

Eixo Temático ET-05-006 - Recursos Hídricos

## EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PELO MÉTODO DE HARGREAVES-SAMANI AJUSTADA MENSALMENTE PARA O MUNICÍPIO DE BARBALHA/CE

Tatiana Belo de Sousa Custodio<sup>1</sup>, Eugenio Paceli de Miranda<sup>2</sup>, Rayanne Moraes<sup>3</sup>,  
Gilbenes Bezerra Rosal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduando do curso Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, campus Iguatu-Ceará.

<sup>2</sup>Prof. Doutor IFCE, Iguatu - Ceará, Email: eu.paceli@yahoo.com.br.

<sup>3</sup>Graduandos do curso Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, campus Iguatu-Ceará.

### RESUMO

O objetivo desse estudo é fazer uma avaliação de desempenho mensal da evapotranspiração de referência diária usando o método de Hargreaves-Samani para o município de Barbalha-Ceará e parametrizar mensalmente os coeficientes da equação de Hargreaves-Samani ( $\alpha = 0,0023$  e  $\beta = 0,5$ , valores originais) para aumentar o desempenho desse método. Os dados diários da temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa máxima (URmax), umidade relativa mínima (URmin), velocidade do vento (vv) e insolação (n) foram obtidos junto ao INMET. Para avaliar desempenho do método de Hargreaves-Samani, antes e após a parametrização, foram usados o índice de concordância de Camargo e Sentelha (c), o Erro Padrão de Estimativa (EPE) e o Erro Absoluto Médio (EAM). A parametrização da equação de Hargreaves-Samani mostrou diferentes valores dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  em todos os meses e aumentou o desempenho desse método.

**Palavras-chave:** Balanço hídrico; Manejo de irrigação; Penman-Monteith.

### MONTHLY ADJUSTMENT OF THE HARGREAVES-SAMANI EQUATION FOR THE MUNICIPALITY OF BARBALHA / CE

### SUMMARY

The objective of this study is to make a monthly performance evaluation of the daily reference evapotranspiration using the Hargreaves-Samani method for the municipality of Barbalha-Ceará and parameterizing monthly the coefficients of the equation of Hargreaves-Samani ( $\alpha = 0.0023$  and  $\beta = 0.5$ , original values) to increase the performance of this method. The daily data of the maximum temperature (Tmax), minimum temperature (Tmin), maximum relative humidity (URmax), minimum relative humidity (URmin), wind speed (vv) and insolation (n) were obtained from INMET. To evaluate the performance of the Hargreaves-Samani method, the Camargo and Sentelha (c), Standard Error of Estimation (EPE) and Mean Absolute Error (EAM) values were used before and after parameterization. The parameterization of the Hargreaves-Samani equation showed different values of the  $\alpha$  and  $\beta$  parameters in each month and increased the performance of this method.

**Keywords:** Water balance; Irrigation management; Penman-Monteith.

### INTRODUÇÃO

O manejo da irrigação, determinando o momento e quantidade a ser aplicada às culturas, pode ser através da reposição de água ao solo da estimativa da quantidade consumida por essas culturas e isso é feito através da determinação da evapotranspiração. Entretanto a importância da evapotranspiração excede à questão de irrigação. Ela é importante também no

manejo hidrológico, monitoramento de bacias hidrográficas, balanço hídrico, monitoramento de áreas inundadas, deslizamentos de encostas, entre outras.

Em 1948 Thornthwaite definiu a evapotranspiração de referência como a perda de água de uma extensão superfície vegetada, de porte rasteiro, em fase de desenvolvimento ativo e sem limitação hídrica (FRANCISCO et al., 2017).

A FAO (Food and Agriculture Organization), órgão das Nações Unidas para agricultura e alimentação indica como método padrão para estimativa da evapotranspiração de referência o modelo de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Entretanto esse modelo exige vários dados meteorológicos que muitas vezes não estão disponíveis. Esses mesmos autores indicam o método de Hargreaves-Samani como opção para estimação da evapotranspiração de referência quando se dispõe apenas de dados de temperatura do ar.

Para verificar o desempenho de diferentes métodos empíricos para a estimação da evapotranspiração de referência, vários pesquisados desenvolveram diversos estudos nesse sentido (ANDRADE JÚNIOR et al., 2017, BEZERRA et al., 2014, LIMA et al., 2017, MACÊDO et al., 2017).

Diferentes particularidades geográficas que resultam e características locais climáticas bem peculiares levam a resultados de desempenho bem diferente para o mesmo método, fazendo com que muitos estudos sejam desenvolvidos parametrizando algumas equações empíricas. Vários autores parametrizaram a equação de Hargreaves-Samani para condições locais (BORGES JÚNIOR, 2017; BUCIO et al., 2014; COBANER et al., 2016; FENG et al.; 2017; ISSAKA et al., 2017; JERSZURKI e SOUZA, 2013; MACÊDO et al., 2017; MEHDIZADEH et al.; 2017).

## OBJETIVO

O trabalho teve o propósito de comparar a equação de Penman-Monteith FAO-56 com a avaliação mensal da evapotranspiração de referência diária usado o método de Hargreaves-Samani para o município de Barbalha-Ce e parametrizar mensalmente os coeficientes da equação de Hargreaves-Samani ( $\alpha = 0,0023$  e  $\beta = 0,5$ ).

## METODOLOGIA

O município de Barbalha, Ceará, fica localizado aos pés da Chapada do Araripe, a uma latitude de 7°18'18"S e longitude de 39°18'7"W.

De clima semiárido quente, chuvas concentradas entre dezembro e abril, pluviosidade anual média de 1075 milímetros mm, temperaturas máximas diárias se encontra entre 30 °C a 34 °C na maior parte do ano e temperatura média anual de 24,9 °C.

Os dados meteorológicos diários foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para: temperatura máxima (T<sub>máx</sub>), temperatura mínima (T<sub>min</sub>), umidade relativa máxima (UR<sub>máx</sub>), umidade relativa mínima (UR<sub>min</sub>), velocidade do vento (vv), insolação (n).

Seguindo recomendação da FAO (ALLEN et a., 1998) o desempenho do método de Hargreaves-Samani foi feito com o método da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith FAO-56 (Equação 1).

$$ET_{oPM} = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_{med} + 273} \cdot v_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot v_2)} \quad (1)$$

Em que: ET<sub>oPM</sub> – evapotranspiração de referência Penman-Monteith (mm dia<sup>-1</sup>);  $\Delta$  – declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>); Ra – radiação líquida (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); G – densidade do fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);  $\gamma$  – constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>); T<sub>med</sub> – temperatura média diária do ar (°C); v<sub>2</sub> – velocidade do vento média diária a 2 m de altura ( m s<sup>-1</sup>); e<sub>a</sub> – pressão parcial de vapor (kPa); e<sub>s</sub> – pressão de saturação de vapor (kPa).

O desempenho do método foi feito através do índice de concordância de Camargo e Sentelha (Equação 2), Erro Padrão de Estimativa (EPE, Equação 4) e do Erro Absoluto Médio (EAM, Equação 5).

$$c = d \cdot r \quad (2)$$

Em que: *c* – índice de concordância de Camargo e Sentelha (adimensional); *d* – índice de Willmott (adimensional) e *r* – coeficiente de correlação de Pearson (adimensional).

A determinação do índice de Willmott (*d*) foi feita através da Equação 3.

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (3)$$

Em que: *P<sub>i</sub>* – *i*-ssimo valor do método a ser ajustado; *O<sub>i</sub>* – *i*-ssimo valor do método padrão; *O* – valor médio do método padrão.

$$EPE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n-1} \right]^{0,5} \quad (4)$$

EPE – erro padrão de estimativa (mm dia<sup>-1</sup>); *O<sub>i</sub>* – estimativa do método padrão (mm dia<sup>-1</sup>); *P<sub>i</sub>* – estimativa do método avaliado (mm dia<sup>-1</sup>); *n* – número de observações.

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - O_i|}{n} \quad (5)$$

EAM – erro absoluto médio (mm dia<sup>-1</sup>); *O<sub>i</sub>* – estimativa do método padrão (mm dia<sup>-1</sup>); *P<sub>i</sub>* – estimativa do método avaliado (mm dia<sup>-1</sup>); *n* – número de observações.

O índice de concordância de Camargo e Sentelha (*c*) foi classificado em classes de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1.** Critérios de classificação do índice de desempenho (*c*).

Índice de desempenho ( <i>c</i> )	Classificação
>0,85	Ótimo
0,76 – 0,85	Muito Bom
0,66 – 0,75	Bom
0,61 – 0,65	Mediano
0,51 – 0,60	Sofrível
0,41 – 0,50	Mal
<= 0,40	Péssimo

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes de concordância de Camargo e Sentelha (*c*) antes e após a parametrização para cada mês com as respectivas classificações de desempenho são apresentados na Tabela 2. Em oito dos doze meses o desempenho melhorou. Considerando as médias anuais do desempenho, o índice de concordância aumentou em 15,39%.

**Tabela 2.** Índices de concordância mensal “c” para a equação original de Hargreaves-Samani e parametrizada.

Meses	Antes da parametrização		Após a parametrização	
	Índice “c”	Classificação	Índice “c”	Classificação
Janeiro	0,6569	Mediano	0,7975	Muito Bom
Fevereiro	0,6527	Mediano	0,6508	Mediano
Março	0,6625	Bom	0,6719	Bom
Abril	0,5792	Sofrível	0,7205	Bom
Mai	0,4942	Mal	0,2708	Péssimo
Junho	0,7036	Bom	0,6980	Bom
Julho	0,6108	Mediano	0,8014	Muito Bom
Agosto	0,5663	Sofrível	0,8025	Muito Bom
Setembro	0,6023	Sofrível	0,4788	Mal
Outubro	0,6246	Sofrível	0,7997	Muito Bom
Novembro	0,3487	Péssimo	0,5544	Sofrível
Dezembro	0,2302	Péssimo	0,5215	Sofrível
Média	0,5610		0,6473	

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do Erro Padrão Estatístico (EPE) e do Erro Absoluto Médio (EAM) antes e após a parametrização.

Tanto o EPE quanto o EAM melhoraram nos doze meses após a parametrização. O EPE melhorou em 52,87% e o EAM em 54,45% com a parametrização. Mesmo para os meses de fevereiro, maio, junho e setembro houve uma melhoria no desempenho segundo esses dois índices, o que mostra certa discordância com os resultados dos índices de concordância de Camargo e Sentelha (c) para esses quatro meses.

**Tabela 3.** Erro padrão estatístico (EPE) e erro absoluto médio (EAM) para a equação original de Hargreaves-Samani e parametrizada.

Meses	EPE		EAM	
	Antes	Depois	Antes	Depois
Janeiro	1,0987	0,6831	0,9692	0,5093
Fevereiro	0,8795	0,6988	0,7449	0,4536
Março	0,5405	0,5093	0,4228	0,3829
Abril	0,1838	0,0553	0,6973	0,4467
Mai	0,0764	0,0436	0,4636	0,4456
Junho	0,1385	0,0497	0,4995	0,3764
Julho	0,8765	0,4795	0,7835	0,3876
Agosto	1,1238	0,5141	1,0193	0,3981
Setembro	0,6652	0,5358	0,5617	0,4153
Outubro	1,2362	0,7412	1,0571	0,6048
Novembro	1,8883	0,5508	1,7680	0,4381
Dezembro	2,5843	0,4548	2,4848	0,3669
Média	0,9409	0,4434	0,9559	0,4354

Observando as evapotranspirações mensais, mostradas na Tabela 4, verifica-se que a parametrização aproximou muito os valores da evapotranspiração pelo método de Hargreaves-Samani dos fornecidos pelo método de Penman-Monteith, o que corrobora com os índices EPE e EAM. Avaliando diferentes índices de desempenho, Oliveira (2016) verificou que nenhum índice é eficiente para explicar sozinho a comparação o desempenho entre diferentes métodos.

**Tabela 4.** Evapotranspiração de referência mensal.

Meses	ETPM	ETHS	ETHSp
Janeiro	142,32	168,67	142,62
Fevereiro	125,14	138,63	125,23
Março	157,13	151,80	157,31
Abril	112,18	128,94	112,31
Mai	118,55	117,26	118,62
Junho	111,36	103,22	111,16
Julho	108,03	85,20	108,02
Agosto	130,69	100,31	130,60
Setembro	181,80	176,28	181,79
Outubro	154,18	184,41	154,52
Novembro	128,75	181,79	128,85
Dezembro	91,00	168,03	91,19

Na Tabela 5 são mostrados os parâmetros ( $\alpha$  e  $\beta$ ) da equação de Hargreaves-Samani após a parametrização. Observa-se que esses parâmetros variaram mensalmente e com exceção do mês de março, cujos resultados foram respectivamente,  $\alpha = 0,00237$  e  $\beta = 0,50169$ , variaram bastante aos valores originais,  $\alpha = 0,0023$  e  $\beta = 0,50$ .

**Tabela 5.** Coeficientes após a parametrização para a equação de Hargreaves-Samani.

Meses	Coeficientes parametrizados	
	$\alpha$	$\beta$
Janeiro	0,00106	0,75227
Fevereiro	0,00286	0,35879
Março	0,00237	0,50169
Abril	0,00072	0,97361
Mai	0,00508	0,12757
Junho	0,00413	0,25373
Julho	0,00322	0,44144
Agosto	0,00312	0,47819
Setembro	0,00636	0,13094
Outubro	0,00101	0,75239
Novembro	0,00218	0,38759
Dezembro	0,00191	0,32201

## CONCLUSÕES

A parametrização mostrou que os coeficientes “ $\alpha$ ” e “ $\beta$ ” da equação de Hargreaves-Samani variaram mensalmente e melhorou o desempenho desse método.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56. Roma, 1998.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S.; SILVA, C.O.; SOUSA, V.F.; RIBEIRO, V.Q. Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência no estado do Piauí. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.25, n.1, p. 193-202, ago 2017.
- BEZERRA, J.M.; MOURA, G.B.A.; SILVA, E.F.F.; LOPES, P.M.O.; SILVA, B.B. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para Mossoró (RN, Brasil). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 211-220, 2014.
- BORGES JÚNIOR, J.C.F.; OLIVEIRA, A.L.M.; ANDRADE, C.L.T.; PINHEIRO, M.A.B. Equação de Hargreaves-Samani calibrada em diferentes bases temporais para Sete Lagoas, MG. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.25, n. 1, p. 38-49, 2017.
- BUCIO, H.A.K.; BÂ, K.M.; HERNÁNDEZ, F.M.; MORÁLEZ, S.S.; LÓPEZ, D.R. Recalibración regional de Hargreaves (HE y Krs) en México. **Revista Ingeniería Agrícola**, v. 4, n. 4, p. 14-18, 2014.
- COBANER, M.; CITAKOGLU, H.; HAKTANIR, T.; KISI, O. Modifying Hargreaves-Samani equation with meteorological variables for estimation of reference evapotranspiration in Turkey. *Hydrology Research*, v. 48, n. 2, p. 480-497, 2016.
- FENG, Y.; JIA, Y.; CUI, N.; ZHAO, L.; LI, C.; GONG, D. Calibration of Hargreaves model for reference evapotranspiration estimation in Sichuan basins of southwest China. **Agricultural Water Management**, v. 181, p. 1-9, 2017.
- FRANCISCO, P. R.M.; MEDEIROS, R. M.; MATOS, R.M.; SANTOS, D.; SABOYA, L.M.F. Evapotranspiração de referência mensal e anula pelo método de Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13, v. 20, 2017.
- ISSAKA, A.I.; PAEK, J.; ABDELLA, K.; POLLANEN, M. Analysis and calibration or empirical relationships for estimating evapotranspiration in Qatar: case study. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 143, n. 2, 2017.
- JERSZURKI, D.; SOUZA, J.L.M. Parametrização das equações de Hargreaves & Samani e Angström-PreScott para estimativa da radiação solar na região de Telêmaco Borba, Estado do Paraná. **Ciência Rural**, v. 43, n.3, p. 383-389, 2013.
- LIMA, F.G.; SÁ, M.B.; SILVA, J.C.; SILVA, C.B.; SANTOS, D.P.; SANTOS, M.A.L. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Maceió – AL. **Anais IN: IV Inovagri International Meeting, XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, III Simpósio Brasileiro de Salinidade**. Fortaleza, 2017.
- MACÊDO, K.G.; ARRAES, D.D., LIMA JÚNIOR, J.C.; OLIVEIRA, W.C.; ARAUJO, Y.R. Ajuste dos parâmetros do modelo de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência em escala diária para maceió-AL. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 13, p. 1484-1491, 2017.
- MEHDIZADEH, S.; SAADATNEJADGHARAHASSNLOU, H.; BEHMANESH, J. Calibration of Hargreaves-Samani and Priestley-Taylor equations in estimating reference evapotranspiration in the Northwest of Iran. *Journal Archives of Agronomy and Soi Science*. V. 63, n. 7, 2017.