

RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL ESTIMADA ATRAVÉS DA AMPLITUDE TÉRMICA DIÁRIA

D. N. B. RODRIGUES¹, T. T. S. FERREIRA¹, A. M. M. MESQUITA¹, A. K. P. BEZERRA¹
L. C. G. CHAVES², A. E. C. SOUSA³

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do método de Hargreaves & Samani na estimativa da radiação solar global na escala diária no município de Limoeiro do Norte no Estado do Ceará. Foram usados dados de temperatura máxima e mínima de 1 de Janeiro a 31 de Dezembro de 2007, pertencente ao banco de dados da Unidade de Ensino e Pesquisa – UEPE/FATEC Limoeiro do Norte. O valor do coeficiente de determinação “R²” encontrado neste trabalho foi de 0,35. O índice de precisão foi de 0,59. Já o índice de Willmott “d” e desempenho “c” encontrados foram de 0,76 e 0,45. Com base nos resultados apresentados, a utilização do método de Hargreaves & Samani para se estimar a radiação solar global diária no município de Limoeiro do Norte no Estado do Ceará não é viável, quando não houver disponibilidade de valores medidos de Rs, pois apresentou valores estatísticos muito baixos.

Palavras Chaves: Hargreaves-Samani, radiação extraterrestre, temperatura

GLOBAL SOLAR RADIATION ESTIMATED BY EXTENT HEATED DAILY

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the performance of the method of Hargreaves & Samani in the estimation of global solar radiation on the scale daily in the city of Limoeiro do Norte in the state of Ceara. We used data from maximum and minimum temperature of January 1 to December 31, 2007, belonging to a database of the Office of Teaching and Research - UEPE / FATEC Limoeiro do Norte. The value of the coefficient of determination "R²" found in this study was 0.35. The index of precision was 0.59. Already the rate of Willmott "d" and performance "c" were found of 0.76 and 0.45. Based on the findings, the use

¹ Tecnólogo em Recursos Hídricos / Irrigação, Mestrando em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Departamento de Engenharia Agrícola - DENA, Universidade Federal do Ceará – UFC, bolsista do CNPq, Fone: (85) 3366 9761, e-mail: diegonathan05@yahoo.com.br, tony_thiagos@yahoo.com.br, marcosilario@hotmail.com, karineipu@hotmail.com

² Tecnólogo em Recursos Hídricos/Irrigação, M. Sc. Agronomia (Irrigação e Drenagem), Pesquisador, FUNCEME, Fortaleza – CE, e-mail: luizcarlosguerreiro@hotmail.com

³ Tecnólogo em Recursos Hídricos / Irrigação, Doutorando em Irrigação e Drenagem, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, e-mail: evamisousa@hotmail.com

of the method of Hargreaves & Samani to estimate the global solar radiation daily in the city of Limoeiro do Norte in the state of Ceara is not viable, when there is availability of measured values of R_s , as presented statistical values very low.

Key Words: Hargreaves-Samani, extraterrestrial radiation, temperature

INTRODUÇÃO

A radiação solar é a maior fonte de energia e pode transformar grandes quantidades de água líquida em vapor. A quantidade potencial de radiação que pode chegar à superfície evaporante é determinada por sua localização e época do ano (ALLEN et al., 1998).

Segundo OMETTO (1981) a radiação solar global, ao atravessar a atmosfera sofre absorção, difusão seletiva e reflectiva. Esses fenômenos não são suficientes para reter todo o espectro da radiação solar, sendo, portanto, que grande parte da radiação solar global atravesse a atmosfera sem quaisquer interação, alcançando diretamente a superfície do solo.

Radiação solar é a energia recebida pela Terra, na forma de ondas eletromagnéticas, proveniente do sol. Consiste em uma forma primária de energia disponível no globo terrestre e é responsável por todos os processos atmosféricos (TUBELIS & NASCIMENTO, 1992).

PEREIRA et al. (1997) afirmam que em uma área seca, a evapo(transpi)ração é limitada pelo uso do solo e grande parte da radiação solar disponível é usada para aquecer o solo e o ar (calor sensível).

A diferença entre a temperatura do ar máximo e mínimo está relacionado ao grau de cobertura de nuvem em uma localização. O céu claro condiciona o resultado em temperaturas altas durante o dia (T_{max}), porque a atmosfera é transparente à radiação solar e em baixas temperaturas durante a noite (T_{min}) porque a radiação de onda longa é menos absorvida pela atmosfera (ALLEN et al., 1998).

Radiação solar é a principal fonte de energia para todos os processos físicos e bioquímicos que têm lugar na terra. O nível de radiação solar é, por vezes, gravado, mas que geralmente necessita de ser estimado por modelos empíricos baseados em registros meteorológicos freqüentemente disponíveis, tais como horas de sol ou temperatura (MEZA & VARAS, 2000).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do método de Hargreaves & Samani na estimativa da radiação solar global na escala diária no município de Limoeiro do Norte no Estado do Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na região da Chapada do Apodi, que apresenta clima semi-árido, BSw'h' (classificação de Köppen), com os seguintes valores médios anuais: precipitação, 772 mm, bastante irregular; temperatura, 28,5°C; umidade relativa, 62%; insolação, 3.030 horas ano⁻¹ (DNOCS, 2008).

Os valores diários da radiação solar global (Rs) e das temperaturas máxima e mínima do ar foram obtidos de 01/01/2007 a 31/12/2007 através da coleta diária na estação meteorológica automatizada, pertencente ao banco de dados da Unidade de Ensino e Pesquisa – UEPE/FATEC Limoeiro do Norte. As avaliações foram realizadas considerando-se períodos diários (n = 365).

Para estimativa da Radiação Solar Global (Rs) foi utilizado o método desenvolvido por Hargreaves & Samani e apresentado por ALLEN et al. (1998) na seguinte forma:

$$R_s = k_{R_s} (T_{max} - T_{min})^{0,5} R_a \quad (1)$$

onde Rs é a radiação solar global (MJ m² min⁻¹); k_{Rs} é um coeficiente empírico igual a 0,16 para regiões continentais (°C^{-0,5}); T_{max} e T_{min} são, respectivamente, os valores da temperatura máxima e mínima do ar (°C); Ra é a radiação solar extraterrestre (MJ m² dia⁻¹).

Para a estimativa da radiação solar extraterrestre (Ra), foi utilizada a metodologia recomendada por ALLEN et al. (1998).

$$R_a = \frac{24 \cdot (60)}{\pi} \cdot G_{SC} \cdot d_R \cdot (H \cdot \sin \theta \cdot \sin \delta + \cos \theta \cdot \cos \delta \cdot \sin H) \quad (2)$$

onde G_{SC} é a constante solar (valor médio de 0,082 MJ m² min⁻¹); d_r é o inverso da distância relativa da terra ao sol (raio vetor); H é o ângulo horário do pôr-do-sol (radianos); θ é a latitude do local (radianos); δ é a declinação solar (radianos), que foi calculado pela seguinte equação:

$$H = [1 - (\tan \theta \cdot \tan \delta)] \quad (3)$$

Para o cálculo do inverso da distância relativa da terra ao sol (d_R) da declinação solar (δ), ALLEN et al. (1998), apresentam as seguintes equações:

$$d_R = 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{2\pi J}{365}\right) \quad (4)$$

$$\delta = 0,4093 \cdot \sin\left(\frac{2\pi J}{365} - 1,405\right) \quad \text{onde J é o dia Juliano.} \quad (5)$$

Os valores de Rs estimados foram comparados aos medidos utilizando-se o coeficiente de determinação (R²), índice de precisão (r), índice de confiança ou desempenho (c) proposto por CAMARGO & SENTELHAS (1997) que corresponde à multiplicação do índice de

exatidão (d) proposto por Willmott et al. (1985) e descrito por CAMARGO e SENTELHAS (1997), além da classificação de HOPPKINS (2002) que classifica o índice de precisão.

O índice “d” é dado pela seguinte expressão:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n \left(|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}| \right)^2} \quad (6)$$

onde O_i é o valor medido de radiação solar global, E_i é o valor estimado de radiação solar global, \bar{O} é a média dos valores medidos de radiação solar global e i é o número de eventos.

O critério adotado para interpretar o desempenho dos métodos pelo índice “c” para a estimativa da radiação solar global é apresentado na Tabela 1 e na tabela 2 encontra-se a classificação de Hoppinks (2002) para classificar o índice de precisão.

Tabela 1. Critério de interpretação do desempenho da estimativa da radiação solar global, pelo índice “c”.

Valor de “c”	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

Tabela 2. Critério de interpretação da precisão da estimativa da radiação solar global, pelo índice “r”.

Valor de “r”	Precisão
0,0-0,1	Muito baixo
0,1-0,3	Baixo
0,3-0,5	Moderado
0,5-0,7	Alto
0,7-0,9	Muito alto
0,9-1,0	Quase perfeito

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 apresenta os valores estatísticos no qual foram utilizados para avaliar o método utilizado para a estimativa da radiação solar global para o município de Limoeiro do Norte, CE, utilizando dados diários de temperatura e radiação solar extraterrestre.

Tabela 3. Valores estatísticos para avaliar o método de Hargreaves & Samani apresentado por Allen et al. (1998) para a estimativa da radiação solar global.

	R^2	r	d	c
<i>Média Diária</i>	0,35	0,59	0,76	0,45

O valor do coeficiente de determinação “ R^2 ” encontrado neste trabalho foi de 0,35 diferindo do valor encontrado por Conceição e Marin (2005) que realizaram trabalho para os municípios de Jales e Piracicaba, encontrando valores iguais a 0,66 e 0,69, respectivamente. Já Meza e Varas (2000) encontraram um valor de R^2 igual a 0,85 para Santiago no Chile, porém os autores utilizaram uma série histórica de 21 anos. Quanto ao valor do índice precisão encontrado neste trabalho segundo a classificação de Hoppinks (2002) foi considerado como alto obtendo um valor de 0,59, discordando de Conceição e Marin (2005) que encontram valores iguais a 0,89 e 0,82 para Jales e Piracicaba, respectivamente. Já o índice de Willmott “d” e desempenho “c” encontrado no trabalho foi de 0,76 e 0,45, valor bastante inferior ao encontrado por Marin e Conceição (2005), sendo o índice de desempenho do método de Hargreaves & Samani encontrado neste trabalho classificado segundo Camargo e Sentelhas (1997) como mau.

A figura 1 mostra a dispersão dos pontos ao longo do ano de 2007 e o que pode ser notado é que os pontos ficaram um pouco longe da reta 1:1, obtendo-se assim um coeficiente de determinação baixo, que segundo Meza e Varas (2000) afirmam que o método de Hargreaves & Samani tem limitações quando aplicados os dados diários.

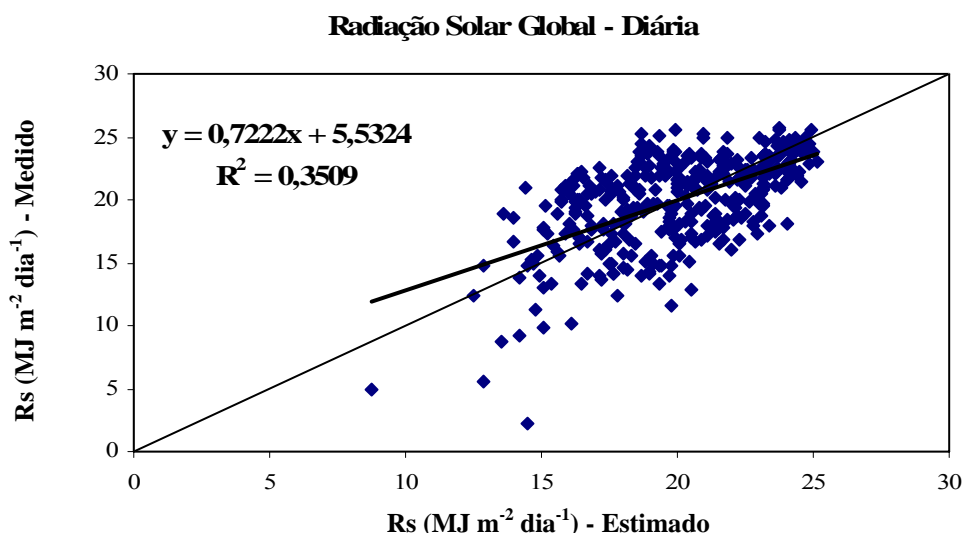


Figura 1. Regressão linear entre os valores diários da radiação solar global calculada usando o método de Hargreaves & Samani (R_s estimado) e a radiação solar global medida (R_s medido), Limoeiro do Norte, 2007.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, a utilização do método de Hargreaves & Samani para se estimar a radiação solar global diária no município de Limoeiro do Norte no Estado do

Ceará não é viável, quando não houver disponibilidade de valores medidos de Rs, pois apresentou valores estatísticos muito baixos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 300p.
- CAMARGO, A. P. de; 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.
- CONCEIÇÃO, M. A. F.; MARIN, F. R. **Estimativa da radiação solar incidente com base na amplitude térmica diária**. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2005, Campinas. **Anais...** Campinas, 2005.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS). **Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi**. 2008. Disponível em <http://apoena.dnocs.gov.br/~apoena/php/projetos/projetos.php>. Acesso em: 19 mar. 2008.
- HOPKINS, W. G. **A scale of magnitudes for effect statistics**. 2002. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>. Acesso: 19 mar. 2008
- MEZA, F.; VARAS, E. **Estimation of mean monthly solar global radiation as a function of temperature**. Agricultural and Forest Meteorology 100 (2000) p.231–241.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 440p.
- PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. 1 ed., 7.r. São Paulo: Nobel, 1992, 374p.