENTOS

Ao suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) Pantanal Norte - Fluxos regionais e globais de massa e energia, registro 012/CAP/2006 e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) através da bolsa PIBIC/ UFMT/FAPEMAT.

### LITERATURA CITADA

- Arieira, J.; Cunha, C. N. da. Fitossociologia de uma floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), no Pantanal Norte, MT, Brasil. *Acta Botânica Brasiliensis*, v.20, p.569-580, 2006.
- Barr, A. G.; Morgenstern, K.; Black, T. A.; McCaughey, J. H.; Nestic, Z. Surface energy balance closure by the eddy-covariance method above three boreal forest stands and implications for the measurement of the CO<sub>2</sub> flux. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.140, p.322-337, 2006.
- Bidlake, W. R.; Woodham, W. M.; Lopez, M. A. Evapotranspiration from areas of native vegetation in west-central Florida. Florida: USGS, 1996. 35p.
- Cunha, C. N. da; Junk, W. J. Year-to-year changes in water level drive the invasion of *Vochysia divergens* in Pantanal glassland. *Applied Vegetation Science*, v.7, p.103-110, 2004.
- Curado, L. F. A.; Nogueira, J. de S.; Sanches, L.; Rodrigues, T. R.; Lobo, F. de A.; Biudes, M. B. Inter seasonality of the energy fluxes in Brazilian Savana-Mato Grosso-Brazil. *Atmospheric and Climate Sciences*, v.4, p.219-230, 2014.
- Galvão, J. A. C.; Fisch, G. Balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem na Amazônia, Ji-Paraná, RO. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.15, p.25-37, 2000.
- German, E. R. Regional evaluation of evapotranspiration in the everglades. Tallahassee: USGS, 2000. 48p.
- Girard, P. Hydrology of surface and groundwaters in the Pantanal floodplains. In: *The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland*. Sofia: Pensoft Publishers, 2011. p.103-126.
- Goudriaan, J. The bare bones of leaf-angle distribution in radiation models for canopy photosynthesis and energy exchange. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.43, p.155-169, 1988.
- Harris, M. B.; Tomas, W.; Mourão, G.; Silva, C. da; Guimarães, E.; Sonoda, F.; Fachim, E. Safeguarding the Pantanal wetlands: Threats and conservation initiatives. *Conservation Biology*, v.19, p.714-720, 2005.
- Huxman, T. E.; Wilcox, B. P.; Breshears, D. D.; Scott, R. L.; Snyder, K. A.; Small, E. E.; Hultine, K. R.; Pockman, W. T.; Jackson, R. B. Ecohydrological implication of woody plant encroachment. *Ecology*, v.86, p.308-319, 2005.
- Junk, W.; Cunha, C. N. da. Pantanal: A large South American wetland at a crossroads. *Ecological Engineering*, v.24, p.391-491, 2005.
- McCaughey, J. H.; Lafleur, P. M.; Joiner, D. W.; Bartlett, P. A.; Costello, A. M.; Jelinski, D. E.; Ryan, M. G. Magnitudes and seasonal patterns of energy, water and carbon exchanges at a boreal young jack pine forest in the BOREAS northern study area. *Journal Geophysical Research*, v.28, p.28997-29007, 1997.
- McCaughey, J. H.; Saxton, W. L. Energy balance storage terms in a mixed forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.44, p.1-18, 1988.
- Meesters, A. G. C. A.; Vugts, H. F. Calculation of heat storage in stems. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.78, p.181-202, 1996.
- Mesquita, F. L. L.; Marques Filho, E. P.; Karam, H. A.; Alvalá, R. C. S. Balanço de radiação no Pantanal Sul Mato-grossense durante a estação seca. *Revista de Meteorologia*, v.28, p.65-74, 2013.
- Michiles, A. A. dos S.; Gielow, R. Above-ground thermal energy storage rates, trunk heat fluxes and surface energy balance in a central Amazonian rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.148, p.917-930, 2008.
- Monsi, M.; Saeki, T. Über den lichfaktor in den pflanzengesellschaften und seine bedeutung für die stoffproduktion. *Japanese Journal of Botany*, v.14, p.22-52, 1953.
- Moore, C. J.; Fisch, G. Estimating heat storage in Amazonian Tropical forest. *Agricultural Forest Meteorology*, v.38, p.147-169, 1986.
- Oliphant, A. J.; Grimmond, C. S. B.; Zutter, H. N.; Schmid, H. P.; Su, H.-B.; Scott, S. L.; Offerle, B.; Randolph, J. C.; Ehman, J. Heat storage and energy balance fluxes for a temperate deciduous forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.126, p.185-201, 2004.
- Pinto Júnior, O. B.; Sanches, L.; Lobo, F. A.; Brandão, A. A.; Nogueira, J. S. Leaf area index of a tropical semi-deciduous forest of the southern Amazon Basin. *International Journal Biometeorology*, v.55, p.109-118, 2011.
- Roupsard, O.; Bonnefond, J. M.; Irvine, M.; Berbigier, P.; Nouvellon, Y.; Dauzat, J.; Taga, S.; Hamel, O.; Jourdan, C.; Saint-Andre, L.; Mialet-Serra, I.; Labouisse, J. P.; Epron, D.; Joffre, R.; Braconnier, S.; Rouziere, A.; Navarro, M.; Bouillet, J. P. Partitioning energy and evapo-transpiration above and below a tropical palm canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.139, p.252-268, 2006.

- Sanches, L.; Alves, M. C.; Campelo Júnior, J. H.; Nogueira, J. S.; Dalmagro, H. J. Estimativa do coeficiente Priestley-Taylor em floresta monodominante de Cambarazal no Pantanal. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, p.287-294, 2010.
- Sanches, L.; Vourlitis, G. L.; Carvalho Alves, M.; Pinto-Júnior, O. B.; and Souza Nogueira, J. Seasonal patterns of evapotranspiration for a *Vochysia divergens* forest in the Brazilian Pantanal. *Wetlands*, v.31, p.1215-1225, 2011.
- Schwerdtfeger, J., Johnson, M. S.; Couto, E. G.; Amorim, R. S. S.; Sanches, L.; Campelo Júnior, J. H.; Weiler, M. Inundation and groundwater dynamics for quantification of evaporative water loss in tropical wetlands. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.11, p.4017-4062, 2014.
- Scott, R. L.; Huxman, T. E.; Cable, W. L.; Emmerich, W. E. Partitioning of evapotranspiration and its relation to carbon dioxide Exchange in Chihuahuan Desert shrubland. *Hidrological Processes*, v.20, p.3227-3243, 2006.
- Shoemaker, W. B.; Sumner, D. M.; Castillo, A. Estimating changes in heat energy stored within a column of wetland surface water and factors controlling their importance in the surface energy budget. *Water Resource*, v.41, p.1-8, 2005.
- Tanner, C. B. Energy balance approach to evapotranspiration from crops. *Soil Science Society of America Proceedings*, v.24, p.1-9, 1960.
- Vourlitis G. L.; Rocha, H. R. da. Flux dynamics in the cerrado and cerrado-forest transition of Brazil. In: Hill, M. J.; Hanan, N. P. *Ecosystem function in global savannas: measurement and modeling at landscape to global scales*. Florida: CRC Press, 2010. p.97-116.
- Wilson, K.; Goldstein, A.; Falge, E.; Aubinet, M.; Baldocchi, D.; Berbigier, P.; bernhofer, C.; Ceulemans, R.; dolman, H.; Field, C.; Grelle, A.; Ibrom, A.; Law, B. E.; Kowalski, A.; Meyers, T.; Moncrieff, J.; Monson, R.; Oechel, W.; Tenhunen, J.; Valentini, R.; Verma, S. Energy balance closure at FLUXNET sites. *Agricultural Forest Meteorology*, v.113, p.223-243, 2002.