

# **AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO AGRESTE MERIDIONAL PERNAMBUCANO<sup>1</sup>**

J. C. F. BORGES JÚNIOR<sup>2</sup>, R. J. ANJOS<sup>3</sup>, G. C. SOUZA JÚNIOR<sup>4</sup>, K. A. NOTARO<sup>4</sup>

**RESUMO:** Nos métodos mais difundidos para estabelecer o manejo de irrigação, requer-se a determinação da evapotranspiração de referência, ETo. Quando base mais ampla de dados meteorológicos não for disponível, é necessário o emprego de métodos com menor requerimento de dados de entrada para determinação da ETo. Objetivou-se neste trabalho avaliar o desempenho dos métodos FAO 24 Penman, FAO 24 Radiação, Priestley-Taylor, FAO 24 Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani, quando comparados ao método padrão FAO Penman-Monteith. Utilizou-se uma série histórica de 19 anos de dados meteorológicos, em base diária. Para cada ano calculou-se os parâmetros erro padrão de estimativa, SEE, e coeficiente de correlação, R. O método de melhor desempenho, considerando o SEE, foi o FAO 24 Blaney-Criddle. Com esta constatação, aliada à simplicidade e baixo requerimento de dados de entrada, sugere-se o método FAO 24 Blaney-Criddle para utilização na região do Agreste Meridional Pernambucano quando base mais ampla de dados não for disponível.

**PALAVRAS-CHAVE:** requerimento de irrigação, agricultura irrigada, manejo de irrigação.

## **EVALUATION OF METHODS TO ESTIMATE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN SOUTHERN AGRESTE PERNAMBUCANO**

**SUMMARY:** In the more spread methods to establish the irrigation management, the determination of the reference evapotranspiration, ETo is required. When wide meteorological data base is not available, it is necessary the use of methods, for ETo determination, with smaller requirement of input data. It was aimed at this study to evaluate the performance of the methods FAO 24 Penman, FAO 24 Radiação, Priestley-Taylor, FAO 24 Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani, in comparison to the standard method FAO Penman-Monteith. A historical series of 19 years of meteorological data, on daily basis, was used. For each year it was calculated the parameters standard errors of estimate, SEE, and correlation coefficient, R.

---

<sup>1</sup> Apoio financeiro: MCT/CNPq

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Garanhuns, UFRPE, Av. Bom Pastor, s/n, Bairro Boa Vista, CEP 55292-901, Garanhuns, PE. Fone (87) 37610882. e-mail: jcborges@uag.ufrpe.br

<sup>3</sup> Chefe do 3º Distrito de Meteorologia, INMET, Recife, PE

<sup>4</sup> Estudante de graduação em Agronomia, Unidade Acadêmica de Garanhuns, UFRPE

On base on SEE, the method of best performance was FAO 24 Blaney-Criddle. With this verification, allied to the simplicity and lower input data requirement, it is suggested the FAO 24 Blaney-Criddle for application in the area of the Southern Agreste Pernambucano when wider data base is not available.

**KEYWORDS:** irrigation requirement, irrigated agriculture, irrigation management.

## INTRODUÇÃO

Frente aos benefícios sócio-econômicos proporcionados pela agricultura irrigada, se contrapõem impactos, dentre estes, o consumo expressivo de recursos hídricos nesta atividade. Nas várias regiões hidrográficas brasileiras, exceto as do Atlântico Nordeste Ocidental e do Paraguai, há um predomínio da demanda de água na irrigação em relação aos demais usos (PNRH, 2006). O alto requerimento hídrico na agricultura irrigada, além da possibilidade também de impactos de ordem qualitativa, indicam a relevância de práticas racionais de manejo de irrigação, que devem ser aliadas a adequação do planejamento e sistemas.

Nos métodos mais difundidos para estabelecer o manejo de irrigação, requer-se a determinação da evapotranspiração de referência,  $ETo$ , definida como evapotranspiração de uma cultura hipotética que cobre todo o solo, em crescimento ativo, sem restrição hídrica ou nutricional, com altura média de 0,12 m, resistência da superfície de  $70 \text{ s m}^{-1}$  e albedo de 0,23 (BERNARDO et al., 2005; ALLEN et al., 1998).

Dentre os métodos indiretos para determinação da  $ETo$ , diversas equações, baseadas em dados meteorológicos, foram desenvolvidas. A complexidade de aplicação dessas equações é variada, conforme o requerimento de dados e cálculos envolvidos. Os métodos baseados em equações podem ser classificados como aqueles que requerem dados combinados (ex.: Penman-Monteith e FAO 24 Penman), de radiação (ex.: FAO 24 Radiação e Priestley-Taylor) e de temperatura (ex.: FAO 24 Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani). É vasta a bibliografia sobre estes métodos, citando-se DOORENBOS & PRUITT (1977), JENSEN et al. (1990), SEDIYAMA (1996), CAMARGO & SENTELHAS (1997), ALLEN et al. (1998), BERNARDO et al. (2005), BORGES & MEDIONDO (2007), dentre outras.

O método de Penman-Monteith combina parâmetros que governam o balanço de energia e correspondente fluxo de calor latente (evapotranspiração) a partir de uma superfície com vegetação uniforme. Pode ser utilizado para cálculo direto de evapotranspiração de qualquer cultura, conhecendo-se as resistências de superfície e aerodinâmicas. Por outro lado,

o método FAO Penman-Monteith foi desenvolvido a partir da utilização, no método Penman-Monteith, do conceito de cultura hipotética, acima mencionado. O método FAO Penman-Monteith é considerado padrão, sendo recomendado pela FAO (ALLEN et al., 1998).

Para fins de determinação de manejo de irrigação em áreas distantes de estações que disponibilizem base mais ampla de dados meteorológicos, é necessário o emprego de métodos mais simples, com menor requerimento de dados de entrada. Deve-se observar, contudo, que o desempenho dos vários métodos na determinação da evapotranspiração de referência depende das condições climáticas locais (JENSEN et al., 1990). Objetivou-se neste trabalho avaliar o desempenho dos métodos FAO 24 Penman, FAO 24 Radiação, Priestley-Taylor, FAO 24 Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani, quando comparados ao método padrão FAO Penman-Monteith, na microrregião de Garanhuns, PE.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A microrregião de Garanhuns, localizada ao sul da mesorregião do Agreste Pernambucano, abrange a parte alta da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, circunscrita na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental e limítrofe à Região Hidrográfica do São Francisco. O clima é tropical chuvoso com verão seco, sendo, predominantemente na área, do tipo As', segundo a classificação de Koeppen. A estação chuvosa se adianta para o outono e adentra o inverno e início da primavera. Ocorrem de 4 a 5 meses secos. As precipitações pluviométricas anuais médias são da ordem de 750 a 1250 mm. A média anual de evaporação é de 1072,2 mm. No mês mais frio registram-se temperaturas inferiores a 18° C.

Foram empregados dados meteorológicos em base diária, obtidos de uma estação meteorológica convencional do INMET (3° Distrito de Meteorologia), localizada no município de Garanhuns, na latitude 8° 53' Sul, longitude 36° 31' Oeste e altitude de 822,76 m. Os dados considerados foram temperaturas máxima, média e mínima, insolação (horas por dia), velocidade do vento, umidade relativa do ar e precipitação. A série histórica utilizada abrangeu os anos de 1986 a 2007. Foi realizada uma análise de consistência simples, procurando identificar valores discrepantes de dados climáticos e descartando os mesmos quando encontrados. Em planilha eletrônica, identificou-se esporádicas inconsistências em valores temperaturas máximas, médias e mínimas, o que pode ocorrer, por exemplo, no procedimento de preenchimento manual de planilhas nas estações convencionais ou durante a digitalização dos dados. Devido a grandes seqüências de falhas de dados de alguns elementos, foram descartados os anos de 1990 a 1992.

Calculou-se, a partir dos dados meteorológicos, a evapotranspiração de referência pelos métodos FAO Penman-Monteith, FAO 24 Penman, FAO 24 Radiação, Priestley-Taylor, FAO 24 Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani, utilizando-se o programa REF-ET versão 2.0 para Windows (ALLEN, 2001). Neste programa, procedimentos estão implementados para tratamento de eventuais falha de dados de entrada.

Para cada ano da série histórica de dados, calculou-se os parâmetros erro padrão de estimativa e coeficiente de correlação. Conforme JENSEN et al. (1990), o erro padrão de estimativa foi calculado por meio da equação:

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-1}} \quad (1)$$

em que,

SEE - erro padrão de estimativa, mm/dia

$Y_i$  - evapotranspiração diária calculada por algum dos métodos avaliados, mm/dia

$\hat{Y}_i$  - evapotranspiração diária calculada pelo método padrão FAO Penman-Monteith, mm/dia

O erro padrão de estimativa, SEE, foi aplicado visando obter-se indicação da proximidade dos valores obtidos com cada método de estimativa da ETo em relação àqueles obtidos com o método padrão FAO Penman-Monteith (exatidão). O coeficiente de correlação, R, foi empregado visando medir o grau de relação entre os resultados obtidos com cada método em comparação ao método padrão (precisão). Tanto SEE quanto R foram contabilizados separadamente para cada ano da série considerada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o erro padrão de estimativa, SEE, e coeficiente de correlação, R, são apresentados na Tabela 1. Com base nos valores de SEE verificados nesta tabela (soma de SEE para todos os anos), os métodos foram classificados quanto ao desempenho em relação à exatidão, do melhor para o pior, na seguinte ordem: FAO 24 Blaney-Criddle, FAO 24 Penman, Hargreaves-Samani, Priestley-Taylor, FAO 24 Radiação. Observa-se na Tabela 1, que, em todos os anos, menores valores de SEE foram obtidos para o método FAO 24 Blaney-Criddle, superando inclusive o método combinado FAO 24 Penman. Na comparação entre estes dois métodos, JENSEN et al. (1990) verificaram desempenho superior do método FAO 24 Blaney-Criddle em relação ao método FAO 24 Penman para regiões úmidas. Resultado inverso foi obtido para regiões áridas.

Para o método Hargreaves-Samani obteve-se o segundo menor SEE em nove dos dezenove anos da série, sendo, por outro lado, aquele que gerou maior variabilidade nos valores de SEE calculados anualmente. Em dezessete anos da série de dados considerada, o método FAO 24 Radiação apresentou maior SEE, tendo, segundo este parâmetro, o pior desempenho dentre os métodos avaliados. ALLEN et al. (1998) comentam que os métodos baseados em dados de radiação apresentam bons resultados em climas úmidos, onde o termo aerodinâmico é relativamente menos relevante, mas a performance em condições áridas é errática. Assim, o pior desempenho do método FAO Radiação 24 pode ser resultante dos longos períodos de estiagem na região, normalmente em torno de cinco meses por ano.

Tabela 1. Resultados obtidos para erro padrão de estimativa, SEE, e coeficiente de correlação, R, entre os métodos avaliados e o método FAO Penman-Monteith

Ano	SEE					R				
	FAO 24 Pen <sup>(1)</sup>	FAO 24 Rad <sup>(2)</sup>	FAO 24 B-C <sup>(3)</sup>	H-S <sup>(4)</sup>	P-T <sup>(5)</sup>	FAO 24 Pen <sup>(1)</sup>	FAO 24 Rad <sup>(2)</sup>	FAO 24 B-C <sup>(3)</sup>	H-S <sup>(4)</sup>	P-T <sup>(5)</sup>
1986	0,55	0,81	0,23	0,75	0,72	0,98	0,96	0,98	0,84	0,93
1987	0,59	0,73	0,23	1,11	0,50	0,99	0,97	0,99	0,82	0,94
1988	0,58	0,84	0,22	0,75	0,73	0,98	0,97	0,98	0,89	0,93
1989	0,84	0,86	0,27	0,64	0,71	0,96	0,95	0,98	0,90	0,89
1993	0,81	0,96	0,20	0,63	0,70	0,98	0,97	0,99	0,85	0,93
1994	0,59	0,85	0,26	0,63	0,73	0,99	0,96	0,98	0,86	0,91
1995	0,62	0,83	0,28	0,69	0,69	0,99	0,97	0,98	0,87	0,92
1996	0,70	0,86	0,30	0,67	0,72	0,99	0,97	0,98	0,87	0,93
1997	0,66	0,83	0,30	0,64	0,72	0,98	0,97	0,98	0,88	0,90
1998	0,68	0,85	0,33	0,77	0,71	0,97	0,97	0,97	0,78	0,89
1999	0,68	0,82	0,33	0,62	0,70	0,98	0,96	0,98	0,84	0,93
2000	0,69	1,06	0,36	1,18	1,13	0,95	0,98	0,94	0,67	0,97
2001	0,53	0,92	0,26	0,66	0,88	0,99	0,97	0,97	0,85	0,93
2002	0,62	0,79	0,30	0,74	0,75	0,99	0,98	0,98	0,84	0,95
2003	0,66	0,79	0,33	0,61	0,64	0,99	0,98	0,97	0,89	0,95
2004	0,55	0,67	0,32	0,71	0,65	0,99	0,98	0,98	0,85	0,94
2005	0,60	0,74	0,32	0,63	0,66	0,99	0,98	0,98	0,89	0,93
2006	0,65	0,77	0,30	0,62	0,72	0,97	0,98	0,98	0,90	0,94
2007	0,62	0,72	0,36	0,55	0,71	0,99	0,98	0,98	0,90	0,96

(1) FAO 24 Penman; (2) FAO 24 Radiação; (3) FAO 24 Blaney-Criddle; (4) Hargreaves-Samani; (5) Priestley-Taylor.

Observa-se na Tabela 1 que, com base no coeficiente de correlação, os métodos apresentaram a seguinte classificação quanto à precisão: FAO 24 Penman, FAO 24 Blaney-Criddle, FAO 24 Radiação, Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani. Para os três primeiros métodos obteve-se, em todos os anos, valores de R superiores a 0,94. O menor valor obtido para o método de Priestley-Taylor foi 0,89. O método de Hargreaves-Samani foi aquele que

apresentou menor relação (precisão) em relação ao método FAO Penman-Monteith, tendo-se verificado um valor mínimo de R igual a 0,67, indicando a necessidade de calibração local, conforme comentado por ALLEN et al. (1998).

## **CONCLUSÕES**

O método avaliado de melhor desempenho, considerando o erro padrão de estimativa, foi o FAO 24 Blaney-Criddle, seguido pelo método FAO 24 Penman. Altas correlações com o método padrão FAO Penman-Monteith foram verificadas para os métodos FAO 24 Penman, FAO 24 Blaney-Criddle e FAO 24 Radiação. Verificou-se baixa correlação entre o método Hargreaves-Samani e o método padrão. Dada a simplicidade e baixo requerimento de dados de entrada do método FAO 24 Blaney-Criddle, sugere-se o mesmo para utilização na região do Agreste Meridional Pernambucano quando base mais ampla de dados não for disponível.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements (Paper 56). Rome: FAO, 1998. 300p.
- ALLEN, R.G. REF-ET: Reference evapotranspiration calculation software for FAO and ASCE standardized equations. Moscow: University of Idaho, 2001. 76p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. Manual de irrigação. 7.ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 611p.
- BORGES, A.C.; MEDIONDO, E.M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.11, n.3, p.293–300, 2007.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do 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.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Crop water requirements (Paper 24, rev.). Rome: FAO, 1977. 144 p.
- JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; E ALLEN, R.G. Evapotranspiration and irrigation water requirements. New York: ASCE, 1990. 332p.
- PNRH - Plano Nacional de Recursos Hídricos. Síntese Executiva - português / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 135p.
- SEDIYAMA, G.C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.4, n.1, p.1-11, 1996.