

## **Dinâmica dos fluxos de calor latente, calor sensível e fluxo de calor no solo no Pantanal Mato-Grossense.**

Leilane Gomes Duarte<sup>1</sup>  
Kelly Romera<sup>1</sup>  
Marlus Sabino<sup>1</sup>  
Leone Francisco Amorim Curado<sup>1</sup>  
Rafael da Silva Palácios<sup>1</sup>  
José de Souza Nogueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Câmpus Cuiabá  
Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Bairro Boa Esperança.  
78060-900 - Cuiabá – MT, Brasil  
{leilane, kellyromera}@fisica.ufmt.br  
{marlussabino, leonecurado, rafael.pgfa, parananogueira}@gmail.com

**Resumo.** Devido a necessidade de compreensão da variabilidade temporal do balanço de energia em superfícies inundadas, o objetivo deste trabalho é apresentar uma análise da dinâmica das componentes do saldo de radiação destinadas aos fluxos de calor latente, sensível e fluxo de calor no solo em área do Pantanal Mato-Grossense. As estimativas dos fluxos de calor latente (LE) e calor sensível (H) foram obtidos pelos métodos da razão de Bowen, por meio de dados micrometeorológicos de Temperatura, Umidade Relativa, Radiação Global e Saldo de Radiação. Os dados foram coletados, durante os anos de 2011 a 2013, da torre meteorológica localizada no Centro Avançado de Pesquisas da Universidade Federal de Mato Grosso, no Parque Baía das Pedras da Estância Ecológica SESC-Pantanal. Foram testadas a normalidade das variáveis  $R_n$ , LE, H e G, por meio do teste de kolmogorov-smirnov, a 5% de significância, e a diferença dos fluxos em relação a sazonalidade foi verificada pelo teste de Kruskal-Wallis,  $\alpha=0.05$ . Os resultados obtidos demonstram que a maior parte da energia disponível é utilizada para a evapotranspiração em forma de calor latente (LE), seguida do calor sensível (H) e a menor parcela para o fluxo de calor no solo (G). As inundações no período chuvoso são responsáveis pelo aumento da partição dos fluxos de calor latente e fluxo de calor no solo e redução do fluxo de calor sensível. Conclui-se que as partições de energia apresentam comportamento sazonal, sendo reguladas pela disponibilidade hídrica do ambiente, especialmente pela presença de lâmina d'água sobre a superfície.

**Palavras-chave:** Razão de Bowen, Saldo de Radiação, áreas úmidas, Sazonalidade.

**Abstract.** Due to the need to understand the temporal variability of the energy balance in flooded areas, this paper aims to present an analysis of the dynamics of the radiation balance components destined to the latent, sensible heat fluxes and soil heat flux in the Mato-Grossense Pantanal area. The estimates of latent heat flux (LE) and sensible heat (H) were obtained by the Bowen ratio methods, using meteorological data of Temperature, Relative Humidity, Global Radiation and Radiation Balance. The data were collected during the years of 2011 to 2013, at the meteorological tower located at the Advanced Research Center of the Federal University of Mato Grosso, in the Baía das Pedras Park, of the SESC-Pantanal Ecological Resort. The normality of the variables  $R_n$ , LE, H and G were tested by the kolmogorov-smirnov test, at 5% significance, and the seasonal difference of the flows was verified by the Kruskal-Wallis test,  $\alpha = 0.05$ . The results show that most of the available energy is used for evapotranspiration in the form of latent heat (LE), followed by sensible heat (H) and the lowest portion for the heat flux in the soil (G). Floods in the rainy season are responsible for increasing the partition of latent heat fluxes and soil heat flux and reducing the sensible heat flux. It is concluded that the energy partitions present seasonal behavior, being regulated by the water availability of the environment, especially by the presence of water depth on the surface.

**Keywords:** Bowen's Ratio, Radiation Balance, Wetlands, Seasonality.

## 1. Introdução

O Pantanal, considerado como a maior planície alagável do mundo, é um bioma localizado na América do Sul, entre os países Brasil, Paraguai e Bolívia, ocupando cerca de 150.355 km<sup>2</sup> do território nacional (IBGE, 2004). É um ecossistema extremamente rico em flora e fauna, representando um elo entre a Amazônia, Cerrado e os Chacos Bolivianos e Paraguaiois.

O Bioma apresenta características morfoclimáticas próprias, como a variação sazonal do nível de água na superfície do solo, provocadas devido a topografia e ao solo argiloso, que são responsáveis pela ocorrência de períodos de cheias (novembro a abril) em que ocorrem inundações das planícies e formação de estandes vegetacionais monodominantes de *Combretum lanceolatum*, e períodos de seca (maio a setembro), com possibilidade de ocorrência de períodos de estresse hídrico nas plantas (Curado et al., 2011, Machado et al., 2016).

As dinâmicas de inundação do Pantanal tornam essa região especialmente importante para o entendimento das variações dos fluxos de energia em áreas sazonalmente alagadas, visto que, a variação dos elementos meteorológicos contribui para a dinâmica das trocas de energia entre a superfície e a atmosfera (Curado et al., 2011, Rodrigues et al., 2011).

A energia disponível ao meio, proveniente do saldo de radiação, é, de maneira geral, convertida em calor latente (LE), que inclui o processo de evapotranspiração; calor sensível (H) usado no aquecimento do ar; aquecimento do solo (G). Quando ocorre uma alteração nas partições dos fluxos de LE e H, as características do microclima são afetadas, assim, conhecer o balanço de radiação em superfícies vegetadas é de extrema importância para determinar as perdas de água e o acúmulo de biomassa (Foley et al., 2003, Rodrigues et al., 2011). Assim, algumas técnicas micrometeorológicas, como o método da razão de Bowen, podem ser empregadas em superfícies vegetada, sem interferir no meio, a fim de estimar a partição da energia disponível em fluxos de LE e H por meio de medidas diretas (Biudes et al., 2009).

## 2. Objetivo.

Visando o entendimento das trocas de energia em uma área regulada por pulsos de inundação, este trabalho tem como objetivo analisar as dinâmicas sazonais dos fluxos de calor latente (LE), calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (G) estimados pelo método da razão de Bowen no Pantanal Mato-Grossense.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Localização da Área Experimental

O estudo foi realizado no Centro Avançado de Pesquisas da Universidade Federal de Mato Grosso, localizado no Parque Baía das Pedras da Estância Ecológica SESC-Pantanal, na região do Pantanal Norte (16°29' S e 56°25' O) na cidade de Poconé, aproximadamente 160 km de Cuiabá, MT.

A vegetação predominante na área de estudo é conhecida como pombeiral, os solos são de origem sedimentar, com dominância de solos hidromórficos argiloso, a topografia é plana e ocorrem inundações sazonais na estação da chuvosa (Machado et al., 2015, Fantin-Cruz et al., 2010). Segundo a classificação de Köppen o clima da região é Aw, sendo quente e úmido com estação chuvosa no verão e estação seca no inverno. A região apresenta precipitação média anual de 1400 mm, com estiagem de maio a outubro (Nunes da Cunha; Junk, 2001) e temperatura média anual de 26,1 °C (Biudes et al., 2015).

#### 3.2. Instrumentação Utilizada

Para este estudo foram utilizados dados, obtidos da torre micrometeorológica instalada no local de estudo, do período de junho de 2011 até outubro de 2013, sendo considerado os meses de novembro a abril como período chuvoso e de maio a novembro como período de seca. Foram utilizados no trabalho os dados do saldo de radiação, fluxo de calor no solo, temperatura e umidade relativa do ar

O saldo de radiação foi medido por meio de um saldo radiômetro (Net Radiometer, Kipp & Zonen Delft, Inc. Holland), os fluxos de calor de calor no solo foram obtidos por meio de fluxímetros de calor no solo instalados a 1cm de profundidade. E os gradientes de temperaturas e umidade foram adquiridos por termohigrômetros (modelo HMP45C) instalados a 21,40 m e 30 m. Os dados produzidos pelos equipamentos foram processados e armazenados em um sistema de aquisição de dados a cada quinze minutos modelo CR 10X, Campbell Scientific, Inc.

A partir das medidas do fluxo de calor no solo, da temperatura, da umidade e do saldo de radiação foram determinadas as partições de calor latente e calor sensível por meio do cálculo da razão de Bowen (Bowen, 1926)

#### 3.3. Estimativa do Balanço de Energia Utilizando o Método da Razão de Bowen

Na estimativa dos fluxos de calor sobre uma superfície, o saldo de radiação pode ser representado de forma simplificada como a soma do calor latente (LE), do calor sensível (H) e do fluxo de calor no solo (G) (Equação 1).

$$Rn = G + H + LE \quad (1)$$

em que: Rn é o saldo de radiação obtido pelo saldo radiômetro ( $W m^{-2}$ ); G é fluxo de calor do solo obtido pelo fluxímetro ( $W m^{-2}$ ); LE é o calor latente ( $W m^{-2}$ ); H é o calor sensível ( $W m^{-2}$ ).

A partir da Equação 1, o método da razão de Bowen ( $\beta$ ) é utilizado para estimar as componentes LE e H do balanço de radiação, visto que, a razão de Bowen é a razão entre os fluxos de calor sensível (H) e calor latente (LE) conforme a equação 2:

$$\beta = \frac{H}{LE} \quad (2)$$

Considerando um tempo médio (t) entre 20-60 min, pode-se considerar a ocorrência de relações empíricas entre fluxos de energia e gradientes verticais de temperatura e pressão de vapor no ar, conforme as Equações 5 e 6:

$$LE = -\frac{\rho C_p}{\gamma} K_w \frac{\Delta e}{\Delta z} \quad (3)$$

$$H = -\rho C_p K_s \frac{\Delta t}{\Delta z} \quad (4)$$

Em que:  $C_p$  é o valor do calor específico do ar à pressão constante ( $1010 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ );  $\rho$  é a pressão atmosférica local (kPa);  $\gamma$  é a constante psicométrica ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );  $\Delta t$  é a diferença de temperatura entre dois níveis de altura  $\Delta z$  ( $^\circ\text{C}$ );  $\Delta e$  é a diferença de pressão de vapor atmosférico entre dois níveis de altura  $\Delta z$  (kPa);  $\Delta z$  é a diferença de altura no perfil atmosférico em que estão instalados os equipamentos de temperatura e/ou pressão (m); e  $K_s$  e  $K_w$  são os coeficientes de difusividade turbulenta ( $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ ).

De acordo com Verma et al. (1978) os coeficientes de difusividade turbulenta  $K_s$  e  $K_w$  são iguais, então, aplicando-se as equações 3 e 4 na Equação 2, a razão de Bowen pode ser obtida conforme Equação 5:

$$\beta = \gamma \frac{\Delta t}{\Delta e} \quad (5)$$

O valor da constante psicométrica é dada pela relação entre o calor específico do ar ( $C_p$ ), da pressão atmosférica ( $\rho$ ) e do calor latente de vaporização ( $L$ ) ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ) (Equação 6).

$$\gamma = \frac{C_p \cdot \rho}{0,622 \cdot L} \quad (6)$$

A pressão de vapor atmosférico é obtida por meio das medidas de umidade relativa (UR) (Equação 7), devido a relação entre a pressão atual de vapor de água (e) e a pressão de saturação de vapor de água ( $e_s$ ) dada em função da temperatura (Equação 8).

$$UR = \frac{e}{e_s} \cdot 100 \quad (7)$$

$$e_s = 2,1718 \cdot 10^7 \cdot \exp\left(\frac{4157}{(t+273)-33,91}\right) \quad (8)$$

Após obtenção da razão de Bowen (Equação 5), aplicando-se a Equação 2 na Equação 1, são adquiridos os fluxos de calor sensível (Equação 9) e calor latente (Equações 10).

$$H = (Rn - G) \frac{\beta}{\beta+1} \quad (9)$$

$$LE = \frac{(Rn-G)}{\beta+1} \quad (10)$$

Para evitar incoerências físicas nas estimativas realizadas pelo Método da Razão Bowen ( $\beta$ ), Perez et al. (1999) descrevem uma série de critérios que devem ser utilizados para a

determinação correta dos fluxos estimados através da razão de Bowen para fluxo de calor (LE) e calor sensível (H). Segundo os autores é sugerido que os valores que não respeitam essas condições devem ser descartados, de forma que, neste trabalho foram mantidos somente dados coerentes com os critérios apresentados na **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Condições a serem satisfeitas pelo método de Bowen sob condições não advectivas para que os dados sejam confiáveis e consistentes.

Energia Disponível	Diferença de pressão de vapor atmosférico	Razão de Bowen	Fluxos de Calor
$R_n - G > 0$	$\Delta e > 0$	$-1 < \beta \leq 0$	$LE > 0$ e $H \leq 0$
		$\beta > 0$	$LE > 0$ e $H > 0$
	$\Delta e < 0$	$\beta < -1$	$LE < 0$ e $H > 0$
$R_n - G > 0$	$\Delta e > 0$	$\beta < -1$	$LE > 0$ e $H < 0$
	$\Delta e < 0$	$-1 < \beta \leq 0$	$LE < 0$ e $H \geq 0$
		$\beta > 0$	$LE < 0$ e $H < 0$

$R_n$  – Saldo de Radiação;  $G$  - fluxo de calor no solo;  $\Delta e$  - diferença de pressão de vapor entre os níveis de medição inferior e superior;  $LE$  e  $H$  - fluxo de calor latente e sensível, respectivamente. Adaptado de Perez et al. (1999).

### 3.4 Análise estatística.

Uma vez testadas a normalidade das distribuições das variáveis  $R_n$ ,  $LE$ ,  $H$  e  $G$ , por meio do teste de kolmogorov-smirnov, a 5% de significância, foram obtidas as médias e intervalo de confiança de 95%, de cada variável, pelo método de bootstrapping de 1000 iterações das reamostragens aleatórias com substituição (Efron; Tibshirani, 1993). Sendo ainda testada a diferença nos fluxos em relação a sazonalidade pelo do teste de Kruskal-Wallis,  $\alpha = 0.05$ , para variáveis com distribuição não normal.

## 4. Resultados e Discussão

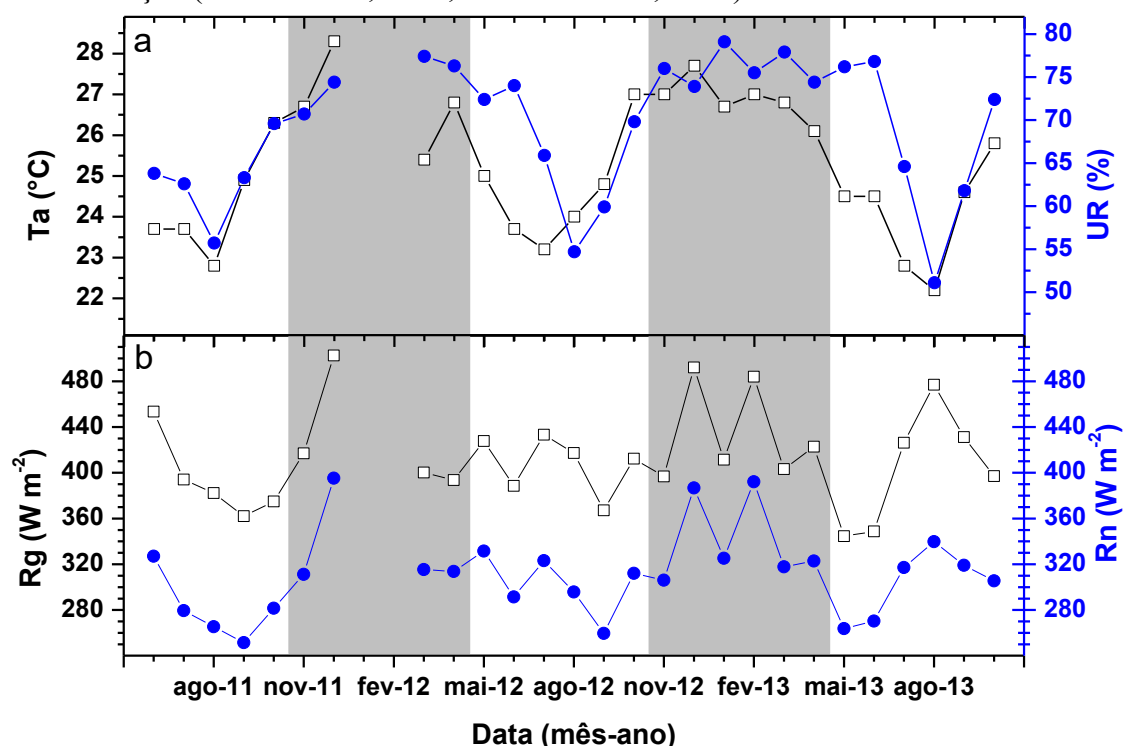
O período chuvoso apresentou as maiores médias de temperatura do ar, tendo sido observadas médias de 27 °C, em todos os anos analisados, em comparação as médias de 24 °C encontradas no período seco. Apesar das temperaturas médias do ar terem sido menores no período seco, esta estação, demonstrou maior variação da temperatura ao longo do período, com máximas e mínimas variando de 15,1 a 33,6 °C (2011); 13,9 a 33,6 °C (2012) e 11,2 a 29,9 °C (2013). Semelhante a temperatura, a umidade relativa também apresentou diferenças entre os períodos sazonais, com médias variando de 56 a 91%, na estação chuvosa, e 34 a 90% na estação seca (**Figura 1a**).

As médias do saldo de radiação foram iguais a 291,5 W m<sup>-2</sup>, na estação seca, e 338 W m<sup>-2</sup>, na estação chuvosa. O Saldo de Radiação ( $R_n$ ) também apresentou comportamento sazonal na área de estudo, sendo encontrado as maiores médias no período chuvoso, cujos valores foram 15,87% e 11,69% superiores aos da estação seca, para os anos de 2011/2012 e 2012/2013, respectivamente (**Figura 1b**).

Tendências de temperaturas e umidade mais elevadas no período chuvoso também foram relatadas por Souza et al. (2013) em 13 estações meteorológicas do estado do Mato Grosso, assim como, o aumento do saldo de radiação nesta estação foi relatado nos trabalhos de Curado et al., (2014) e Machado et al. (2016) realizados nos biomas pantanal e cerrado mato-grossense. Os maiores valores dessas variáveis climáticas ocorrem, pois, os meses do período chuvoso correspondem ao verão no hemisfério norte, havendo assim maior disponibilidade de radiação

nesta estação em virtude da declinação solar junto a inclinação do planeta em relação ao ângulo da eclíptica (Varejão-Silva, 2006).

Durante o período chuvoso, ainda, se observou menores variações das variáveis temperatura, humidade, radiação global e saldo de radiação, isso ocorre pois há maior presença de vapor d'água na atmosfera que apresentam grande eficiência na absorção de ondas longas, amenizando a amplitude das variáveis climáticas, além de, proporcionar maior aproveitamento da energia para o saldo de radiação (Santos et al., 2013). Em contraste durante o período de seca ocorrem os maiores picos de queimadas, na região, que aumentam o número de material particulado presente na atmosfera, a presença desses aerossóis, aliado ao baixo teor de vapor d'água na atmosfera causam um menor aproveitamento da energia solar incidente em forma de saldo de radiação (Curado et al., 2014, Machado et al., 2016).



**Figura 1.** Médias mensais da temperatura do ar (Ta) e umidade relativa do ar (UR), Balanço de radiação (Rn) e fluxo de calor no solo (G) nos períodos de chuva (fundo cinza) e seca (fundo branco) dos anos de 2011 a 2013 para a região da Baía das Pedras.

#### 4.1. Variação Sazonal dos componentes do balanço de energia

As médias sazonais dos componentes de fluxos de radiação são descritos na **Tabela 2**. Nenhuma das variáveis avaliadas apresentou distribuição normal, pelo teste de kolmogorov-smirnov a 5%. Contudo, observa-se que houve diferença sazonal nos fluxos das componentes do saldo de radiação, pelo teste de Kruskal-Wallis,  $\alpha=0.05$ .

Nota-se que os valores do fluxo de calor latente foram maiores que os de fluxo de calor sensível em todos os períodos avaliados. Esses resultados diferem dos encontrados por Rodrigues et al. (2014) em estudo realizado no Bioma Cerrado, no qual, para o período de seca há predominância do fluxo de calor sensível. Os valores superiores de LE, para o Pantanal, no período de seca demonstram que para a região, mesmo sem ocorrência de precipitação, não ocorre restrição hídrica mantendo-se a alta taxa de evapotranspiração.

A **Figura 2** representa o comportamento mensal dos fluxos de energia LE, H e G. O fluxo de calor latente, tendeu a ser maior nos meses do período chuvoso, atingindo os maiores valores

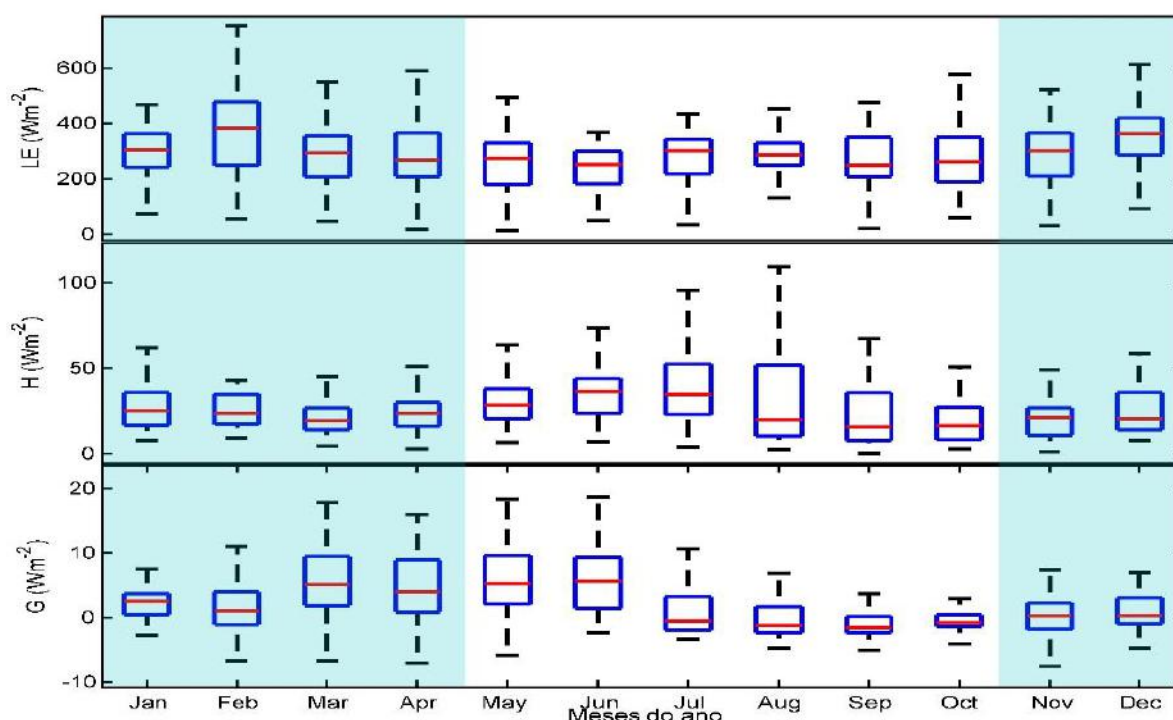
no mês de fevereiro. O LE demonstrou comportamento sazonal bem característicos com aumento do fluxo entre o fim do período seco e início do período chuvoso, e decréscimo no início do período seco.

O fluxo de calor sensível apresentou comportamento contrário ao do fluxo de calor latente, ou seja, observa-se que o H diminuiu nos primeiros meses de chuva e torna a aumentar nos meses do período de estiagem, atingindo valores máximos nos meses de julho e agosto e mínimos nos meses de fevereiro e março.

**Tabela 2.** Médias e limites de confiança do saldo de radiação (Rn) e das partições dos fluxos de Calor Latente (LE), Calor Sensível (H) e Fluxo de Calor no Solo (G) nos períodos de chuva e seca dos anos de 2011 a 2013 para a região da Baía das Pedras.

Período	Variável (W m <sup>-2</sup> )			
	Rn	LE	H	G
<b>Chuva 2011/12</b>	335.32 ± 22.76 ab	308.3 ± 22.01 ab	23.48 ± 3.59 b	3.55 ± 0.98 a
<b>Seca 2011/12</b>	304.98 ± 17.52 b	271.4 ± 16.95 b	31.22 ± 2.77 a	2.36 ± 0.75 ab
<b>Chuva 2012/13</b>	340.98 ± 17.21 a	314.71 ± 16.65 a	23.28 ± 2.72 b	2.99 ± 0.74 ab
<b>Seca 2012/13</b>	301.69 ± 17.12 b	267.64 ± 16.55 b	32.28 ± 2.7 a	1.78 ± 0.73 b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis (P ≤ 0,05).



**Figura 2.** Representação da variação dos fluxos de Calor Latente (LE), Calor Sensível (H) e Fluxo de Calor no Solo (G) nos meses de chuva (fundo azul) e seca (fundo branco) para a região da Baía das Pedras.

As variações nos fluxos de calor latente e sensível estão relacionadas ao alagamento das áreas pantaneiras. No início do período chuvoso aumenta-se a disponibilidade hídrica do ambiente, favorecendo, dessa maneira, a utilização da energia disponível do saldo de radiação para os processos de evapotranspiração. Dessa maneira, o LE torna-se máximo no mês de fevereiro, visto que, corresponde ao mês em que a lâmina d'água sobre a superfície do solo é máxima na região de estudo e a maior parte da energia disponível é utilizada para evaporar a água na superfície alagada.

Durante o período seco a lâmina d'água sobre a superfície rescinde, reduzindo a disponibilidade hídrica do ambiente. Nessas condições, conforme indicam os trabalhos de Bastable et al. (1993); Meinzer et al., 1999; e Biudes et al. (2009), a energia disponível do  $R_n$  é utilizada para o aquecimento do solo, que de maneira direta aquece a camada de ar adjacente, provocar aumento no fluxo de calor sensível e conseqüentemente diminuição no fluxo de calor latente.

O fluxo de calor no solo foi menor nos meses correspondentes ao fim do período de seca, apresentando acréscimo entre os meses de novembro e fevereiro e atingindo maiores valores entre os meses de março e junho quando partição de energia no solo manteve-se praticamente constante. Esses resultados demonstram que o fluxo de calor no solo na região pantaneira é influenciado pelas inundações

Os valores baixos durante a estação seca são explicados pois a energia acumulada no solo durante o dia é perdida durante a noite, uma vez que, sem a presença de radiação, à noite, o calor do solo é utilizado para aquecer as camadas de ar adjacentes a superfície. A partir de novembro, com as chuvas, forma-se uma lâmina d'água na superfície do solo pantaneiro e observa-se que o  $G$  tende a aumentar. Ao receber Radiação Solar, a lâmina d'água se aquece, gerando um fluxo de energia vertical em direção ao solo inundado, aquecendo-o e, conforme Burba et al. (1998), a energia armazenada na lâmina d'água continua sendo transmitida para o solo durante a noite, não havendo assim perda de calor do solo nos períodos de inundação.

Dessa maneira verifica-se que as inundações sazonais é um dos fatores importante nas variações das partições de energia do saldo de radiação nas áreas do Pantanal, sendo responsáveis, entre outros, por manter a alta partição de calor latente ao longo do ano e aumentar o fluxo de calor no solo.

## **5. Conclusão.**

Os componentes meteorológicos temperatura do ar, umidade relativa, radiação global e saldo de radiação apresentam comportamento sazonal na área de estudo, apresentando valores mais elevados no período chuvoso devido a maior quantidade de vapor d'água na atmosfera e a maior quantidade de energia disponível nos meses de verão.

Ao longo do ano a maior parcela do saldo de radiação, na área de estudo, é representada pelo fluxo de calor latente (LE) indicando que existe disponibilidade hídrica para os processos de evapotranspiração mesmo em período de estiagem.

O fluxo de calor latente atinge valores máximos no período chuvoso, nos meses de fevereiro e março, e mínimos no período de seca, nos meses de junho e julho.

O fluxo de calor sensível apresenta comportamento contrário ao do calor latente, atingindo máximos valores nos meses de estiagem e mínimos no período chuvoso.

A lâmina d'água sobre a superfície do solo é responsável por armazenar energia e elevar o fluxo de calor no solo durante o período de chuva.



## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro através dos projetos 407998/2016-0 “Estudo da relação entre a variação da concentração de CO<sub>2</sub> e variáveis micrometeorológica no Pantanal Mato-grossense”, 424915/2016-2 “Dinâmica do Carbono no Pantanal Mato-grossense: Influência do efluxo, fluxo e estoque de CO<sub>2</sub>”, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) juntamente ao CNPq pelas bolsas de mestrado e doutorado concedidas aos autores, e ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental (PPGFA) da Universidade Federal de Mato Grosso pelo incentivo à pesquisa.

## 7. Referências

- 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.
- Biudes, M. S., Campelo Júnior, J. H., Nogueira, J. S.; Sanches, L. Estimativa do balanço de energia em cambarazal e pastagem no norte do Pantanal pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24. n. 2, p. 135-143, 2009.
- Biudes, M. S.; Vourlitis, G. L.; Machado, N. G.; Arruda, P. H. Z.; Neves, G. A. R.; Lobo, F. A.; Neale, C. M.U.; Nogueira, J. S. Patterns of energy Exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 202, p. 112-124, 2015.
- Bowen, I. S. The ratio of heat losses by conductions and by evaporation from any water surface. **Physical. Review Serial**, v. 27, p. 779-787, 1926.
- Burba, G. G.; Verma, S. B.; KIM, J. Surface energy fluxes of Phragmites australis in a prairie wetland. **Agricultural and forest meteorology**, v. 94, n. 1, p. 31-51, 1999.
- Curado, L. F. A.; Rodrigues, T. R.; Biudes, M. S.; de Paulo, S. R.; de Paulo, I. J. C.; Nogueira, J. S. Estimativa sazonal da emissividade atmosférica através da Equação de Brutsaert no norte do Pantanal Mato-grossense. **Ciência e Natura**, v. 33 n. 2, p. 167, 2011.
- Curado, L. F. A.; de Souza Nogueira, J.; Sanches, L.; Rodrigues, T. R.; de Almeida Lobo, F.; Biudes, M. S. Inter Seasonality of the Energy Fluxes in Brazilian Savana — Mato Grosso — Brazil. **Atmospheric and Climate Sciences**, v. 4, n. 2, p. 219-230, 2014.
- Efron, B.; Tibshirani, R. J. **An introduction to the bootstrap**. Chapman & Hall, New York. p. 443, 1993.
- Fantin-Cruz, I.; Girard, P.; Zeilhofer, P.; Collischonn, W.; Nunes da Cunha, C. Unidades fitofisionômicas em mesoescala no Pantanal Norte e suas relações com a geomorfologia. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, p. 31-38, 2010.
- Foley, J. A.; Costa, M. H.; Delire, C.; Ramankutty, N.; Snyder, P. Green surprise? How terrestrial ecosystems could affect earth's climate. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 1, n. 1, p.38-44, 2003.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil**; primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE. 2004.
- Machado, N. G.; Sanches, L.; Aquino, A. M.; Silva, L. B.; Novais, J. W. Z.; Biudes, M. S. Growth rhythm of *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) in the Northern Pantanal. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 37, n. 1, p.81-90, 2015.
- Machado, N. G.; Biudes, M. S.; Angelini, L. P.; de Souza Mützenber, D. M.; Nassarden, D. C. S.; de Souza Bilio, R.; Nogueira, J. S. Sazonalidade do Balanço de Energia e Evapotranspiração em Área Arbustiva Alagável no Pantanal Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n.1, p. 82-91, 2016.
- Meinzer, F. C.; Goldstein, G.; Franco, A. C.; Bustamante, M.; Iglar, E.; Jackson, P.; Rundel, P. W. Atmospheric and hydraulic limitations on transpiration in Brazilian cerrado woody species. **Functional Ecology**, v. 13, n. 2, p. 273-282, 1999.
- Nunes da Cunha, C.; Junk, W. J. Distribution of woody plant communities along the flood gradient in the Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, v. 27, n. 2, p. 63-70, 2001.

Perez, P. J.; Castellvi, F.; Ibañez, M.; Rosell, J. I. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 97, p.141-150, 1999.

Rodrigues, T. R.; Curado, L. F. A.; Novais, J. W. Z.; de Oliveira, A. G.; Roberto, S.; de Paulo, M. S. B. E.; Nogueira, J. D. S. Distribuição dos componentes do balanço de energia do Pantanal Mato-Grossense. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 9, n. 2, p.165-175, 2011.

Rodrigues, T. R.; Vourlitis, G. L.; Lobo, F. D. A.; Oliveira, R. G.; Nogueira, J. S. Seasonal variation in energy balance and canopy conductance for a tropical savanna ecosystem of south central Mato Grosso, Brazil. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 119, n. 1, p. 1-13, 2014.

Santos, R. B.; de Souza, A. P.; Silva, A. C.; de Almeida, F. T.; Arantes, K. R.; de Siqueira, J. L. Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop – MT. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.6, n.1, p.72-88, jan./abr. 2013.

Souza, A. P. de; Mota, L. L. da; Zamadei, T.; Martim, C. C.; Almeida, F. T. de; Paulino, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

Varejão-Silva, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife: Versão Digital, 2006. 463 p.

Verma, S.B.; Rosenberg, N.J.; Blad, B.L. Turbulent exchange coefficients for sensible heat and water vapor under advective conditions. **Journal of Applied Meteorology**, v.17, p. 330-338, 1978.