



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

COMPARAÇÃO ENTRE EQUAÇÕES EMPÍRICAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM DUAS LOCALIDADES NA BIO-REGIÃO DO CARIRI, CEARÁ, BRASIL

SALES, J. C. DE¹; KLAR, A. E²; LUCENA, E. M. P. de.³ & BORGES, A. M.⁴

¹Prof. Doutorando, Curso de Recursos Hídricos / Irrigação, Faculdade de Tecnologia CENTEC – Cariri, Juazeiro do Norte – CE, CEP: 63100-000, Crato, CE. Fone: (88) 3566.4047. e-mail: julsales@fca.unesp.br.

²Prof. Doutor, Curso de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem, Universidade Estadual Paulista;

³Prof. Doutor, Curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Ceará.

⁴Profª. Mestre, Curso de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Tecnologia CENTEC – Cariri, Juazeiro do Norte – CE.

RESUMO: A evapotranspiração de referência (ET_o) é uma componente muito importante na demanda de água em dimensionamento de sistemas de irrigação. O modelo de Penman-Monteith, mais complexo do que outras equações, recomendado oficialmente pela FAO, demanda muitos elementos meteorológicos em sua solução, dificultando sua aplicação. Justifica-se o desenvolvimento de métodos indiretos de estimação com precisão aceitável, de baixo custo e que seja de fácil obtenção. Este estudo foi realizado objetivando verificar a precisão dos métodos de estimativa de ET_o proposto por: Blaney-Criddle (1950), Hargreaves-Samani, Kharrufa (1985), Makking (1957), Priestley-Taylor (1972), e Hargreaves (1974) aplicando a equação de Penman-Monteith FAO (Allen et al., 1998) como padrão na comparação das equações. Na análise dos resultados foi aplicado um estudo estatístico de análise através da regressão linear e correlação entre as variáveis dos dados. Os resultados obtidos indicam que, nos municípios de Barbalha e Juazeiro do Norte, os métodos de Blaney-Criddle e Makking podem ser indicados para o cálculo da evapotranspiração de referência.

Palavras chave: perda de água, modelo, estimação.

OPTICAL COMPARISON OF EMPIRICAL EQUATION FOR ESTIMATION POTENCIAL EVAPOTRANSPIRATION IN TWO LOCALITIES IN BIO-REGION OF CARIRI, CEARA, BRAZIL

ABSTRACT: The reference evapotranspiration (ET_o) is one very important component in the water demand in sizing of irrigation systems. The model of Penman-Monteith, more complex than other equations, recommended officially by FAO, demand many meteorological elements in its solution, making it difficult its application. The development of indirect methods of esteem with acceptable precision is justified, of low cost and that and easy attainment. The purpose of this study was to evaluate the precision of the methods for estimating ET_o considered by Blaney-Criddle (1950), Hargreaves-Samani, Kharrufa (1985), Makking (1957), Priestley-Taylor (1972), e Hargreaves (1974),

being applied the equation of Penman-Monteith as standard in the comparison of the equations. A statistical study of analysis through the linear regression was applied, correlation between the variable of the data. The gotten results indicate that, in the cities of Barbalha and Juazeiro do Norte, the methods of Blaney-Criddle e Makkink may be recommended.

Key-words: loss of water, model, estimating.

INTRODUÇÃO

Existem grandes áreas no globo terrestre que apresentam quantidades expressivas de precipitação durante uma estação, e falta de água noutra. Estas áreas apresentam suprimento relativamente abundante de água no período chuvoso e nelas podem ser produzidas mudanças nas condições hídricas dos solos no período seco, através do uso de irrigações no momento e na quantidade adequada. O Ceará tem mais de 90% de seu território encravado no semi-árido, que se caracteriza pela distribuição irregular das chuvas no espaço e no tempo, ou seja, a cada inverno chove quantidades variáveis que são diferentemente distribuídas nas várias regiões. Em um projeto de irrigação, diversas variáveis são importantes quando se deseja o uso racional da água, porém, a estimativa de consumo de água pelas culturas, assume grande destaque, na medida em que se busca maximizar a produção e minimizar os custos. Desse modo, conhecer e quantificar a evapotranspiração de referência, da forma mais precisa possível, proporcionará a possibilidade de se estimar o volume e a intensidade de água a aplicar em uma comunidade vegetal, resultando na otimização do uso dos recursos hídricos. O objetivo deste trabalho foi averiguar a acurácia de seis (06) equações empíricas: Blaney-Criddle (1950), Hargreaves-Samani, Kharrufa (1985), Makkink (1957), Priestley-Taylor (1972), e Hargreaves (1974), comparadas com a equação de Penman-Monteith, recomendadas como modelo padrão pela FAO (Allen et al., 1998). Na verificação da aplicabilidade regional dos dados, foram utilizados dados do período de 1979-1988 para a localidade Barbalha e 1978-1987 para Juazeiro do Norte, Estado do Ceará.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se uma série de dados meteorológicos do período de 1979 a 1988 para o município de Barbalha (latitude 7°19'S, longitude 39°18'W e altitude 409 m) e de 1978 a 1987 para Juazeiro do Norte (latitude 7°21'S, longitude 39°16'W e altitude 377 m), ambas localizadas na Bio-região do Cariri-região localizada no sul do Estado do Ceará. Os dados meteorológicos de temperatura, umidade relativa, insolação e velocidade do ar foram obtidos no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará. A equação de Penman-Monteith para calcular a evapotranspiração de referência pode ser expressa pela equação (1). Esses cálculos seguem o procedimento recomendado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) (Allen et al., 1998). O método de Penman-Monteith é uma equação complexa que requer temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, insolação e dado da velocidade do vento. Então, a equação de Penman-Monteith foi utilizada para comparar as



equações empíricas selecionada. A evapotranspiração de referência mensal foi estimada usando os métodos desenvolvidos por Blaney-Criddle (1950), Hargreaves-Samani, Kharrufa (1985), Makking (1957), Priestley-Taylor (1972), e Hargreaves (1974) e, respectivamente conforme Tabela 1. Os métodos de Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Makking e Hargreaves foram determinados usando o programa Sistema de Estimativa da Evapotranspiração - SEVAP (Departamento de Ciências Atmosféricas, do Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG), enquanto os métodos de Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani e Kharrufa foram determinados através do uso da planilha do Excell. A evapotranspiração potencial foi estimada usando varias equações empíricas e foram comparadas com a equação de Penman-Monteith. A fim de estabelecer um critério ótimo na avaliação dos dados, considerou-se o índice de ajuste do coeficiente de Pearson ou coeficientes de determinação (R^2) e o índice de correlação (R) que foram calculados através dos programas STAT e ASSISTAT respectivamente.

Tabela 1. Modelos de equações de sete métodos selecionados para estimar a evapotranspiração de referência.

Método	Approach	Equação	
Penman-Monteith - PM	Combinado	$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_0)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$	1
Blandey-Criddle - BC (1950)	Temperatura	$ET = kp (0,46T + 8,13)$	2
Hargreaves-Samani- HGS (1985)	Temperatura	$ET = aR_a TD^{1/2} (T + 17,8)$	3
Kharrufa – KF (1985)	Temperatura	$ET = 0,34pT^{1,3}$	4
Makkink – MK (1957)	Radiação	$ET = R_s (0) + (0) + 0,12$	5
Priest-Taylor- PT (1972)	Radiação	$ET = \forall W(R_n - G)/8$	6
Hargreaves - HG (1975)	Temperatura	$ET = 0,0023(T_{med} + 17,8)(T_{max} - T_{min})^{0,5} R_a$	7

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi estimar o parâmetro ótimo das equações empíricas da evapotranspiração de referência em Barbalha e Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil. Os valores de evapotranspiração de referência (ET_0) foram estimados através da equações (2), (3), (4), (5), (6) e (7), respectivamente conforme Tabela 1, em que foram comparados com a equação de Penman-Monteith (equação 1). Visualiza-se nas Figuras 1 e 2 a variação mensal das médias de evapotranspiração de referência, onde se verifica que para os município de Barbalha os modelos de MK, PT e HG superestimam PM em todo o período, enquanto HGS superestima nos cinco primeiros meses do ano, subestima em junho, julho e agosto e volta a superestimar no restante

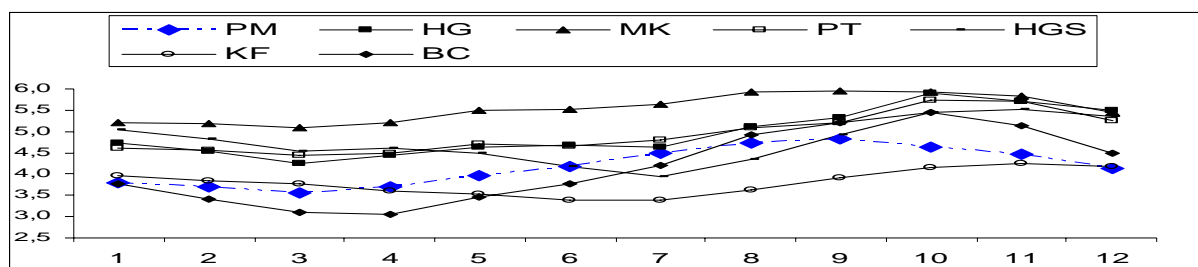


Figura 1. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência para a localidade de Barbalha, período de 1979-1988 (a linha tracejada indica o método FAO Penman-Monteith).

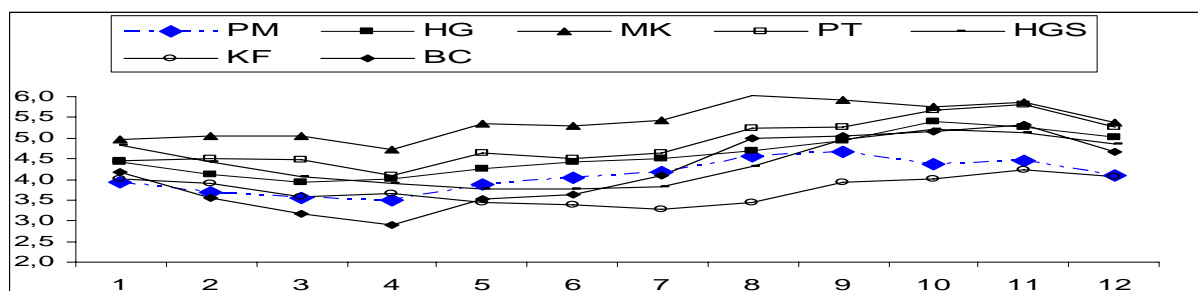


Figura 2. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência para a localidade de Juazeiro do Norte, período de 1978-1987 (a linha tracejada indica o método FAO Penman-Monteith).

do período. O modelo de KF superestima nos três primeiros meses, subestima de maio a novembro e volta a superestimar em dezembro. Observa-se que BC subestima PM nos sete primeiros meses do ano, e superestima nos demais meses do período. Para o município de Juazeiro do Norte, observa-se o mesmo comportamento apresentado em Barbalha para MK, PT e HG, enquanto HGS superestima nos quatro primeiros meses do ano, subestima em maio, junho, julho e agosto e volta a superestimar no restante do período. O modelo de KF superestima nos quatro primeiros meses, e subestima o restante do ano. Observa-se que BC superestima PM em janeiro, subestima de fevereiro a julho, e superestima o restante do ano. Os valores da evapotranspiração de referência obtidos das seis (6) equações empíricas tiveram seus valores recalibrados através de critérios de métodos estatísticos, onde foram comparados com a equação de Penman-Monteith. A comparação dos valores da evapotranspiração de referência das equações utilizadas neste estudo indica que os modelos de Hargreaves-Samani e Kharrufa não devem ser recomendados para serem utilizados no cálculo da evapotranspiração de referência nestas localidades. Os resultados dos coeficientes de determinação (R^2) dos modelos de Priestley-Taylor e Hargreaves não apresentaram bons resultados, enquanto o coeficiente correlação (R); apresentou um melhor ajuste. Já os resultados obtidos com os modelos de Blaney-Criddle e Makkink, mostraram um ótimo desempenho tanto em relação à regressão quanto à correlação (Tabela 2).



Tabela 2. Valores dos parâmetros estatísticos dos seis métodos selecionados.

Método	Barbalha		Juazeiro do Norte	
	R ²	R	R ²	R
Blandey-Criddle - BC	0,8243	0,91	0,8593	0,93
Hargreaves-Samani - HGS	ns	ns	ns	ns
Kharrufa - KF	ns	ns	ns	ns
Makkink – MK	0,9555	0,98	0,9006	0,95
Priest-Taylor – PT	0,5616	0,75	0,6778	0,82
Hargreaves - HG	0,5132	0,72	0,6900	0,83

CONCLUSÕES

De acordo com os dados utilizados e com as condições consideradas, o presente estudo permitiu comparar o resultado de seis (6) diferentes modelos utilizadas para estimar a evapotranspiração de referência com o modelo de Penman-Monteith, nos municípios de Barbalha e Juazeiro do Norte na Bio-região do Cariri, Estado do Ceará, Brasil. Dois critérios estatísticos foram aplicados para testar o melhor modelo que poderia ser utilizado nestas localidades. Com relação aos modelos utilizados, recomendamos estimar a evapotranspiração potencial quando os parâmetros originais forem ajustados. O estudo comparativo dos modelos também mostrou que as equações de Hargreaves-Samani e Kharrufa não devem ser utilizados para o cálculo da evapotranspiração de referência nestas localidades. Os coeficientes de determinação (R^2) dos modelos de Priestley-Taylor e Hargreaves não foram bons, enquanto os coeficientes correlação (R) apresentaram um melhor resultado. Os resultados dos modelos de Blandey-Criddle e Makkink mostraram um ótimo desempenho tanto em relação à regressão quanto à correlação, podendo ser indicados para estimar a evapotranspiração de referência nestas localidades do Estado do Ceará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BLANEY, H.F.; CRIDDLE, W.O. **Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data**. Washington: USDA Soil Conservation Service, 1950. 48p. Technical Paper n.96.
- HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z. **Reference crop evapotranspiration from temperature**. Journal of Applied Engineering in Agriculture, St Joseph, v.1, n.2, p.96-99, 1985.
- KHARUFA, N.S. **Simplified equation for evapotranspiration in arid regions**. Beiträge zur Hydrologie, Kirchzarten, Sonderheft 5.1, p.3947, 1985.