



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

## **Evapotranspiração de referência provável na região Médio-Norte e Norte do Estado de Mato Grosso para aplicações hidroagrícolas**



*Charles Campoe Martim<sup>1</sup>; André Luiz Metz<sup>1</sup>; Adilson Pacheco de Souza<sup>2</sup>;  
Eduardo Morgan Uliana<sup>3</sup>; Frederico Terra de Almeida<sup>4</sup>; Adriana AkiTanaka<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop-MT, Fone: (66) 3531663; E-mail: charleschp2011@hotmail.com

<sup>2</sup>Doutor em Irrigação e Drenagem, Prof. Adjunto II, UFMT – Campus Universitário de Sinop, E-mail: adilsonpacheco@ufmt.br

<sup>3</sup>Mestre em Produção Vegetal, Prof. Assistente I, UFMT – Campus Universitário de Sinop, E-mail: morganuliana@gmail.com

<sup>4</sup>Doutor em Produção Vegetal, Prof. Associado I, UFMT – Campus Universitário de Sinop, E-mail: fredterr@gmail.com

<sup>5</sup>Doutora em Irrigação e Drenagem, Bolsista PNPd/Capes PPGAgro, UFMT – Sinop, E-mail: dritanaka@yahoo.com.br

**RESUMO:** A agricultura irrigada é uma das atividades que demandam grande volume de água disponível nas escalas regionais e/ou locais, contudo, a evapotranspiração exerce grande influência no dimensionamento e no manejo de sistemas hidroagrícolas. A obtenção do consumo de água pelas plantas sem nenhum critério ou com dados resultantes de modelos com baixo desempenho não proporciona confiabilidade, sendo que em geral, para sua obtenção, as maiores dificuldades decorrem da inexistência de estações meteorológicas em uma região ou da disponibilidade de séries de dados incompletas. Este trabalho objetivou estimar a evapotranspiração de referência diária (ET<sub>o</sub>) em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência, pelo método de Camargo, para quatro municípios da região Amazônica do Estado de Mato Grosso. As médias de ET<sub>o</sub> diárias foram de 3,86; 4,09; 4,12 e 4,19 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Para o nível de probabilidade de ocorrência de 75% foram obtidos 4,22; 4,49; 4,50 e 4,54 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Para o tempo de retorno (TR) de 10 anos, observou-se crescimento em torno de 15% da ET<sub>o</sub> média diária, independentemente da estação meteorológica avaliada. Para sistemas de irrigação por aspersão, a seleção de emissores que atendam níveis de probabilidade acima de 90% de ocorrência de ET<sub>o</sub> podem provocar superdimensionamentos dos sistemas, diminuindo sua viabilidade econômica e com ociosidade em alguns períodos do ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** irrigação, tempo de retorno, método de Camargo, temperatura do ar

### **Reference evapotranspiration at different levels of probability in Middle-North and North of Mato Grosso State for hydro-agricultural applications**

**ABSTRACT:** The irrigated agriculture is one of the activities that require large volume of water available in regional scales and/or local, however, the evapotranspiration has great influence in the design and management of hydro-agricultural systems. The obtainment of water consumption by plants without any criteria or data resulting from models with low performance provides no assuredness, and in general, to obtain it, the main difficulties arise from the lack of meteorological stations in a region or the availability of series incomplete data. This study aimed to estimate the daily reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) at different levels of probability, by the use of Camargo method, for four municipalities in the Amazon region of Mato Grosso. The average daily ET<sub>o</sub> were 3.86; 4.09; 4.12 mm and 4.19 day<sup>-1</sup>, respectively. For the level of probability of 75% were obtained 4.22; 4.49; 4.50 and 4.54 mm day<sup>-1</sup>, respectively. For the return time (RT) for 10 years, there was growth of around 15% of the average daily ET<sub>o</sub>, regardless of assessed weather station. For sprinkler irrigation systems, the selection of issuers that meet probability levels above 90% occurrence of ET<sub>o</sub> can cause oversizing of systems, reducing its economic viability and idleness in some periods of the year.

**KEYWORDS:** irrigation, return time, Camargo method, air temperature

## INTRODUÇÃO

A água tem sido um recurso natural de extrema necessidade e importância para as atividades humanas, visto que existe a dependência entre a produção de alimentos e a oferta de água ao longo dos ciclos de cultivo, além dos usos diretos para fins sanitários. Sendo esse um recurso finito, pode ocorrer, em alguns locais, uma tendência a redução das reservas de água de boa qualidade, inviabilizando determinados usos essenciais.

Segundo Bernardo et al. (2006), uma das principais variáveis a serem observadas durante o planejamento, implantação e manejo de um sistema hidroagrícola é a evapotranspiração (ET). Mendes (2006) define o termo evapotranspiração como sendo o processo dinâmico e contínuo de transferência de água para a atmosfera resultante da evaporação do solo e da transpiração dos vegetais. Esse processo é de grande importância na determinação das necessidades hídricas das culturas, pois indica a quantidade a ser reposta no solo pelas chuvas e/ou irrigação, perfazendo ainda, em uma importante ferramenta para o manejo racional de recursos hídricos. Dentre os diferentes conceitos, a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é fundamental por permitir aplicações para todas as culturas com fins agropecuários e/ou sistemas integrados de produção. De maneira simplificada, a evapotranspiração pode ser obtida por métodos diretos e/ou indiretos, contudo, Os métodos de estimativa da evapotranspiração baseados em dados meteorológicos podem ser simples (utilizam apenas dados de temperatura do ar à sombra) ou complexos (baseados em modelos físicos combinados, que levam em consideração a variação dos parâmetros energético e aerodinâmico).

A ausência ou até mesmo a dificuldade em se ter acesso a alguns parâmetros meteorológicos registrados em estações convencionais ou automáticas representativos de uma região, podem limitar a seleção de alguns métodos, indicando assim a não existência de uma equação que possa ser utilizada universalmente de forma adequada em todos os tipos de climas. Sempre é recomendada, uma avaliação criteriosa e a calibração de determinadas equações para as condições locais ou regionais. Nesse sentido, devido ao grande número de métodos de estimativa da ET<sub>o</sub>, a escolha dependerá da disponibilidade de dados meteorológicos e do nível de precisão exigido (TAGLIAFERRE et al. 2010).

O Estado de Mato Grosso apresenta uma carência de informações meteorológicas em função da dimensão territorial e pelo pequeno número de estações conectadas em rede. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) coleta e coordena no estado 33 estações meteorológicas automáticas (EMA's), 13 estações convencionais e 3 estações convencionais para controle do espaço aéreo. Dentre as EMA's, 12 foram instaladas na região do Médio Norte do Estado, com coletas ocorrendo na grande maioria a partir de 2006. Essas bases de dados dessas estações normalmente apresentam falhas e erros de medidas oriundos de problemas com sensores ou períodos de manutenções. Em acordo com essa disponibilidade de dados, Tanaka (2013) avaliando diferentes modelos simplificados de estimativa da ET para o Estado de Mato Grosso, definiu que para as regiões Norte e Médio-Norte os melhores resultados são obtidos com o método de Camargo (PEREIRA et al. 1997).

Objetivou-se estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) pelo método de Camargo, em diferentes níveis de probabilidade, para quatro municípios das regiões do Médio-Norte e Norte do Estado de Mato Grosso, para fins de aplicação em dimensionamentos de projetos hidroagrícolas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi elaborado a partir da base de dados do BDMEP obtidos na rede de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para quatro estações meteorológicas convencionais (EMC's) no Estado de Mato Grosso (Tabela 1).

Tabela 1. Dados das estações meteorológicas convencionais (EMC) avaliadas no estudo.

EMC	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período de Dados
Diamantino	-14,40°	-56,45°	286,3	1961-2010
Gleba Celeste	-12,29°	-55,29°	415,0	1972-2010
Matupá	-10,25°	-54,92°	285,0	1987-2010
S. J. Rio Claro*	-13,43°	-56,72°	350,0	1995-2010

Fonte: INMET (2013). \*S. J. Rio Claro: São José do Rio Claro.

O clima predominante da região Centro-Norte do Estado de Mato Grosso, pela classificação de Köppen é Aw (tropical quente e úmido), caracterizado pela presença de duas estações bem definidas: chuvosa (outubro e abril) e seca (maio a setembro); com baixa amplitude térmica anual (médias mensais variando entre 22 e 26,4 °C). Segundo Souza et al. (2013) as precipitações médias anuais são de 1794, 1741, 1975 e 1815 mm para Diamantino, São José do Rio Claro, Gleba Celeste e Matupá, respectivamente.

Para a aplicação do modelo de Camargo (eq. 01) foram aplicadas as recomendações de Pereira et al. (1997), na escala diária. A estimativa da radiação no topo da atmosfera ( $H_0$ ) foi dada por Iqbal (1983).

$$ET_0 = F H_0 T ND \quad (01)$$

em que:  $H_0$  é a radiação extraterrestre ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $T$  é a temperatura média (°C);  $F$  é um fator de ajuste e varia de acordo com a temperatura média anual do local (para  $T$  até 23 °C,  $F = 0,01$ ;  $T = 24$  °C,  $F = 0,0105$ ;  $T = 26$  °C,  $F = 0,0115$ ;  $T > 26$  °C,  $F = 0,012$ );  $ND$  é o número de dias do período.

Para definição dos níveis de probabilidade de ocorrência da  $ET_0$ , foram ordenados de maneira decrescente todas as estimativas, por estação, com posterior aplicação da eq. 02. O tempo de retorno – TR (em anos) foi obtido pelo inverso da probabilidade de ocorrência ( $1/P$ )

$$P = [N_n / (N + 1)] * 100 \quad (02)$$

em que:  $P$  é a probabilidade de ocorrência (%);  $N_n$  é posição do dado com relação;  $N$  é a quantidade de dados analisados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A EMC Matupá apresentou as maiores e menores médias mensais de temperatura do ar entre maio-setembro (outono/inverno) e verão, respectivamente (Figura 1). A EMC Gleba Celeste apresentou comportamento semelhante, contudo, com menores amplitudes de médias mensais quando comparado com Diamantino e São José do Rio Claro. Essas diferenças nas médias mensais são dependentes da movimentação terrestre, das latitudes locais (Tabela 1) e das regiões fisiográficas locais, visto que as estações estão inseridas no Bioma Amazônico (Matupá), Gleba Celeste e São José do Rio Claro (transição Cerrado-Amazônia) e Bioma Cerrado (Diamantino). Em geral, regiões mais próximas do Equador apresentam menores ângulos zenitais no inverno, e portanto, maior incidência de radiação solar. Aliado a esse contexto, como o vapor d'água apresenta um grande potencial de atenuação da radiação na atmosfera, durante os meses de verão ou período chuvoso, as diferenças entre temperaturas noturnas e diurnas são menores, com amenização principalmente da temperatura máxima em decorrência das alterações nos totais das componentes direta e difusa com a nebulosidade, reduzindo assim as médias e os desvios médios diários.

*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

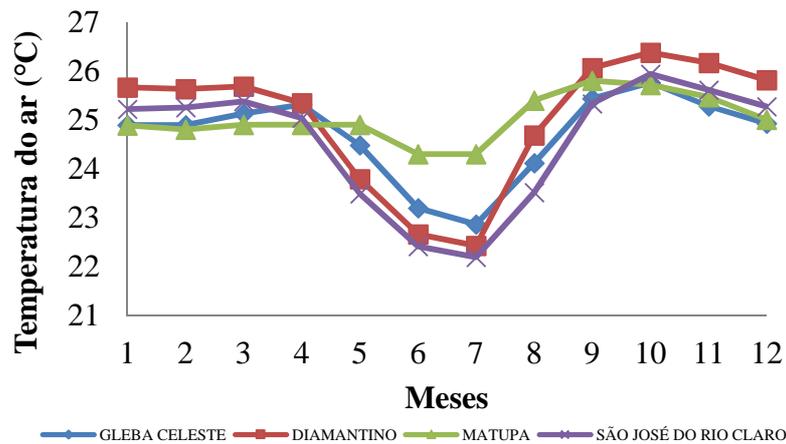


Figura 1. Evolução média mensal diária da temperatura do ar para quatro estações meteorológicas convencionais no Estado de Mato Grosso.

O método de Camargo apresenta dependência apenas da radiação no topo da atmosfera ( $H_o$ ) e da temperatura do ar, portanto, a sazonalidade da ETo apresenta comportamento a  $H_o$ . As médias mensais variaram de 3,3 (Cidade de Matupá) a 4,8  $\text{mm dia}^{-1}$  e 3,08 (Cidade de Diamantino) a 4,7  $\text{mm dia}^{-1}$  e 3,12 (Gleba Celeste) a 4,67  $\text{mm dia}^{-1}$  e 2,9 (Cidade de São José do Rio Claro) a 4,65  $\text{mm dia}^{-1}$ . A EMC Matupá apresentou maior ETo entre abril e setembro, enquanto que São José do Rio Claro apresentou a menor ETo ao longo do ano.

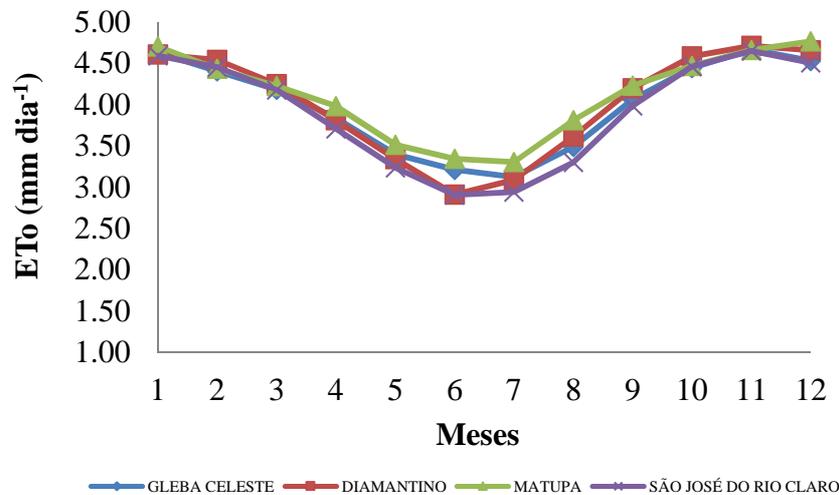


Figura 2. Evolução média mensal diária da evapotranspiração de referência (ETo) pelo método de Camargo para quatro estações meteorológicas convencionais no Estado de Mato Grosso.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de ETo ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) estimada e tempo de retorno (anos) para diferentes níveis de probabilidade nas quatro localidades avaliadas. Para um nível de probabilidade de ocorrência de 80% (tempo de retorno de 5 anos), a ETo corresponde a 4,58  $\text{mm dia}^{-1}$  na EMC Gleba Celeste, ou seja, para o mesmo período, espera-se que ocorram 20% de valores superiores a 4,58  $\text{mm dia}^{-1}$ . Esses valores de ETo, quando multiplicados pelos respectivos coeficientes de cultura, poderão ser utilizados como parâmetro de dimensionamento de sistemas hidroagrícolas na região Norte e Médio-Norte do Estado de Mato Grosso.

Para as mesmas condições de projeto e dimensionamento, a variação apenas da ETo aplicada na determinação da necessidade hídrica da cultura, permite visualizar como são os possíveis custos do investimento, de forma que a escolha da ETo, a um nível probabilístico muito alto, resulta em um

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

dimensionamento de componentes economicamente inviável para implantação. Já a aplicação de uma ETo a um nível muito baixo de probabilidade faria com que os componentes do sistema fossem dimensionados para uma capacidade de trabalho menor, mas a necessidade hídrica da planta poderia não ser suprida em diferentes períodos do ano em função das fases fenológicas e demandas hídricas das culturas. Nesse contexto, assumindo-se, então, que o procedimento adequado é aquele que adota a ET em torno de 75% de probabilidade, verifica-se que existe um subdimensionamento, ao utilizar-se a ETo a 50% de probabilidade. Por sua vez a aplicação de uma ETo com um nível acima de 90% de probabilidade, no dimensionamento de um sistema hidroagrícola poderá acarretar no superdimensionamento.

Tabela 2 – Variação da ETo estimada para diferentes níveis de probabilidade e tempo de retorno para quatro estações meteorológicas convencionais no Estado de Mato Grosso.

Nível de probabilidade	Diamantino		Matupá		São José do Rio Claro		Gleba Celeste	
	ETo	TR	ETo	TR	ETo	TR	ETo	TR
99	4,85	100,55	5,08	101,53	5,01	101,05	5,13	100,64
95	4,59	20,02	4,89	20,00	4,82	20,02	4,88	20,02
90	4,46	10,00	4,78	10,00	4,71	10,01	4,75	10,01
85	4,36	6,67	4,69	6,67	4,62	6,67	4,65	6,67
80	4,28	5,00	4,61	5,00	4,56	5,01	4,58	5,00
75	4,22	4,00	4,54	4,00	4,49	4,00	4,50	4,00
70	4,15	3,33	4,48	3,33	4,43	3,33	4,43	3,33
65	4,08	2,86	4,41	2,86	4,36	2,86	4,36	2,86
60	4,01	2,50	4,35	2,50	4,28	2,50	4,29	2,50
55	3,94	2,22	4,27	2,22	4,20	2,22	4,21	2,22
50	3,86	2,03	4,19	2,00	4,09	2,00	4,12	2,00

## CONCLUSÃO

A evapotranspiração de referência média nas regiões Médio-Norte e Norte de Mato Grosso variam de 3,86 a 4,19 mm dia<sup>-1</sup>. Maiores níveis de probabilidade podem aumentar a ETo em até 1,0 mm dia<sup>-1</sup>. A região Amazônica do Mato Grosso apresenta ETo superior a região de Cerrado.

## REFERÊNCIAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 13 mai. 2013.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. Canadá: Academic Press, 1983. 390 p.

MENDES, S.R. **Determinação da evapotranspiração por métodos diretos ou indiretos e dos coeficientes de cultura da soja para o Distrito Federal**. 2006. 58p. Dissertação (Mestrado – Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2006.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 01, n. 01, p.34-43, out./dez., 2013.

TAGLIAFERRE, C.; SILVA, R. A. J.; ROCHA, F. A.; SANTOS, L. C.; SILVA, C. S. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis - BA. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.23, n.1. p.103-111, 2010.

TANAKA, A. T. **Avaliação de métodos de estimativa da radiação solar global e da evapotranspiração de referência para o Estado de Mato Grosso**. 100f. 2013. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.