

AVALIAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA ESTIMAR A IRRADIÂNCIA SOLAR DIRETA DIÁRIA, MÉDIA MENSAL, NUMA SUPERFÍCIE HORIZONTAL, EM VIÇOSA-MG, A PARTIR DE MODELOS PARA DIAS DE CÉU LIMPO

Maria José Hatem de Souza⁸ , Adil Rainier Alves⁹

RESUMO:

Propôs-se, neste trabalho, uma metodologia para estimar a irradiância solar direta diária média mensal , numa superfície horizontal (incluindo nebulosidade), a partir de modelos desenvolvidos para céu limpo e de dados de insolação diária média mensal. Tal metodologia, que utiliza o parâmetro de turbidez de Ångström na estimativa da irradiância solar direta para dias de céu limpo, foi avaliada para Viçosa - MG, apresentando bons resultados.

INTRODUÇÃO:

A quantificação e a distribuição da irradiância solar direta é de grande importância para projetos de engenharia. No Brasil praticamente inexitem dados de radiação direta. Os dados que são mais comumente encontrados são os de insolação, e com menos frequência os de radiação global.

Existem inúmeros modelos empíricos para a estimação da irradiância solar direta, que se dividem em dois grupos: modelos para dias de céu limpo e modelos para dias com nebulosidade. Os modelos para céu limpo consideram as atenuações sofridas pela radiação ao atravessar a atmosfera (RIZZI et alli, 1980; SUCKLING e HAY, 1976; BRINE e IQBAL, 1981; IQBAL, 1983; BIRD e HULSTROM, 1981), e seu uso se restringe a dias em que o céu se encontra limpo (sem nuvens). Pretende-se, neste trabalho, avaliar uma metodologia para estimar a radiação direta média mensal, utilizando dados de insolação média mensal e valores estimados de radiação direta para dias de céu limpo.

METODOLOGIA:

Fez-se uso de três modelos paramétricos propostos por IQBAL (1983), denominados **A**, **B** e **C**, para estimar a irradiância direta para dias de céu limpo. Os elementos atmosféricos que entram nessas expressões são: pressão, temperatura, umidade relativa, parâmetros de poeira ou visibilidade e espessura vertical da camada de ozônio. Para o cálculo dessa irradiância direta diária, média mensal numa superfície horizontal, utilizou-se de dados médios mensais de pressão, temperatura e umidade relativa referentes aos horários de observação meteorológica, 12 e 18 TMG, representando respectivamente o período da manhã e da tarde. Os valores mensais da espessura vertical da camada de ozônio utilizados foram os valores sugeridos por ROBINSON, 1966. Foi considerado o 15º dia de cada mês para o cálculo da declinação solar, e valores de ângulo horário referentes ao meio do intervalo, para cálculo do ângulo zenital horário. A partir dos valores horários de irradiância solar direta, obteve-se a irradiância diária.

⁸ Mestranda em Meteorologia Agrícola - DEA / UFV 36.570-000 - Viçosa, MG

⁹ Professor Titular - UFV/DEA

Neste trabalho não se pode fazer uso dos dados de visibilidade, uma vez que o horizonte de observação da Estação Climatológica Principal de Viçosa não ultrapassava 6 km. Assim, optou-se por utilizar um outro parâmetro de turbidez - o de Ångström.

Uma vez calculada a irradiância direta diária, numa superfície horizontal, para dias de céu limpo, multiplicou-se o valor obtido pela razão de insolação (número de horas de brilho solar médio mensal dividido pelo comprimento astronômico do 15º dia do mês), obtendo-se assim a irradiância direta diária média mensal, numa superfície horizontal. Estes valores foram comparados com dados de irradiância solar direta - obtidos por dois piranômetros fotovoltaicos, durante o período de julho de 1993 a novembro de 1994.

Determinação do parâmetro de turbidez de Ångström - b: Utilizando de dados horários de irradiância direta e insolação, selecionaram-se dias de céu limpo da seguinte forma: dias sem nuvens e que apresentassem variação simétrica da irradiância direta horária, numa direção normal aos raios. O valor do parâmetro *a* (expoente do comprimento de onda) foi considerado igual a 1,3. Valores horários de pressão, temperatura e umidade relativa, referentes a estes dias selecionados, foram extraídos dos registros do barógrafo e do termo-higrógrafo. Utilizando estes dados de entrada e o modelo **A** proposto por IQBAL, determinaram-se os valores mensais do parâmetro de turbidez *b*. Ressalta-se que esta metodologia foi utilizada como metodologia alternativa, uma vez que não se dispõem de equipamentos para a utilização da metodologia proposta originalmente por ÅNGSTRÖM em 1961.

RESULTADOS:

Os valores de *b*, mostrados na Figura 1, são coerentes com as épocas de início e final das chuvas, uma vez que os valores mais elevados ocorreram setembro e outubro de 1993, ano em que as chuvas na região de Viçosa iniciaram por volta do final de outubro e os menores valores ocorreram por volta de maio e junho de 1994 (coincidindo com a época após o término das chuvas - abril). Em 1994, observa-se que os valores mais altos de *b* ocorreram em outubro e novembro (neste ano as chuvas iniciaram mais tarde), sendo que estes foram inferiores aos valores observados no ano anterior, em consequência de um número bem menor de queimadas ocorridas nesta região.

As Figuras 2,3 e 4 mostram os valores medidos de irradiância solar direta média mensal (incluindo nebulosidade) e os valores estimados utilizando a metodologia proposta neste trabalho, e a Tabela 1 apresenta o coeficiente de determinação (R^2), o erro padrão de estimativa (EPE) e o erro percentual, evidenciando que a metodologia ora proposta pode ser usada para estimar a irradiância direta com os três modelos para céu limpo, **A**, **B** e **C**, sendo que o modelo **B** o R^2 foi ligeiramente superior e o EPE ligeiramente inferior, quando comparado aos demais.

Metodologia proposta utilizando os modelos A, B e C	R^2	EPE MJ/m ² .dia	ERRO %
A	0,812	1,337	15,344
B	0,822	1,271	13,287
C	0,796	1,395	14,389

Tabela 1 - coeficiente de determinação (R^2), o erro padrão de estimativa (EPE) e o erro percentual.

BIBLIOGRAFIA

- ANGSTRÖM, A.** Techniques of Determining the Turbidity of the Atmosphere. *Tellus* 13, 214-223. 1961.
- BRINE, D. T. e IQBAL, M.** Diffuse and Global Solar Spectral Irradiance under Cloudless Skies. *Solar Energy* 30, 447-453. 1981.
- BRID, R. E. e HULSTROM, R. L.** Review, Evaluation, and Improvement of Direct Irradiance Models. *Transaction of the ASME* 103, 182-192. 1981.
- IQBAL, M.** An Introduction to Solar Radiation. Academic Press, New York, 390p. 1983.
- RIZZI, R., SERIO, C., GUZZI, R. e FRANCESCA, M.** Solar Direct Irradiance at the Ground: A Parametric Approach. *Solar Energy* 25, 15-20. 1980.
- ROBINSON, N.** Solar Radiation. American Elsevier, New York, 1966.
- SUCKLING, P. W. e HAY, J. E.** Modelling Direct, and Diffuse, and Total Solar Radiation for Cloudless Days. *Atmosphere* 14, 298-309. 1976.

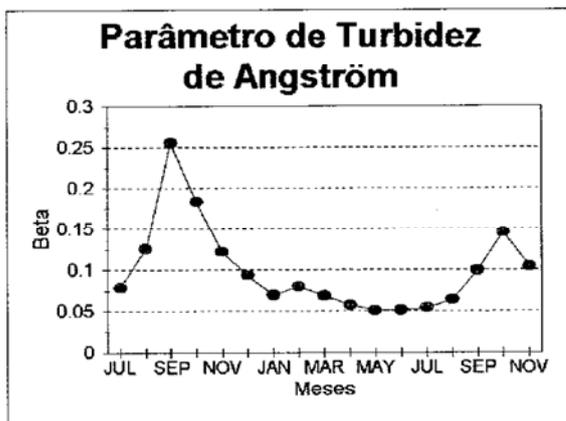


Figura 1 - Parâmetro de turbidez de Ångström para Viçosa-MG de julho de 1993 a novembro de 1994.

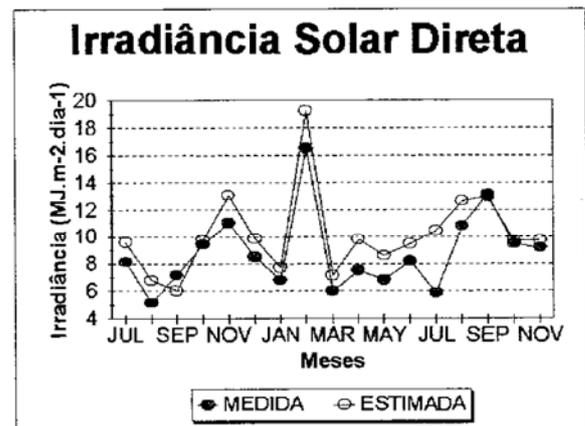


Figura 2 - Irradiância Solar Direta, medida e estimada (utilizando o modelo A).

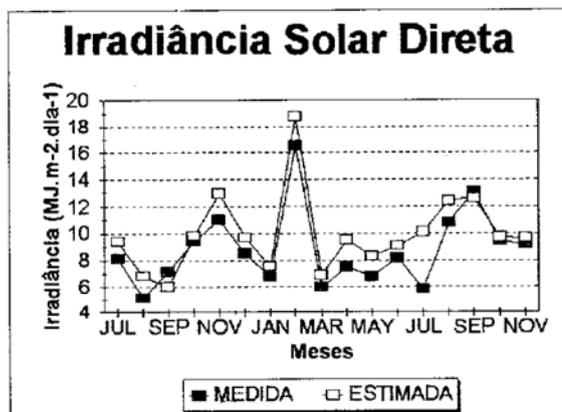


Figura 3 - Irradiância Solar Direta, medida e estimada (utilizando o modelo B).

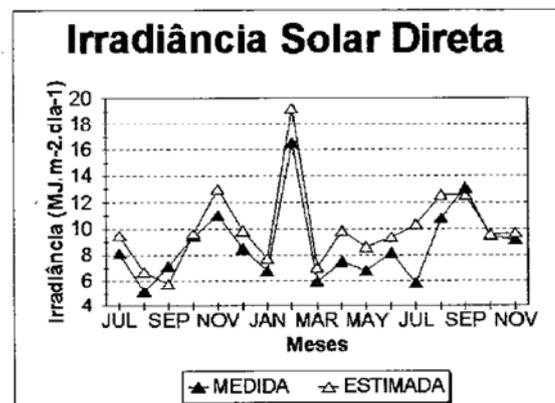


Figura 4 - Irradiância Solar Direta, medida e estimada (utilizando o modelo C).