

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL POR MEIO DE MÉTODOS BASEADOS NA TEMPERATURA DO AR PARA ESTAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO XINGU/PA

EDMUNDO WALLACE M. LUCAS^{1, 3}; FRANCISCO DE ASSIS S. DE SOUSA², LUIZ ANDRÉ R. DOS SANTOS¹; FRANCISCO DE PAULA M. SOARES¹

¹Meteorologista, Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, Brasília - DF, Fone: (0xx61) 3343 2192

²Professor, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande - PB, Fone: (0xx83) 3310 1054

³Aluno da Pós-graduação da UFCG, Campina Grande - PB, Fone: (0xx83) 3310 1054

edmundolucas@inmet.gov.br, luiz.santos@inmet.gov.br, fassis@dca.udc.edu.br,
francisco.manhaes@inmet.gov.br

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

RESUMO : Devido a escassez de dados meteorológicos para estimativa da evapotranspiração potencial pelo método recomendado pela FAO (Penman Monteith), na região Amazônica, este trabalho comparou os métodos baseados apenas na temperatura: Thornthwaite (1948), Thornthwaite ajustado desenvolvido por Camargo et al. (1999), Hargreaves e Samani (1982, 1985) e Romanenko (1961) em quatro postos localizados na Bacia Hidrográfica do Xingu/PA, onde os métodos comparados por Camargo et al. (1999), Hargreaves e Samani (1982, 1985), que utilizam a temperatura efetiva apresentaram bons resultados.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração, modelos de estimativa, bacia hidrográfica.

ABSTRACT: Due the scarcity of meteorological data for estimate of the potential evapotranspiration for the method recommended for the FAO (Penman Monteith), in the Amazon region, this work compared the established methods only in the temperature: Thornthwaite (1948), adjusted Thornthwaite developed for Camargo et al. (1999), Hargreaves and Samani (1982, 1985) and Romanenko (1961) in four station located in the Hydrographic Basin of Xingu/Pará, where the methods compared by Camargo et al. (1999), Hargreaves and Samani (1982, 1985), that use the effective temperature, had presented good results.

KEYWORDS: evapotranspiration, models of estimating, basin hydrographic.

INTRODUÇÃO: Evapotranspiração (ET) é um componente importante do ciclo hidrológico, e o conhecimento do seu valor é essencial para planejamento e gerência dos recursos hídricos, irrigação, projetos de reservatórios, previsão de vazões de rios entre outros. Em geral evapotranspiração potencial e precipitação são as principais entradas dos modelos hidrológicos determinísticos e agrometeorológicos. Camargo et al. (1999), ajustou a equação de Thornthwaite (1948) para estimar a evapotranspiração potencial em regiões de climas áridos e super úmidos com base na amplitude térmica, comparando os resultados com os obtidos pelos métodos de Thornthwaite (1948) original e Penman-Monteith (1965), que é considerada padrão pela FAO (Smith,1991), onde conclui que a equação de Thornthwaite funciona muito bem em regiões úmidas, dando valores próximos aos obtidos por Penman-Monteith. Para regiões de climas áridos ou durante a estação seca pronunciada Thornthwaite subestima os resultados e a equação ajustada melhora consideravelmente a estimativa de ETP.

Em regiões super úmidas como na Amazônia, a equação de Thornthwaite ajustada, deixou de superestimar a ETP apresentando resultados muito próximos ao de Penman-Monteith. Existe hoje uma variedade de métodos para calcular a evapotranspiração potencial baseada em diversas equações empíricas, sendo que essas equações geralmente requerem alguns elementos meteorológicos como: temperatura do ar, precipitação, radiação solar, umidade do solo e velocidade do vento, porém em muitas regiões, na maiorias das vezes, esses dados não se encontram disponíveis. Este trabalho tem como objetivo comparar os métodos de estimativa de evapotranspiração potencial, baseados apenas na temperatura de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite ajustado, desenvolvido por Camargo et al. (1999), com os métodos Hargreaves e Samani (1982, 1985), Romanenko (1961) em quatro postos localizados na Bacia hidrográfica do Xingu.

METODOLOGIA E DADOS UTILIZADOS: Dos afluentes da Bacia Amazônica, que é a maior bacia hidrográfica do mundo, com uma drenagem de 5,8 milhões de km², sendo 3,9 milhões no Brasil, destaca-se a Bacia Hidrográfica do Xingu (BHX). A BHX abrange uma área de 531.250 km², sendo que 216.823 km² (40,8%) pertencem ao estado do Mato Grosso e o restante (59,2%) ao estado do Pará, onde ocupa uma área de aproximadamente 314.427 km² que corresponde a 25,1% do estado. Foram selecionados quatro estações meteorológicas pertencentes à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas na BHX, com os seguintes dados meteorológicos: média mensal da temperatura do ar, temperatura máxima e mínima, umidade relativa, total mensal de precipitação. As características das estações e período de dados são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características das estações estudadas.

Estação	Código	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período
Altamira	82353	03°13' S	51°13' W	74,04	1975-2005
Monte Alegre	82181	02°00' S	54°05' W	145,85	1975-2005
Porto de Moz	82184	01°44' S	52°14' W	15,93	1975-2005
São Felix do Xingu	82668	06°38' S	51°58' W	206,00	1975 -1996

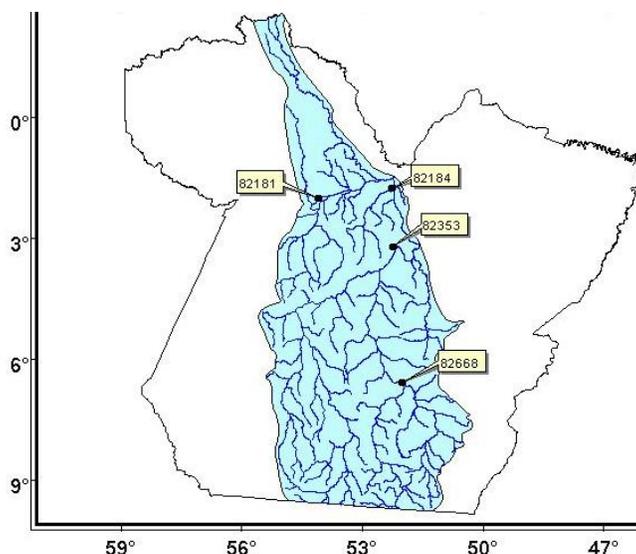


Figura 1 – Localização dos postos na bacia hidrográfica do Xingu/PA.

Métodos de estimativa da evapotranspiração potencial (ET) e tratamento dos dados

Neste trabalho serão utilizados e comparados entre si os seguintes métodos para estimar a evapotranspiração potencial, sendo ambos baseados apenas na temperatura: Thornthwaite (1948), Hargreaves e Samani (1982, 1985), Romanenko (1961) e o método de Thornthwaite ajustado por Camargo et al. (1999), o qual utiliza a temperatura efetiva no lugar de temperatura do ar. Para avaliar o desempenho das equações, os resultados dos métodos foram comparados entre si, utilizando-se os seguintes coeficientes: coeficientes de determinação (R^2), coeficiente de exatidão (d) proposto por Willmott et al. (1985) e coeficiente de desempenho (c) proposto por Camargo e Sentelhas (1997), que corresponde à multiplicação do coeficiente (d) pelo coeficiente de correlação r, apresentando resultados de desempenho conforme a tabela 2. O índice de Willmott indica o grau de associação entre duas características a partir de uma série de observações, sendo este um valor adimensional, variando de 0 para nenhuma concordância e 1 para uma boa concordância.

Tabela 2: Resultados do desempenho do índice c.

Valor de c	Desempenho
> 0,90	Ótimo
0,81 a 0,90	Muito Bom
0,71 a 0,80	Bom
0,51 a 0,70	Mediano
0,41 a 0,50	Sofrível
0,31 a 0,40	Ruim
≤ 0,30	Péssimo

Fonte: Camargo & Sentelhas (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Na Tabela 3 são apresentados os resultados das comparações dos métodos de estimativa da evapotranspiração potencial através dos coeficientes de determinação (R^2) para as quatro estações selecionadas na Bacia Hidrográfica do Xingu.

Tabela 3: Resultados do coeficiente de determinação (R^2) dos métodos.

	ROM/HAR	ROM/THOR	ROM/CAM	HAR/THOR	HAR/CAM	THOR/CAM
ALTAMIRA	0,59	0,75	0,77	0,47	0,88	0,69
MONTE ALEGRE	0,13	0,41	0,27	0,48	0,81	0,78
PORTO DE MOZ	0,39	0,49	0,47	0,50	0,80	0,71
SÃO FELIX DO XINGU	0,06	0,14	0,48	0,01	0,37	0,04

ROM = Romanenko (1961); HAR = Hargreaves e Samani (1982, 1985); THOR = Thornthwaite (1948); CAM = Camargo (1997).

Na Tabela 4 e 5, são apresentados os coeficientes de Willmott “d” e o coeficiente de desempenho “c”, obtidos pela comparação da evapotranspiração potencial calculada pelo método de Thornthwaite ajustado e de Thornthwaite (1948) original respectivamente, com os outros métodos de estimativa.

Tabela 4: Valores dos coeficientes de Willmott “d” e desempenho “c”, usando Camargo et al. (1999) como referencia.

	ROMANENKO		HARGREAVES		THORNTHWAITTE	
	d	c	d	c	d	c

ALTAMIRA	0,62	0,54	0,83	0,78	0,85	0,71
MONTE ALEGRE	0,54	0,28	0,82	0,74	0,71	0,63
PORTO DE MOZ	0,40	0,28	0,86	0,77	0,85	0,72
SÃO FELIX DO XINGU	0,41	0,29	0,64	0,39	0,46	0,10

Tabela 5: Valores dos coeficientes de Willmott “d” e desempenho “c”, usando Thornthwaite (1948) como referencia.

	ROMANENKO		HARGREAVES		CAMARGO	
	d	c	d	c	d	c
ALTAMIRA	0,49	0,42	0,77	0,53	0,85	0,71
MONTE ALEGRE	0,62	0,40	0,71	0,49	0,70	0,62
PORTO DE MOZ	0,30	0,21	0,80	0,57	0,85	0,72
SÃO FELIX DO XINGU	0,28	0,10	0,27	0,03	0,23	0,05

Em Altamira conforme as tabelas acima, os métodos que melhor se correlacionaram foram Camargo/Hargreaves com valores $R^2 = 0,88$, $c = 0,83$ e $d = 0,78$, classificado como bom segundo o critério de Camargo & Sentelhas (1997), seguidos pelos métodos de Camargo/Thornthwaite e Camargo/Romanenko. De uma forma geral todos os métodos apresentaram bons resultados comparados com o de Camargo, para a estação de Altamira. As estações de Monte Alegre e Porto de Moz apresentaram resultados similares, sendo os métodos que melhor se correlacionaram, de acordo com os resultados de R^2 foram Camargo/Hargreaves e Camargo/Thornthwaite, com valores de 0,81 e 0,78 para a estação de Monte Alegre e 0,80 e 0,71, respectivamente, para a estação de Porto de Moz. Os outros métodos comparados, para estas estações apresentaram valores de R^2 abaixo de 0,50. Conforme a Tabela 3 e 4, o coeficiente de desempenho “c” para as estações de Monte Alegre e Porto de Moz, apresentaram melhores resultados (0,74 e 0,77, respectivamente), quando comparou-se os métodos de Camargo e Hargreaves, atingindo uma classificado de desempenho boa, de acordo com o critério adotado; comparado com os resultados de Thornthwaite apresenta também resultados satisfatórios. A comparação da evapotranspiração potencial estimada pelo método de Romanenko, quando comparada com os outros métodos, não apresenta resultados satisfatórios para a estações de Monte Alegre e Porto de Moz. Na estação de São Felix do Xingu, todos os métodos de evapotranspiração potencial comparados apresentaram baixos valores para os coeficientes determinados. Os resultados não são satisfatórios, analisando os coeficientes R^2 e c, na comparação entre os métodos de Romanenko/Hargreaves, Thornthwaite/Hargreaves, Thornthwaite/Romanenko, Camargo/Romanenko, para todas as estações estudadas, apresentando valores regulares apenas na estação de Altamira. De uma forma geral os métodos de Camargo/Hargreaves apresentaram bons resultados para as estações estudadas exceto para São Felix do Xingu onde os resultados foram ruins para todos os métodos, esses valores próximos deve-se aos dois métodos trabalharem com a temperatura efetiva para estimar a evapotranspiração potencial e não a somente a temperatura do ar, como nos outros métodos.

CONCLUSÕES: Camargo et al. (1997), verificou que para determinar a evapotranspiração potencial em regiões úmidas como a Bacia Amazônica os métodos que correlacionam a temperatura efetiva apresentam melhores resultados comparados ao de Penman-Monteith (1965) recomendado pela FAO. Os resultados aqui apresentados, para as estações estudadas na Bacia Hidrográfica do Xingu, corroboram com aqueles encontrados por Camargo et al.

(1997), mostrando que na ausência de grandes quantidades de variáveis meteorológicas para determinar a evapotranspiração potencial pelo método de Penman Monteith, a melhor alternativa seria estimar ETP através dos métodos proposto por Camargo et al. (1997) ou Hargreaves e Samani (1982, 1985), devido a simplicidade de aplicação, ou seja, se baseiam apenas na temperatura efetiva do ar, além disso, estes métodos apresentaram bons resultados nas estações estudadas, exceto em São Felix do Xingu onde todas as comparações foram ruins, este resultado pode estar associado a qualidade dos dados na estação.

REFERÊNCIAS:

- CAMARGO, A P. et al. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 251-257, 1999.
- CAMARGO, A P., SENTELHAS, P.C. Avaliação de desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- HARGREAVES G.H, SAMNI Z.A. Estimation of potential evapotranspiration. Journal of Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers 108: 223–230, 1982.
- HARGREAVES G.H., SAMNI Z.A. Reference crop evapotranspiration from temperature. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 1985.
- MONTEITH, J.L. Evaporation and environment. Proc. Symp. Soc. Exp. Biol. 19:205–234, 1965.
- ROMANENKO, V.A. Computation of the autumn soil moisture using a universal relationship for a large area. Proceedings Ukrainian Hydrometeorological Research Institute (Kiev) 3, 1961.
- SMITH, M. ed. Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for predictions of crop water requirements. Rome: FAO, 1961. 45 p.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38: 55–94, 1948.
- WILLMOTT, C. J. et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. Journal Geophysical Research, Ottawa, v.90, n.C5, p. 8995-9005, 1985.