

Modelagem Matemática dos Fatores Atenuantes da Atmosfera na Incidência de Radiação Solar na Superfície Terrestre

Camila Dal Ponte¹, Érica Balbinot², Delair Bavaresco³
IFRS, Bento Gonçalves, RS

O Sol representa a principal fonte de energia disponível para o planeta Terra e o Brasil destaca-se por apresentar uma elevada taxa de incidência solar em comparação com outras regiões do mundo. Mesmo o local menos ensolarado no Brasil supera a incidência solar do local mais ensolarado na Alemanha [3], conferindo ao nosso país condições favoráveis para a utilização eficiente da energia solar na geração de eletricidade por meio de painéis solares fotovoltaicos. Além disso, parte da radiação é perdida até chegar à Terra, devido aos efeitos atenuantes da atmosfera. Esses efeitos referem-se à redução da intensidade da luz solar ao atravessar as diferentes camadas atmosféricas antes de atingir a superfície terrestre. Essa atenuação é causada por diversos processos, cada um contribuindo para modificar as características da radiação solar. Os efeitos influenciam diretamente na quantidade e na qualidade da radiação solar que atinge a superfície terrestre. Esse processo de atenuação pode ter impactos em várias áreas, como meteorologia, climatologia, e até mesmo, em aplicações práticas, como na eficiência de sistemas de captação de energia solar. Compreender esses efeitos é crucial para uma avaliação precisa do potencial energético solar em diferentes regiões e para o desenvolvimento de tecnologias eficientes de aproveitamento dessa fonte de energia renovável.

Diante desse panorama, torna-se oportuno conduzir pesquisas voltadas para a quantificação da radiação solar em diferentes pontos da superfície terrestre, possibilitando criar estratégias de otimização das usinas solares, entre outras aplicações. Este trabalho apresenta novos resultados de uma pesquisa que discute a Modelagem Matemática da radiação solar numa determinada latitude a partir de discussões sobre fatores atenuantes da atmosfera em relação à radiação total incidente em cada ponto do globo terrestre. A pesquisa realizada contempla a construção de um simulador do movimento aparente do sol utilizando-se da interface tridimensional do software Geogebra e de um rastreador solar confeccionado com recursos maker.

Com relação à Modelagem Matemática da radiação solar, o objetivo inicial é compreender os modelos existentes na literatura [2] e realizar simulações numéricas com representações gráficas bi e tridimensionais para uma latitude específica considerando as variáveis de rotação e translação do globo terrestre. Para essa etapa utilizamos princípios da Modelagem Matemática, a qual “consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” [1]. No que diz respeito à função da origem da informação utilizada, os modelos matemáticos podem classificar-se em: Heurísticos - baseados nas explicações sobre as causas ou os mecanismos naturais que dão origem ao fenômeno estudado ou, Empíricos - baseados nas observações diretas ou nos resultados de experiências do fenômeno estudado. Em nosso caso, o modelo consiste em uma modelagem empírica, baseada na comparação entre a simulação pela Lei do Cosseno de Lambert e os dados obtidos da estação do INMET.

¹camiladalp@gmail.com

²ericabalbinoteb27@gmail.com

³delair.bavaresco@bento.ifrs.edu.br

O modelo principal estudado é baseado na Lei do Cosseno de Lambert, dada por:

$$I_z = J_0 \cdot \cos(Z_n), \quad (1)$$

na qual J_0 é a constante de radiação recebida no globo terrestre e Z_n é o ângulo zenital em dado instante.

A simulação numérica do modelo foi executada utilizando o software Scilab para a latitude de -29,1739, correspondente a cidade de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil. Essa simulação produziu resultados similares aos encontrados na literatura e relativos a outras localidades. No entanto, os processos de absorção e difusão da radiação solar pela atmosfera promovem atenuação da radiação solar que atinge a superfície terrestre (denominada de global) em relação aos valores observados no topo da atmosfera.

Os valores instantâneos da irradiância solar global na superfície sofrem grandes variações temporais e espaciais em função das condições atmosféricas, especialmente umidade e nebulosidade, e também da época do ano e hora do dia, pois ocorre variação da camada da atmosfera a ser atravessada pela radiação solar. A Transmitância Global representa a proporção da radiação solar determinada no limite extremo da atmosfera que efetivamente atinge a superfície terrestre. Como ao longo do dia a espessura da atmosfera varia em função do ângulo zenital, a Transmitância também varia. Nesse estudo não consideramos as condições meteorológicas e analisamos apenas dias sem nenhum tipo de nebulosidade, considerando apenas a camada atmosférica.

A partir desses resultados, a pesquisa centra-se na modelagem matemática da redução da radiação total, com base na comparação dos resultados da simulação numérica com dados coletados numa estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada numa mesma latitude. As estações meteorológicas do INMET realizam medições de diversas condições climáticas, entre elas a radiação total recebida no ponto de instalação. Os dados referentes a essas medições são disponibilizados em seu portal com atualizações a cada hora, permitindo a seleção do período de geração de planilhas. Os dados coletados referem-se a um específico dia ensolarado de primavera, com 12 medições, cuja magnitude representa a energia total recebida ao longo de cada hora em Watts por metro quadrado. A visualização gráfica dos dados coletados, traçados em comparação com a simulação numérica do modelo, ilustra o quantitativo de radiação que é atenuado pela atmosfera e não chega à superfície terrestre. Essa discrepância pode ser determinada por meio de um ajuste com um coeficiente de proporcionalidade de 0,8 e um de linearidade de -65, aplicadas ao modelo, resultando em uma adequação significativamente precisa.

Agradecimentos

Agradecimento ao Programa de Educação Tutorial e ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] R. S. M. Jafelice A. M. A. Bertone e R. C. Bassanezi. “Modelagem Matemática”. Em: **Universidade Federal de Uberlândia** (2019).
- [2] A. M. Maroja e I. F. Costa. “Astronomia diurna: medida da abertura angular do Sol e da latitude local”. Em: **Revista Brasileira de Ensino de Física** (2018). DOI: 10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0301.
- [3] F. R. Martins. “Atlas brasileiro de energia solar”. Em: **Repositório Institucional da Universidade Federal de São Paulo** (2017). DOI: 10.34024/978851700089.