

Características da irradiância solar em Maceió-AL

José Marcelo Lopes Júnior ¹
Nayara Barreto da Costa ²
José Leonaldo de Souza ³

¹ Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Instituto de Ciências Atmosféricas - ICAT
Avenida Lourival Melo Mota, s/n - Tabuleiro dos Martins, Maceió - AL, Brasil, CEP
57072-900

josemarcelolopesjunior@hotmail.com

² Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio
Ambiente – IGDEMA, Avenida Lourival Melo Mota, s/n - Tabuleiro dos Martins,
Maceió - AL, Brasil, CEP 57072-900

nayarabarretodacosta@gmail.com

³ Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Instituto de Ciências Atmosféricas - ICAT
Avenida Lourival Melo Mota, s/n - Tabuleiro dos Martins, Maceió - AL, Brasil, CEP
57072-900

leonaldojs@yahoo.com.br

Abstract. The objective of this study is to characterize and evaluate global (R_g), direct (R_D), diffuse (R_d) and in the top of the atmosphere solar irradiance in Maceió-AL ($9^\circ 40' S$, $35^\circ 42' W$) to in clear sky day in the rainy season (May-July) and in the dry season (November-January), by two pyranometers measurements (CM5, Kipp & Zonen), being one coupled to shadow ring and one pyrheliometer (sNIP, Eppley), with in the top of the atmosphere solar irradiance calculated in function of the solar constant ($S_0 = 1367 \text{ W m}^{-2}$), of the ray vector of the terrestrial orbit, of the local latitude, declination and hourly angle of the sun. Instrument data acquired automatically through Micrologger 21XL of Campbell Scientific, programmed to make averages in ten minutes. global, direct, diffuse and in the top of the atmosphere solar irradiance had average of $471,2 \text{ W m}^{-2}$, $606,2 \text{ W m}^{-2}$, $125,54 \text{ W m}^{-2}$ e $902,89 \text{ W m}^{-2}$, respectively, in the morning (07:00 – 11:00), and average of $580,18 \text{ W m}^{-2}$, $775,08 \text{ W m}^{-2}$, $97,06 \text{ W m}^{-2}$, e $712,68 \text{ W m}^{-2}$, in the afternoon (13:00 – 17:00), day 30.07.2012 of the rainy season. In the dry season the average of the global, direct, diffuse and in the top of the atmosphere solar irradiance were, $793,35 \text{ W m}^{-2}$, $810,91 \text{ W m}^{-2}$, $133,33 \text{ W m}^{-2}$ e $1076,14 \text{ W m}^{-2}$, respectively, and average of $587,55 \text{ W m}^{-2}$, $832,72 \text{ W m}^{-2}$, $45,3 \text{ W m}^{-2}$ e $797,51 \text{ W m}^{-2}$, during the same period of the dry season, day 11.12.2013.

Palavras-chave: solar radiation, seasonality, renewable energies, radiação solar, sazonalidade, energias renováveis.

1. Introdução

A radiação solar é a principal fonte de energia da Terra. Sua distribuição ao redor do mundo determina as variações climáticas, resultando em um balanço de energia no sistema Terra-Atmosfera que estabelece os padrões de circulação atmosférica e oceânica (Souza, 1997). Portanto, o estudo da radiação solar e sua variação local e sazonal é a base para qualquer outro estudo climático e tem aplicação em diversas áreas, como a meteorologia, agricultura, engenharia, arquitetura, hidrologia etc (Souza et al., 2005). Dados de radiação solar são escassos, e podem ser utilizados na criação de modelos com o objetivo de gerar previsões onde não existem dados medidos de radiação solar.

O balanço de radiação em ambientes naturais e agrícolas é de fundamental importância nos estudos energéticos regionais que influencia nos processos fisiológicos que regem o

desenvolvimento e crescimento das plantas, com implicações na determinação de sua produtividade (Souza et al., 2011).

Porém, um dos principais enfoques da radiação solar é o seu aproveitamento para a produção alternativa de energia visto que as fontes convencionais de geração de energia não são renováveis e seus recursos são exauríveis, diante de muitos problemas ambientais, aumenta o interesse na utilização da energia solar, gerando uma maior necessidade na obtenção de dados de radiação solar confiáveis (Nicácio, 2002). Assim, este trabalho tem como objetivo caracterizar e avaliar a irradiância solar global, direta, difusa e no topo da atmosfera para Maceió-AL em dias de céu claro da estação chuvosa e seca.

2. Metodologia de Trabalho

Os dados utilizados para a avaliação das irradiâncias global e direta foram obtidos de forma automática a partir de uma estação radiométrica solar, localizada sobre o telhado do prédio Severinão da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió (9° 33' S, 35° 46' O, 100 m), (Figura 1), Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar (LARAS). A irradiância solar global (R_g) e difusa (R_d), foram medidas através de dois piranômetros modelo CM5 da *Kipp & Zonen*, sendo um com anel de sombreamento, a irradiância solar direta (R_D) foi medida através de um pireliômetro sNIP da *Eppley*, e a irradiância solar no topo da atmosfera (R_o) calculada em função da constante solar ($S_o = 1367 \text{ W m}^{-2}$), do raio vetor da órbita terrestre, latitude local, declinação e ângulo horário solar. Os dados dos instrumentos foram obtidos de forma automática, ligados a um *Micrologger 21XL* da *Campbell Scientific Inc*, programado para fazer médias de dez minutos, durante o ano de 2013.



Figura 1. Estação Radiométrica Solar sobre o telhado do prédio Severinão, na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió (9° 33' S, 35° 46' O, 100 m).

Foram escolhidos dois dias do período para a avaliação das irradiâncias, ambos os dias com céu claro ($K_t \geq 0,7$), sendo um na estação chuvosa (maio-julho) e outro na estação seca (novembro-janeiro). Para a caracterização da nebulosidade utilizou-se a transmitância atmosférica global (K_t). O K_t foi determinado pela razão entre a irradiação solar global diária e a irradiação solar diária esperada numa superfície horizontal no topo da atmosfera (R_o). Valores de $K_t \leq 0,3$ são considerados céu nublado (NB), $0,3 < K_t < 0,7$ classificado como céu parcialmente nublado (PN) e $K_t \geq 0,7$ céu claro (CL) (Iqbal, 1983). A irradiância solar no topo da atmosfera (R_o) foi calculada através da equação 1, (Iqbal, 1983):

$$R_o = S_o E_o \cos \theta_z \quad (1)$$

onde, S_o é a constante solar ($= 1367 \text{ W m}^{-2}$), E_o é o raio vetor da órbita terrestre e θ_z é o ângulo zenital.

O raio vetor da órbita terrestre (E_o) e o ângulo zenital (θ_z) foram obtidos a partir das equações 2 e 3:

$$E_o = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi d_n}{365}\right) \quad (2)$$

$$\cos\theta_z = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos h \quad (3)$$

onde, d_n é o dia sequencial do ano ou dia Juliano (1 a 366), δ é a declinação solar e h é o ângulo horário.

A declinação solar é expressa em graus pela equação 4 (Cooper, 1969):

$$\delta = 23,45 \sin\left[\frac{360}{365} (284 + d_n)\right] \quad (4)$$

O ângulo horário (h) foi expresso através da equação 5:

$$h = 15 (t - M) + (l_1 - l_p) \quad (5)$$

em que, t é a hora local padrão, M é o meio-dia, l_1 expressa a longitude local e l_p a longitude padrão no meridiano de 45° .

3. Resultados e Discussão

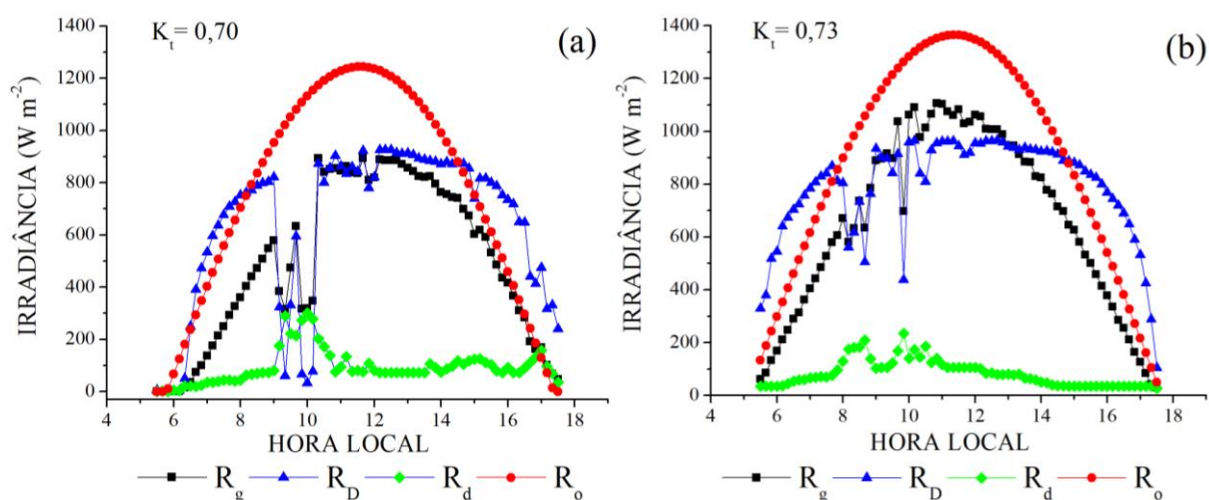


Figura 2. Variação da irradiância solar global (R_g), direta (R_D), difusa (R_d) e no topo da atmosfera (R_o) na estação chuvosa dia 30.07.2013 (a), e na estação seca dia 11.12.2013 (b), em condição de transmitância atmosférica global (K_t).

A irradiância solar global (R_g), direta (R_D), difusa (R_d) e no topo da atmosfera (R_o), para o dia 30.07.2013 (estação chuvosa) teve valores médios de $471,2 \text{ W m}^{-2}$, $606,2 \text{ W m}^{-2}$, $125,54 \text{ W m}^{-2}$ e $902,89 \text{ W m}^{-2}$, respectivamente, das 07:00h às 11:00h, e valores médios de

580,18 W m⁻², 775,08 W m⁻², 97,06 W m⁻² e 712,68 W m⁻², das 13:00h as 17:00h, com uma média diária de 495,92 W m⁻², 633,62 W m⁻², 92,86 W m⁻² e 756,25 W m⁻², respectivamente. No período entre as 11:30h e 12:30h, os valores da irradiância solar global aproximam-se de 900 W m⁻², com valor máximo de 893,1 W m⁻², no mesmo período a irradiância solar direta obteve valores abaixo de 1000 W m⁻², com um valor máximo de 925,8 W m⁻², e a irradiância solar no topo da atmosfera teve valores próximos de 1300 W m⁻² com valor máximo de 1244,25 W m⁻² as 11:40h, já a irradiância solar difusa teve valor máximo de 300,16 W m⁻² as 10:00h. Os valores máximos da R_g, R_D, R_d e R_o concordam com a passagem do Sol pelo meio-dia local da cidade de Maceió, e a irradiação que chega na superfície pode ser observada em função da hora local da cidade, entretanto, alguns valores da irradiância solar difusa que estão em desacordo com a hora local, podem ser observados por conta da nebulosidade.

A R_g, R_D, R_d e R_o para o dia 11.12.2013 (estação seca) teve valores médios de 793,35 W m⁻², 810,91 W m⁻², 133,33 W m⁻² e 1076,14 W m⁻², respectivamente, das 07:00h as 11:00h, e valores médios de 587,55 W m⁻², 832,72 W m⁻², 45,3 W m⁻² e 797,51 W m⁻², das 13:00h as 17:00h, com uma média diária de 657,01 W m⁻², 789,54 W m⁻², 82,5 W m⁻² e 890,72 W m⁻², respectivamente. No período entre as 11:30h e 12:30h, os valores da irradiância solar global aproximam-se de 1100 W m⁻², tendo como valor máximo 1106,9 W m⁻² as 10:50h, no mesmo período a irradiância solar direta obteve valores abaixo de 1000 W m⁻², com seu valor máximo de 965,6 W m⁻² as 12:40h, e a irradiância solar no topo da atmosfera teve valores próximos 1400 W m⁻² com um valor máximo de 1365,14 W m⁻² as 11:20h, já a irradiância solar difusa teve valor máximo de 234,95 W m⁻² as 09:50h.

4. Conclusões

Os padrões de energia solar na região de estudo são bem dependentes da condição de nebulosidade, tendo maiores variações durante a estação chuvosa. Os maiores valores das irradiâncias são encontrados na estação seca, com exceção da irradiância solar difusa que possui maiores valores durante a estação chuvosa por conta da grande nebulosidade.

Agradecimentos

Ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e a Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

Referências Bibliográficas

SOUZA, J.L.; NICÁCIO, R. M.; MOURA, M. A. L. **Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil.** *Renew Energy*, v. 30, p.1203 – 1220, 2005;

SOUZA, J.L. **Irradiância solar no litoral do nordeste: Avaliação preliminar.** In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 10, Piracicaba, P. 457-459, 1997;

SOUZA, J.L. et al. **Irradiância solar global e fotossintética em regiões de alagoas.** In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 17, Guarapari, 2011;

NICÁCIO, R.M. **Radiação solar global e difusa para Maceió-AL: Medidas e Modelos.** 2002. 107p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2002;

IQBAL M. **An introduction to solar radiation.** New York: Academic Press; 1983;

COOPER, P. I. **The absorption of solar radiation in solar stills.** *Solar Energy*, v. 12, n. 3, p. 333-346, 1969.