



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.5, n°. 1, p.37–47, 2011  
 ISSN 1982-7679 (On-line)  
 Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br/rbai>  
 Protocolo 038 09 – 18/08/2010 Aprovado em 03/03/2011

## ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE AREIA, PARAÍBA

Doroteu Honório Guedes Filho<sup>1</sup>; José Amilton Santos Júnior<sup>2</sup>; José Ferreira da Costa Filho<sup>3</sup>; Paulo Roberto Megna Francisco<sup>4</sup>; Vinícius Batista Campos<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola DEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, Brasil. E-mail: doroteufilho@hotmail.com.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrícola, Técnico do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCT e Doutorando em Engenharia Agrícola, DEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande-PB. E-mail: eng.amiltonjr@hotmail.com

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor DSER/CCA/UFPB-Campus II, Areia-PB. E-mail: costafi@cca.ufpb.br.

<sup>4</sup>Tecnólogo Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, DEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande-PB. E-mail: paulomegna@ig.com.br.

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor M.Sc. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari. E-mail: vinicius.campos@ifap.edu.br.

### RESUMO

Uma das maneiras de se calcular a lâmina de reposição hídrica a ser aplicada às plantas através da irrigação, utiliza o valor estimado da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ). Para tal estimativa são utilizados vários modelos que visam à redução da margem de erros e a conseqüente economia de água e energia durante o processo produtivo, sendo estes valores, uma informação fundamental para os cálculos de irrigação. Deste modo, o presente trabalho se propôs a estimar a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) para a cidade de Areia/PB, através dos métodos propostos por Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor, e comparar os resultados obtidos com o valor estimado através do modelo proposto por Penman-Monteith, considerado padrão pela FAO. A coleta dos dados foi realizada no Laboratório de Meteorologia e Climatologia do DSER/CCA/UFPB, Areia - PB, utilizando uma estação meteorológica; as variáveis analisadas foram: umidade relativa do ar, temperaturas máxima e mínima do ar, insolação e velocidade do vento. Estes dados foram coletados diariamente no período compreendido entre 1998 a 2007, sendo tais valores submetidos ao software Reference Evapotranspiration Calculation (REF-ET) e as médias mensais calculadas para determinação das estimativas da evapotranspiração. Concluiu-se que o modelo de Priestley-Taylor apresentou uma boa correlação com o modelo padrão de Penman-Monteith, com um  $R^2$  igual a 0,980 e o modelo de Blaney-Criddle apresentou o pior desempenho entre os modelos estudados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Irrigação, dados meteorológicos, programa REF-ET.

### ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION FOR THE CITY OF AREIA, PARAÍBA STATE, BRAZIL

### ABSTRACT

## ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE AREIA, PARAÍBA

One way to calculate the depth of fluid to be applied to plants through irrigation, using the estimated value of the reference evapotranspiration ( $ET_0$ ). For such an estimate is used several models aimed at reducing the scope for errors and consequent saving water and energy during production process, and these values, fundamental information for the calculation of irrigation. Thus, this study aimed to estimate the reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) for the Areia County, Paraíba State, Brazil, via the methods proposed by Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle and Priestley-Taylor, and compare the results with the value estimated by the model proposed by Penman-Monteith, considered by FAO. Data collection was performed at the Laboratory of Meteorology and Climatology of DSER/CCA/UFPB, Areia, PB, used a weather station, the variables were: relative humidity, maximum and minimum temperatures of air, sunlight and wind speed. These data were collected daily during the period from 1998 to 2007, such values being submitted to the Reference Evapotranspiration Calculation Software (REF-ET) and the monthly averages calculated for determining estimates of evapotranspiration. It was concluded that the model of Priestley-Taylor showed good correlation with the standard Penman-Monteith, with an  $R^2$  equal to 0,980 and Blaney-Criddle model showed the worst performance among the models studied.

**KEY WORDS:** Irrigation, meteorological data, program REF-ET.

### INTRODUÇÃO

Uma das grandes dificuldades dos produtores encontra-se no manejo da irrigação, já que, na maioria dos casos, a água é aplicada sem nenhum critério de monitoramento, resultando no uso inadequado dos recursos hídricos. Vários são os procedimentos que podem ser utilizados como critério para o manejo da água de irrigação, em que teoricamente, o melhor critério seria aquele que considera o maior número de fatores que determinam a transferência de água no sistema solo-planta-atmosfera (ROCHA et al., 2003).

De acordo com Silva et al. (2005) o conhecimento do consumo hídrico das culturas, obtido com base na estimativa da evapotranspiração da cultura, constitui-se numa informação preciosa no manejo da água, principalmente no momento em que ocorre forte conscientização popular do uso racional dos recursos hídricos, que para Santos Júnior (2009) diz respeito as mais diversas atividades antrópicas e por isso possui caráter interdisciplinar. Pensar o uso da água significa identificar a oferta deste recurso, e então delimitar as prioridades e formas do seu uso e aplicação, garantindo a quantidade e qualidade deste bem na “devolução à natureza”, possibilitando a manutenção do seu ciclo e,

consequentemente, a conservação da sua oferta.

Vescove et al. (2005) afirmam que para determinar o quanto de água está sendo perdido por evapotranspiração, é necessária a utilização de métodos que permitam estimar essas perdas que serão repostas via água de irrigação, caso as chuvas não sejam suficientes. Na ausência de equipamentos de medidas de evapotranspiração da cultura, os pesquisadores, muitas vezes, lançam mão de estimativas baseadas na evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e no coeficiente de cultura ( $K_c$ ). A  $ET_0$  se refere a uma cultura hipotética (similar a um gramado), mantida sob condições ideais de crescimento, podendo ser determinada por equações, desde as mais simples, como as baseadas na temperatura, (Thorntwaite, 1948; Hargreaves et al., 1985), até as mais complexas, que envolvem o balanço de energia ao nível das plantas, como o método de Penman-Monteith (Monteith, 1965).

Segundo Xu et al. (2001; 2002), as várias formas de estimativa de evapotranspiração de referência podem ser divididas em cinco categorias: (a) balanço hídrico, (b) transferência de massa, (c) métodos combinados, (d) radiação e (e) baseados em temperatura. No entanto, Borges et al. (2007) afirmam que a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) recomenda o uso do método de

## ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE AREIA, PARAÍBA

Penman- Monteith para a estimativa de evapotranspiração, porém para Conceição (2002) as estações agrometeorológicas, nem sempre são suficientemente equipadas para coletar os dados necessários para executar este modelo e por esta razão, outros métodos são normalmente utilizados para determinar a ETo. Algumas localidades da região nordeste possuem estudos nessa área a exemplo do riacho de Gameleira, PE (Oliveira et al., 2008), Mossoró, RN (Cavalcante Júnior et al., 2010), norte da Bahia (Oliveira et al., 2010) e Fortaleza, CE (Almeida et al., 2010), entretanto, são incipientes as pesquisas para a região de Areia, Paraíba.

Portanto, o presente trabalho se propôs estimar a evapotranspiração de referência (ETo) para a região de Areia/PB, através dos modelos de Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, e Priestley-Taylor, e comparar os valores obtidos com o valor estimado pelo modelo de Penman-Monteith.

### MATERIAL E MÉTODOS

As atividades experimentais foram desenvolvidas na estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias – CCA da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II -Areia/PB no período compreendido entre 1998 e 2007.

Areia é um município brasileiro do estado da Paraíba, que faz parte da mesorregião do agreste paraibano, na microrregião do Brejo Paraibano. De acordo com dados do IBGE (2007) sua população é estimada em 24.992 habitantes; sua área territorial é de 269 km<sup>2</sup>;

O modelo desenvolvido por Blaney e Criddle (1950), baseado na temperatura média mensal do ar e de horas de sol, permite estimar a quantidade de água necessária para

o clima na região, pela classificação de Köppen, é do tipo As' (quente e úmido), com estação chuvosa no período outono-inverno, sendo as maiores precipitações nos meses de junho e julho (BRASIL, 1972). A temperatura média anual é de 24°C, com uma umidade relativa média em torno de 80% e precipitação média anual de 1400 mm.

Para a análise dos dados, utilizou-se o software REF-ET (ALLEN, 2000); o critério utilizado para a esta escolha foi à precisão na obtenção dos valores da evapotranspiração de referência (ETo) utilizando-se quinze dos mais comuns métodos de determinação, incluindo os modelos de Penman-Monteith, Hargreaves e Samani, Blaney e Criddle e, Priestley e Taylor. Outro critério analisado foi à compatibilidade dos resultados estimados por este programa computacional com a estimativa padrão das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), ou seja, o software REF ET (ALLEN, 2000) apresenta resultados com uma margem de erro aceitável.

As variáveis estudadas as quais foram utilizadas para alimentar os modelos estudados, foram: temperaturas máxima e mínima do ar, a umidade relativa, a velocidade do vento e insolação. Foram gerados médias mensais e anuais de cada ano, visando à comparação dos resultados entre os modelos utilizados e o modelo de Penman-Monteith, tido pela FAO como padrão.

Os modelos utilizados para a determinação da evapotranspiração de Referência (ETo) foram os seguintes:

irrigação de determinados cultivos, conceito que os cientistas denominam como uso consuntivo (U) (Martim 1983), o qual é determinado através da seguinte equação:

$$U = K \times P \times (0,457 \times T_m + 8,13) \quad (1)$$

Em que:

$U$  = uso consuntivo, expresso em mm/mês;

$K$  = coeficiente empírico, adimensional;

$P$  = porcentagem mensal de horas de luz em relação ao ano;

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE AREIA,  
PARAÍBA**

$T_m$  = temperatura média do ar, expressa em °C.

O coeficiente  $K$  é específico para cada cultivo e depende, entre outros fatores, do estágio fenológico da cultura. Este modelo pode ser aplicado a períodos mensais e apresentam bons resultados para regiões com clima semi-árido, condições nas quais foi desenvolvido. Com o ajuste fornecido pelo coeficiente  $K$  é possível aplicar o modelo Blaney e Criddle (1950) para outras áreas (García e González, 1964).

A proposta de Hargreaves e Samani (1985) incorpora, além das temperaturas mínima, média e máxima do ar, a radiação solar recebida em uma superfície horizontal na parte externa da atmosfera. O fator de radiação considerado é função da latitude e do período do ano. A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) pode ser obtida conforme a seguinte equação:

$$ET_0 = 0,0023(T_{med} + 17,8)(T_x - T_i)^{0,5}R_a \quad (2)$$

Em que:

$T_{med}$ ,  $T_x$  e  $T_i$  em °C = representam, respectivamente, as temperaturas média, máxima e mínima;

$R_a$  = é a radiação solar no topo da atmosfera ( $mm\ dia^{-1}$ ).

Os resultados obtidos, através deste método, são considerados aceitáveis quando comparados com outras técnicas de estimativa da evapotranspiração a partir da temperatura do ar (McKenney e Rosenberg, 1993).

A equação de estimativa de evapotranspiração de cultivo de referência, proposta por Penman (1948), foi adotada e modificada por Monteith em 1965 segundo Monteith e Unsworth (1990). A modificação

consiste na introdução de características da vegetação através dos conceitos de resistência da vegetação e a resistência aerodinâmica. Este novo modelo recebeu o nome de Penman-Monteith e tem sido um dos modelos mais confiáveis para estimativas diárias e mensais de cultivos de referência (Jensen et al., 1990). A evapotranspiração de referência pode ser obtida através da seguinte equação:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \left(\frac{900U_2}{T + 237}\right)(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (3)$$

Em que:

$ET_0$  = é a evapotranspiração de referência diária (mm);

$Rn$  = é o saldo diário de radiação ( $MJ\ m^{-2}$ );

$G$  = é o fluxo de calor no solo diário ( $MJ\ m^{-2}$ );

$T$  = é a temperatura média diária do ar (°C);

$U_2$  = é a velocidade do vento média diária a 2 m de altura ( $m\ s^{-1}$ );

$e_s$  = é a pressão da saturação do vapor média diária (kPa);

$e_a$  = é a pressão atual de vapor média diária (kPa);

$\Delta$  = é a declividade da curva de pressão de vapor no ponto de  $T_{med}$  ( $kPa\ ^\circ C^{-1}$ );

$\gamma$  = é a constante psicrométrica ( $kPa\ ^\circ C^{-1}$ ).

A equação de Priestley et al. (1972) é uma simplificação da equação de Penman (1948), onde é abordado somente o termo adiabático. Esse termo é multiplicado por um coeficiente ( $\alpha$ ), que representa em termos percentuais a contribuição média do termo aerodinâmico da equação de Penman. Utilizando a

$$ET_0 = \alpha W (R_n - G) / \lambda \quad (4)$$

Em que:

$ET_0$  = é a evapotranspiração de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ );

$R_n$  = é o saldo de radiação ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ );

$G$  = é fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ );

$\lambda$  = calor latente de evaporação ( $2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$ );

$W$  = é um fator de ponderação =  $\Delta / (\Delta + \gamma)$ , sendo  $\Delta$  a declividade da curva de pressão de vapor, e  $\gamma$  é o coeficiente psicrométrico.

Os valores calculados através dos métodos (Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, e Priestley-Taylor) foram comparados com os obtidos através da equação de Penman - Monteith utilizando-se regressão linear,

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme é possível observar na Figura 1, houve uma boa correlação entre os modelos (Penman-Monteith e Blaney-Criddle) cujo  $R^2$  apresentou valores da ordem de 0,908, isto é, um valor bem próximo de 1, indicando a proximidade dos comportamentos. Para Bertolo (2010), uma regressão simples tenta explicar uma variável, a qual é chamada variável dependente (Y), usando a outra variável, chamada variável independente (X), ajustando uma linha reta através dos pontos de tal modo que minimiza a soma dos desvios quadrados dos pontos da linha. O  $R^2$  da regressão mede a proporção da

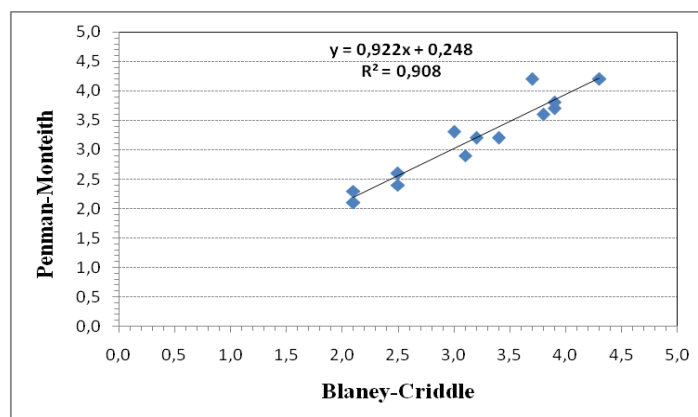
radiação líquida, Priestley et al. (1972), propõem a incorporação do déficit de pressão de vapor para a estimativa da ETP. Este modelo, segundo Sánches (1999), proporciona estimativas diárias e apresenta bons resultados para regiões de clima úmido. A equação é expressa por:

obtendo-se as equações lineares que descrevem o comportamento da evapotranspiração de referência para cada método estudado e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

variabilidade em Y que é explicada por X; é uma função direta da correlação entre as variáveis de modo que quanto mais próximos os valores do  $R^2$  mais forte a relação entre as duas variáveis estudadas.

Os valores calculados utilizando o modelo de Blaney-Criddle em relação ao de Penman-Monteith, apresentam, deste modo, 90,8 % de aproximação. Nota-se que até o valor de 3,2 mm há uma boa concordância entre os valores estimados pelo método e os valores do método padrão. A partir deste valor, 3,2 mm, o método de Blaney-Criddle passou a subestimar os valores da evapotranspiração de referência, quando comparados aos valores calculados através do método de Penman-Monteith.

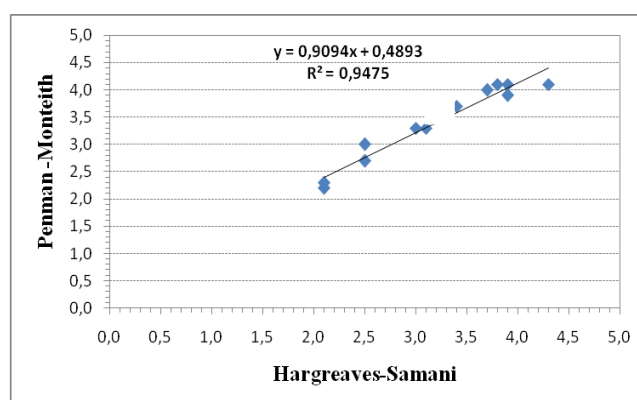
## ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE AREIA, PARAÍBA



**Figura 1.** Correlação das Estimativas da Evapotranspiração de Referência (ET), modelos de Penman-Monteith (mm) e Blaney-Criddle (mm).

Oliveira & Carvalho (1998), em seus estudos sobre a correlação entre diferentes métodos de determinação da evapotranspiração de referência e seu efeito na demanda de irrigação suplementar para o milho, nos municípios de Seropédica e Campos (RJ), na correlação entre o modelo de Penman-Monteith e Blaney-Criddle, obtiveram o valor  $R^2 = 0,70$ . Com relação aos valores calculados através do método de Hargreaves-Samani, é possível observar na Figura 2 que a correlação entre as estimativas de evapotranspiração determinadas por este

modelo e o de Penman-Monteith apresentou o valor do  $R^2$  da ordem de 0,9475, demonstrando que este método apresenta valores mais confiáveis, tendo como referência o método de Penman-Monteith, quando comparados com o método de Blaney-Criddle. No entanto, ainda é possível perceber na Figura 2 que o método de Hargreaves-Samani, assim como o de Blaney-Criddle, apresenta uma tendência de subestimar os valores da evapotranspiração quando comparados com os valores obtidos pelo método padrão da FAO.



**Figura 2.** Correlação das Estimativas da Evapotranspiração de Referência ( $ET_0$ ), modelos de Penman-Monteith (mm) e Hargreaves-Samani (mm).

Medeiros (1996) no seu estudo sobre a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) encontrou valores na escala diária não satisfatórios do modelo de Hargreaves-Samani em relação ao modelo de Penman-

Monteith, sendo o coeficiente  $R^2$  encontrado igual a 0,4651.

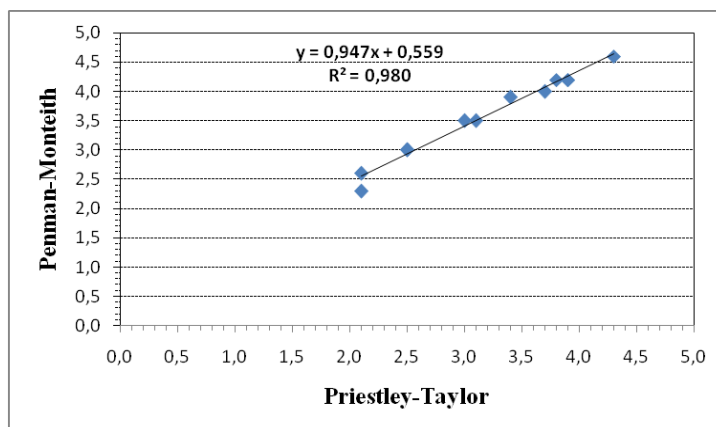
De acordo com Jensen et al. (1990), os métodos que se baseiam na temperatura do ar e na radiação, caso de Hargreaves-Samani,

### ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE AREIA, PARAÍBA

tendem a subestimar a evapotranspiração de referência em 15 a 25%, em climas úmidos, resultados similares também foram encontrados por Souza & Yoder (1994), no interior do Ceará.

No que diz respeito ao método de Priestley-Taylor a correlação entre as estimativas (Figura 3) mais uma vez tendo como base o método de Penman-Monteith, apresentou  $R^2$

= 0,980, superando em termos de qualidade os dois modelos anteriormente estudados; no entanto, também segue a mesma tendência, subestimando os valores da evapotranspiração de referência, quando comparados com os calculados através do método padrão da FAO.



**Figura 3.** Correlação das Estimativas da Evapotranspiração de Referência ( $ET_0$ ), modelos de Penman-Monteith (mm) e Priestley-Taylor (mm).

Medeiros (1996) no seu estudo sobre a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), realizado na Estação Experimental do Vale do Curu, no Centro Nacional de Pesquisa em Agroindústria Tropical, pertencente à EMBRAPA, Parnaíba, CE, correlacionou os valores da evapotranspiração referência de Penman-Monteith com os valores obtidos

por Priestley-Taylor encontrando o valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,6339.

Na Tabela 1 é apresentado o resumo da análise estatística através das correlações dos modelos de Penman-Monteith, Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor.

**Tabela 1** - Análise Estatística das Correlações entre os Modelos de Penman-Monteith, Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor.

Correlações		Coeficientes		
Y	X	Angular	Linear	$R^2$
Penman-Monteith*	Blaney-Criddle	0,922	0,248	0,908
Penman-Monteith*	Hargreaves-Samani	0,9094	0,4893	0,947
Penman-Monteith*	Priestley-Taylor	0,947	0,559	0,980

\* Modelo Padrão da FAO para Determinação da Evapotranspiração de Referência.

Em uma segunda análise dos resultados acima, torna-se salutar avaliar a correlação do comportamento da evapotranspiração de referência, dessa vez não tendo mais o

modelo de Penman-Monteith como referência, e sim uma comparação deste comportamento calculado através dos outros métodos aqui estudados (Blaney-Criddle,

## ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE AREIA, PARAÍBA

Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor) entre si.

A correlação apresentada na Figura 4 relaciona os valores obtidos a partir dos modelos propostos por Hargreaves-Samani (Y) e Priestley-Taylor (X), variável dependente e independente, respectivamente. Para este caso específico, a proporção da variabilidade em Y que é explicada por X, isto é, o  $R^2$  foi da ordem de 0,960, fato que indica proximidade entre os comportamentos.

Quando comparados os métodos de Blaney-Criddle (Y) e Priestley-Taylor (X), variável dependente e independente, respectivamente, os valores relativos ao  $R^2$  são da ordem de 0,888, indicando uma distância maior entre os comportamentos. Indica também que o

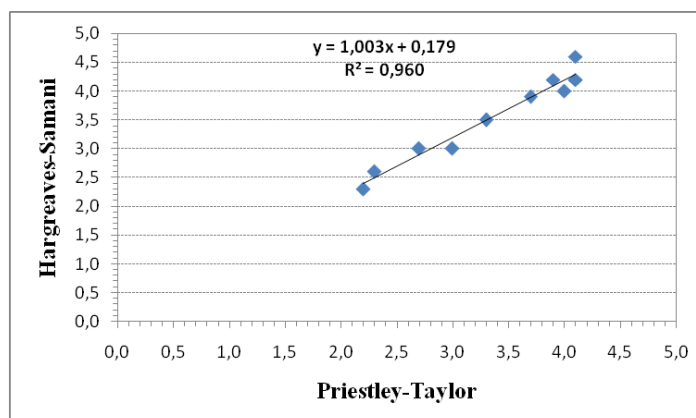
De uma maneira geral, nota-se nas Figuras 4, 5 e 6, que os modelos de Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor,

modelo proposto por Hargreaves-Samani aproxima-se mais do método de Priestley-Taylor do que o modelo de Blaney-Criddle.

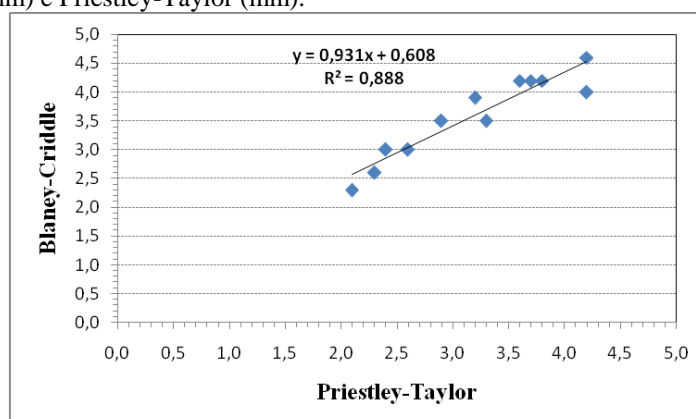
Em análise anterior, verificou-se que o método de Priestley-Taylor foi o que mais se aproximou do método proposto pela FAO, em resultados obtidos para as condições da cidade de Areia/PB, de modo que, caso fosse necessário elencar por critério qualitativo, após o método de Priestley-Taylor, viria o de Hargreaves-Samani, para esta situação de estudo.

Na Figura 6 é apresentada a correlação entre os modelos de Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani. Observou-se que o  $R^2$  foi da ordem de 0,895, também considerado satisfatório, isto é, aproximando-se do valor 0,9.

apresentam uma tendência, embora muito pequena, de subestimar os valores da evapotranspiração de referência.



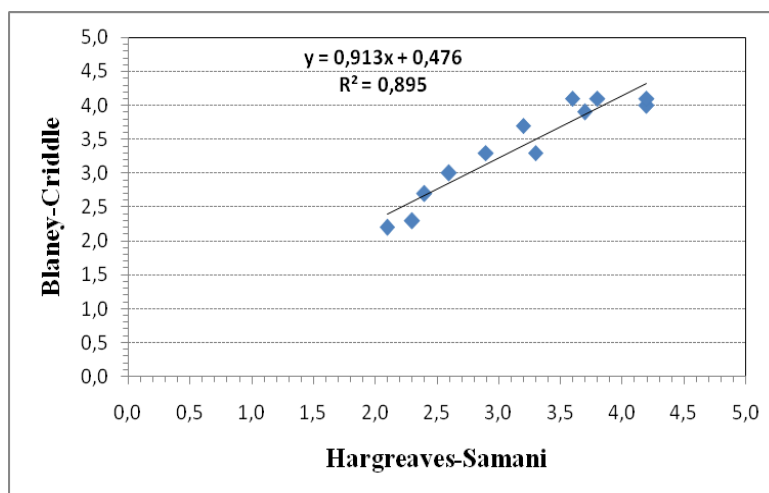
**Figura 4.** Correlação das Estimativas da Evapotranspiração de Referência ( $ET_0$ ), modelos de Hargreaves-Samani (mm) e Priestley-Taylor (mm).



**Figura 5.** Correlação das Estimativas da Evapotranspiração de Referência ( $ET_0$ ), modelos de Blaney-Criddle (mm) e Priestley-Taylor (mm).



**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE AREIA,  
PARAÍBA**



**Figura 6.** Correlação das Estimativas da Evapotranspiração de Referência ( $ET_0$ ), modelos de Blaney-Criddle (mm) e Hargreaves-Samani (mm).

Na Tabela 2 é apresentado o resumo da análise estatística através das correlações dos modelos de Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor.

**Tabela 2 -** Análise Estatística das Correlações entre os Modelos de Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor.

Correlações		Coeficientes		
y	X	Angular	Linear	R <sup>2</sup>
Hargreaves-Samani	Priestley-Taylor	1,003	0,179	0,960
Blaney-Criddle	Priestley-Taylor	0,931	0,608	0,888
Blaney-Criddle	Hargreaves-Samani	0,913	0,476	0,895

### CONCLUSÕES

Ao final das análises, concluiu-se que:

O modelo que apresentou resultados mais próximos de Penman-Monteith foi o de Priestley-Taylor, com coeficiente de determinação = 0,980;

O modelo que apresentou resultados menos satisfatórios em relação ao modelo de Penman-Monteith foi o modelo de Blaney-Criddle, apresentando o coeficiente de determinação = 0,908;

Apesar do modelo de Blaney-Criddle ter sido o modelo que apresentou resultados menos satisfatórios, todos os modelos testados apresentaram confiabilidade de correlação

com o modelo de Penman-Monteith (Padrão-FAO), apresentando coeficiente de correlação acima de 90%.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G. **REF-ET: Reference evapotranspiration calculator, version 2.1.** Logan: Utah State University, 1990. 39p.

ALMEIDA, B.M.; ARAÚJO, E.M.; CAVALCANTE JÚNIOR, E.G.; OLIVEIRA, J.B.; ARAÚJO, E.M.; NOGUEIRA, B.R.C. Comparação de métodos de estimativa da Eto na escala mensal em Fortaleza-CE. **Revista Brasileira**

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE AREIA,  
PARAÍBA

**de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, n.2, p.93-98, 2010.

BERTOLLO, L. **Manual de estatística**. Disponível em: <[http://www.bertolo.pro.br/AdminFin/StatFile/Manual\\_Estatistica.htm](http://www.bertolo.pro.br/AdminFin/StatFile/Manual_Estatistica.htm)> Acesso em 15/08/2010.

BLANEY, H. F.; CRIDDLE, W. D. **Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data**. USDA (SCS) TP - 48, 1950. 48p.

BLANEY, H. F., CRIDDLE W. D. **Determining consumptive use and irrigation water requirements**. Washington DC: US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1962. (USDA technical bulletin 1275).

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.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Divisão de Agroecologia – SUDENE. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: MA/SUDENE, 1972. 670p. (Boletim Técnico, 15).

CAVALCANTE JÚNIOR, E.G.; ALMEIDA, B.M.; OLIVEIRA, A.D.; SOBRINHO, J.E.; ARAÚJO, E.M.; VIEIRA, R.Y.M. Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, n.2, p.87-92, 2010.

CONCEIÇÃO, M.A.F. A evapotranspiração de referência com base na classe A evaporação. **Revista Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59 n.3, p. 417-420, 2002.

GARCÍA LOZANO, F., GONZÁLVES BERNÁLDEZ, F. **Métodos em uso y su empleo para el cálculo de La evapotranspiración**. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, 1964.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration temperature. **Applied Engineering Agriculture**, v.1, n.2, p.96-99, 1985.

JENSEN, M.W.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1990. 329 p. (ASCE. Manual and Reports on Engineering Practices, 70).

MCKENNEY, M.; ROSENBERG, N. Sensivity of some potential evapotranspiration estimation methods to climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.64, p.81-110, 1993.

MEDEIROS, A.T. **Estimativa da evapotranspiração de referência através do programa REF-ET, para duas localidades do Nordeste**. Fortaleza, Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. 1996. 95p.

MONTEITH, J.L. **Evaporation and environment**. In: SYMPOSIUM OF THE SOCIETY FOR EXPERIMENTAL BIOLOGY, 6, Swansea. Cambridge: Cambridge University Press, 1965, p.205-234.

MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M.H. **Principles of Environmental Physics**. Edward Arnold, London, second edition, p. 291, 1990.

OLIVEIRA, G.M.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; BISPO, R.C.; SANTOS, I.M.S.; ALMEIDA, A.C. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência na região Norte da Bahia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, n.2, p.104-109, 2010.

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE AREIA,  
PARAÍBA**

- OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; AZEVEDO, J. R. G. de; SANTOS, F. X. dos. Evapotranspiração de referência na bacia experimental do riacho Gameleira, PE, utilizando lisímetros e métodos indiretos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 1, p. 58-67, 2008.
- OLIVEIRA, M.A.A. de; CARVALHO, D.F. de. Estimativa da evapotranspiração de referência e da demanda suplementar de irrigação para o milho (*Zea mays* L.) em Seropédica e Campos, Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, 1998. p. 132-135.
- PENMAN, H. L. Neutral evaporation from open water, bare soil and Grass. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences**, v.193, p.120-146, 1948
- PRIESTLEY, C., TAYLOR, R. **On the assessment of surface heat flux and evaporation using largescale parameters**. Monthly Weather Review, 1972. p.81-92.
- ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; AZEVEDO de, H.M. Ajuste do modelo Chistiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.263-268, 2003.
- SÁNCHEZ M., M.I. **Estimación de evapotranspiración a través de datos meteorológicos e imagenes de satélite**. Tesis doctoral. Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá. 1999.
- SANTOS JÚNIOR, J. A. Uso racional da água: uma experiência interdisciplinar na comunidade rural de Urucu, Gurinhém-PB. 31p. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.
- SILVA, V.P.R.; BELO FILHO, A.F.; SILVA, B.B.; CAMPOS, J.H.B.C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p. 547-553, 2005.
- THORNTWAITE, C. W. An Approach toward a retional classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n.1, p. 55-94, 1948.
- VESCOVE, H.V.; TURCO, J.E.P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara – SP. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p. 713-721, 2005.
- XU, C. Y.; SINGH, V. P. Evaluation and generalization of temperature-based methods for calculating evaporation. **Hydrological Processes**, Chichester, v.15, n.2, p.305-319, 2001.
- XU, C. Y.; SINGH, V. P. Cross comparison of empirical equations for calculating potential evapotranspiration with data from Switzerland. **Water Resources Management**, Dordrecht, v.16, n.3, p.197-219, 2002.