

MODELAGEM DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE PENMAN-MONTEITH E THORNTWHAITE PARA FLORESTA MONODOMINANTE NO PANTANAL MATOGROSSENSE

VILANI, M. T.¹; PINHEIRO, M.²; ALVES, L. S.³; ALVES, M. C.⁴;
CAMPELO JUNIOR, J. H.⁵; PAULO, S.⁶; NOGUEIRA, J. S.⁶

¹ Física, Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental. Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Cuiabá - MT. Av. Fernando Corrêa da Costa, s/n, Bloco F, Sala 212. CEP 78960-900, Brasil. Telefone (+55) 65 3615 8739. mariceia@ufmt.br

²Física, Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental. Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Cuiabá - MT

³Eng^a Sanitarista, Prof^a. Doutora, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Depto. de Engenharia Sanitária, UFMT, Cuiabá - MT.

⁴Agrônomo, Prof^o. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical. Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Cuiabá - MT.

⁵Agrônomo, Prof^o. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical. Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Cuiabá - MT.

⁶Físico, Prof^o. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental. Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Cuiabá - MT.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG.

RESUMO: O estudo da evapotranspiração é importante, pois suas alterações são indicativas de mudanças nos mecanismos inerentes ao ciclo da água e ao balanço de energia local. Neste contexto, o presente trabalho analisa a correlação entre os métodos de estimativa da evapotranspiração: Penman-Monteith e Thornthwaite, em floresta monodominante no Pantanal, localizada no Mato Grosso, no período de 2007. A evapotranspiração apresentou um aumento durante a estação úmida, para ambos os métodos. A correlação entre os métodos foi significativa, apresentando ajustes diferentes para cada estação.

PALAVRAS-CHAVE: inundação, sazonalidade, cambarazal.

MODELING EVAPOTRANSPIRATION OF PANTANAL MATOGROSSENSE FLOODPLAIN FOREST BY PENMAN-MONTEITH E THORNTWHAITE APPROCHES

ABSTRACT: The study of evapotranspiration is important it can be used to indicative changes in the mechanisms involved in the water cycle and energy balance of an area. In this context, this paper examines the correlation between methods of estimation of evapotranspiration by Penman-Monteith and Thornthwaite approaches, in floodplain forest in the Pantanal, Mato Grosso state, during 2007. The evapotranspiration presented increase of values during the wet season for both methods. The correlation between methods was significant, with different quality of models fit based on error coefficients of linear regression for each season.

KEYWORDS: floodplain, seasonality, cambarazal.

INTRODUÇÃO: A vegetação do Pantanal incorpora traços de continuidade da fitogeografia dos ecossistemas, que depende das características de adaptabilidade das espécies vegetais além de elementos microclimáticos ainda pouco estudados que lhe conferem características únicas e singulares. Além da heterogeneidade da vegetação, a presença/ausência de chuvas

contribui para a complexidade da paisagem pantaneira, a estiagem que ocorre nos meses de abril a setembro promove o rebaixamento das águas superficiais e o descobrimento dos campos. Na estação das cheias, de outubro a março, a baixa declividade local permite que as águas que transbordam das calhas dos rios da bacia do rio Paraguai, sejam retidas temporariamente pelo sistema, provocando a inundação e o arraste de sedimentos e nutrientes (FRAGA, 2009). As condições peculiares da região pantaneira interferem nos processos físicos do ecossistema, como os fluxos da biosfera para a atmosfera.

A transferência de vapor d'água para a atmosfera a partir de superfícies vegetadas e úmidas, despertam crescente interesse para a compreensão da interação biosfera-atmosfera, dos mecanismos biofísicos controladores das trocas de fluxos e da interferência do ecossistema no microclima regional. Alterações da evapotranspiração vegetal são indicativos de alterações dos mecanismos inerentes ao ciclo da água e ao balanço de energia local, tanto de origens naturais quanto provocadas pela atividade humana e o uso desordenado dos recursos naturais. Neste contexto, objetivou-se analisar a relação entre métodos de Penman-Monteith e Thornthwaite em floresta monodominante no Pantanal MatoGrossense.

MATERIAIS E MÉTODOS:

Área de estudo: O estudo foi realizado em uma reserva particular do Patrimônio Nacional (RPPN) no Sesc Pantanal, localizada na Região Centro-Oeste (Brasil), no município de Barão de Melgaço, MT (16°39'50"S; 56°47'50"O), em área de cambará sazonalmente inundada inserida na planície fisiográfica do Pantanal, com altitude de 120 m. O trabalho foi realizado em 2007, em que considerou-se duas estações, úmida (outubro até abril) e seca (maio até setembro). Foram analisados variáveis micrometeorológicas, sendo as medidas de saldo de radiação e de radiação solar incidente obtidas por meio de um sensor Net Radiometer Kipp & Zonen Delft Inc. Holland® e de um piranômetro Li-200 Campbell Sci Inc. USA®. Para as medidas de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) utilizou sensores quânticos modelo LI-190 LI-COR, Inc. Lincoln, NE, E.U.A. A temperatura e a umidade relativa do ar foram obtidas por dois termohigrômetros HMP 45 C Vaisala Inc. Helsinki Finland®. O perfil da velocidade do vento foi obtido por dois anemômetros de conchas A-014 Wind Speed Sensor Met One Instruments, Inc., USA®, instalados numa torre micrometeorológica a 32m de altura. O fluxo de calor no solo foi feito através de uma placa HFT-3.1 REBS Inc. Seattle Washington®.

Método de Penman-Monteith: A estimativa da evapotranspiração diária pelo método Penman-Monteith leva em consideração a utilização de várias variáveis, pois representa a influência da componente do balanço de energia e da componente aerodinâmica (ALLEN *et al.*, 1998) e pode ser representada pela equação 1:

$$ET_{PM} = \left(\frac{s}{s - y^*} \right) \left(\frac{Rn - G}{\lambda} \right) + \left(\frac{86400 \rho C_p \frac{\Delta e}{r_a}}{\lambda (s + y^*)} \right) \quad \text{Eq. 1}$$

em que: ET_{PM} (mm dia^{-1}) Rn é a Radiação líquida disponível à superfície ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), G a densidade do fluxo de calor para o solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), T é a temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$), Δe é a diferença da pressão de vapor entre 2 níveis (kPa), g é a constante psicrométrica ($0,0622 \text{ kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$), s é a declividade da curva de pressão de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$), e r_a é a resistência aerodinâmica (sm^{-1}). A resistência aerodinâmica é calculada de acordo com a equação 2:

$$r_a = \frac{\left(\ln \frac{z_m - d}{z_{0m}} \right) \left(\ln \frac{z_e - d}{z_{0e}} \right)}{k u_z} \quad \text{Eq. 2}$$

em que, r_a é a resistência aerodinâmica (s m^{-1}); z_m é altura do vento medida em U_z (m); z_e é a altura de medida da umidade do ar (m), z_{0m} é o comprimento da rugosidade para o transporte de momentum (m), z_{0e} é o comprimento de rugosidade para o transporte de vapor e calor sensível (m), d é o deslocamento do plano zero (m), u_z é a velocidade do vento a altura z (ms^{-1}) e k é a constante de von Karman $\approx 0,41$.

Método de Thornthwaite: A evapotranspiração potencial média mensal padrão (ET_T , mm por mês) para um mês de 30 dias, e cada dia tem 12 horas de fotoperíodo, foi esquematizado por Thornthwaite em 1948, pela equação 3:

$$ET_T = 16 \left(10 \frac{T}{I} \right)^a \quad \text{Eq. 3}$$

em que, T é a temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$), I é o índice de calor da região e que deve ser calculado com valores normais (média climatológica) e a é o expoente da função I , mostrados nas equações 4 e 5:

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2T_n)^{1,514} \quad \text{Eq. 4}$$

em que:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-713} - 7,17 \cdot 10^{-512} + 1,7912 \cdot 10^{-21} + 0,49239 \quad \text{Eq. 5}$$

Para converter a estimativa de mês (mm por mês) para uma escala diária (mm por dia), precisa de um fator de correção (C) conforme equação 6:

$$C = \frac{N}{360} \quad \text{Eq. 6}$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES: O método de Penman-Monteith apresentou média mensal menor (Figura 1), com média \pm desvio padrão anual de $4,47 \pm 0,61 \text{ mm d}^{-1}$, para Thornthwaite a média anual foi $4,80 \pm 0,50 \text{ mm d}^{-1}$.

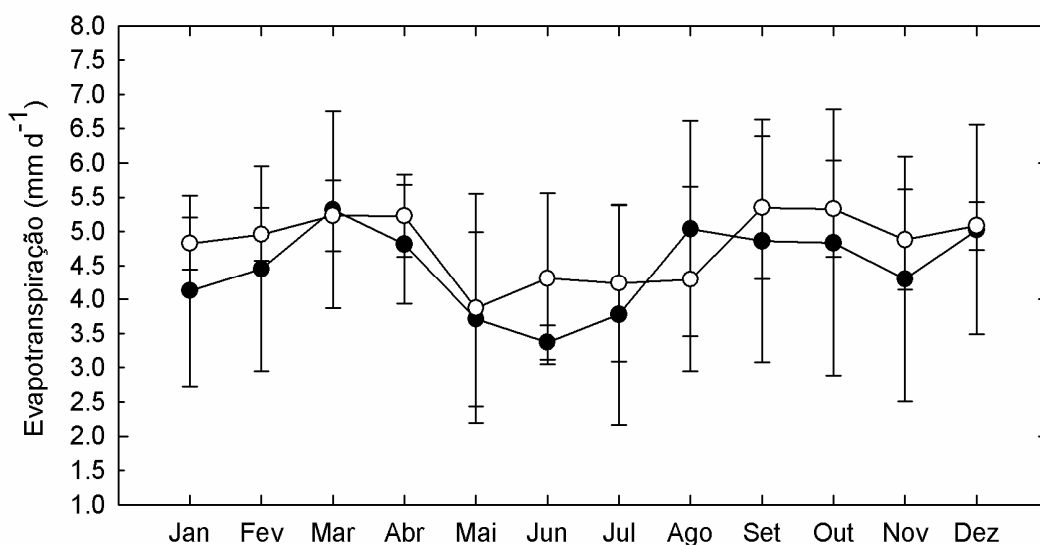


Figura 1. Média mensal (\pm desvio padrão) da evapotranspiração estimada pelo método de Penman-Monteith (círculo preenchida) e Thornthwaite (círculo sem preenchimento) em 2007.

A relação entre os dois métodos (Figura 2) em ambas as estações apresentou significativa correlação (teste-t = 1,971, $p = 0,05$). Para o método de Penman-Monteith a média estacionar foi $4,7 \pm 1,56$ e $4,36 \pm 1,67$ e para o método Thornthwaite $5,1 \pm 0,57$ e $4,4 \pm 1,39$ nas estações úmida e seca, respectivamente.

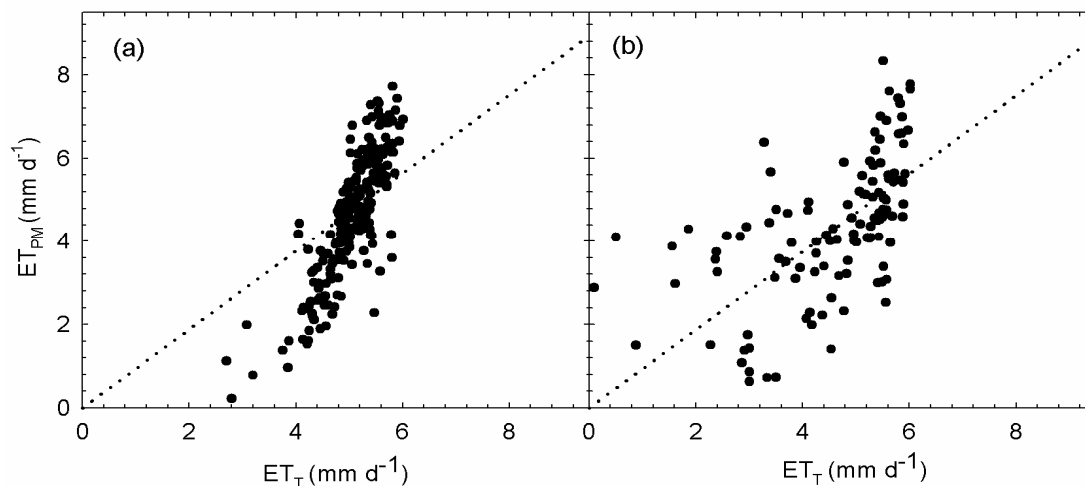


Figura 2. Correlação entre a evapotranspiração estimada pelos métodos de Penman-Monteith (ET_{PM}) e Thornthwaite (ET_T) na estação úmida (a) e estação seca (b). A linha pontilhada é 1:1.

A Tabela 1 apresenta os ajustes para a semelhança estatística entre os métodos de Penman-Monteith (ET_{PM}) e Thornthwaite (ET_T). O melhor ajuste para a estação úmida foi o Potencial, com coeficiente de determinação de 74% e durante a estação seca o melhor ajuste foi Polinomial, cujo coeficiente de determinação foi 44%.

Os melhores ajustes foram observados na estação úmida para todos os coeficientes de determinação.

Tabela 1. Ajustes das relações entre a evapotranspiração estimada pelos métodos Penman-Monteith e Thornthwaite nas estações úmida e seca. ($x = ET_T$ e $y = ET_{PM}$).

| Relação | Estação úmida | | Estação seca | |
|------------|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|
| | Equação | R ² | Equação | R ² |
| Linear | $y = 2,2957x - 6,9581$ | 0,69 | $y = 0,7379x + 0,9867$ | 0,33 |
| Logarítimo | $y = 10,318\ln(x) - 11,995$ | 0,66 | $y = 1,2825\ln(x) + 2,5119$ | 0,16 |
| Polinomial | $y = 0,2833x^2 - 0,3914x - 0,7092$ | 0,70 | $y = 0,2608x^2 - 1,228x + 4,0912$ | 0,44 |
| Potencial | $y = 0,0263x^{3,1562}$ | 0,74 | $y = 2,3449x^{0,3598}$ | 0,14 |

Os maiores valores de evapotranspiração foram observados na estação úmida. Nesta estação, de acordo com FRAGA (2009) ocorreu uma maior condutância aerodinâmica (C_a), com elevadas rajadas de vento. Segundo SOUZA FILHO (2002), maiores valores na velocidade são favoráveis ao aumento da evapotranspiração, pois o processo de transferência do vapor d'água é facilitado em função do aumento da C_a . Na estação seca ocorreu uma maior dificuldade da transmissão de água para a atmosfera, devido ao fechamento dos estômatos, ocasionando uma menor evapotranspiração. Para MATSUMOTO *et. al.*, (2008), a evapotranspiração é controlada pela demanda evaporativa atmosférica e pela superfície terrestre que fisiológica e aerodinamicamente regula a evapotranspiração por meio de características como a atividade dos estômatos e a rugosidade do dossel.

CONCLUSÕES: Conclui-se que houve correlação significativa entre a evapotranspiração estimada pelo método de Penman-Monteith (ET_{PM}) e Thornthwaite (ET_T) durante a estação úmida, com ajuste consideráveis. Durante a estação seca não houve semelhança significativa entre os métodos.

REFERÊNCIAS:

FRAGA, C. I. M. **Evapotranspiração e fator de desacoplamento em área de Cambarazal no Pantanal.** Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Universidade Federal de Mato Grosso. 2009.

MATSUMOTO K., OHTA T., NAKAI, T., KUWADA T., DAIKOKU K., IIDA S., YABUKI H., KONONOV A.V., VAN DER MOLEN M.K, KODAMA Y., MAXIMOV T.C., DOLMAN A.J.; HATTORI S., **Responses of surface conductance to forest environments in the Far East**, Agric. For. Meteorol. n. 148, p. 1926–1940, 2008.

SOUZA FILHO, J.D. DA C. **Variação sazonal dos componentes do balanço de radiação e energia sobre a floresta de Caxiuanã.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa. 2002.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 297p. FAO. Irrigation and Drainage Paper. 1998.