

MEDIDOR UV DE BAIXO CUSTO

Sérgio da Silva Leal – sergio-lealifpe@hotmail.com
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)
Chiqueru Tiba – tiba@ufpe.br
Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Av. Prof. Luiz Freire, 1000 – CDU - CEP 50.740-540, Recife, PE, Brasil
Tel.:+5581 3453 6019, Fax: +55 81 32718250
Manoel Henriques de S. Campos Filho - henriques.campos@hotmail.com
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

RESUMO: Informações sobre a radiação solar ultravioleta (UV) no Brasil e no mundo são escassas devidas principalmente aos elevados custos dos equipamentos e sensores, além dos custos operacionais e na manutenção de uma rede de estações de medições. O conhecimento dos níveis de radiação UV para uma determinada região é de grande importância, uma vez que essa radiação afeta tanto os seres vivos como materiais de uso externo. Este trabalho tem como objetivo apresentar um medidor ultravioleta de baixo custo, capaz de armazenar informações sobre a radiação global (G) em escala de minuto e mediante modelos estatísticos, calcular a radiação UV (A+B). Testes preliminares comprovaram um bom desempenho estatístico quando comparado com os dados coletados a partir de um segundo conjunto de sensores acoplados a outro coletor (CR1000). Em escala de minutos, a radiação UV (A+B) calculada pelo medido UV apresentou um RMSE% de 13,01% e em escala horária 6,90%.

Palavras Chaves: uv, correlação e estimativa.

INTRODUÇÃO

A intensidade da radiação solar UV no topo da atmosfera terrestre representa basicamente 7% do espectro solar. O espectro dessa radiação é normalmente subdividido em três intervalos: UVA (320-400 nm), UVB (280-320 nm) e UVC (100-280 nm). As radiações UVA e UVB alcançam a superfície terrestre, porém a UVC é totalmente absorvida na estratosfera, onde se concentra uma grande quantidade de ozônio. Os efeitos produzidos pela radiação UV são benéficos aos seres humanos, uma vez que estimulam a produção de vitamina D, porém em excesso pode causar queimaduras, sardas, envelhecimento precoce, catarata, câncer de pele. O Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2009) estimou 114 mil casos de câncer do tipo não melanoma e 5930 casos de câncer do tipo melanoma no Brasil no ano de 2010. Além dos efeitos biológicos, a radiação ultravioleta é responsável pela degradação de materiais de uso externo como pinturas, coberturas e revestimentos. Assim, conhecer os níveis de incidência desta radiação é importante tanto para população como para indústria. Uma extensa pesquisa bibliográfica mostrou, porém, que as informações referentes à radiação solar UV (UVA + UVB) no Brasil e no mundo são escassas com baixa cobertura espacial e temporal (BARBERO et. al., 2006; ESCOBEDO et. al., 2007; CAÑADA et. al., 2008). Esse fato se deve, entre outros fatores, aos elevados custos dos equipamentos de medição. Perante tal fato, foi desenvolvido pelo grupo FAE (Fontes Alternativas de Energia) na Universidade Federal de Pernambuco, um coletor de dados portátil e de baixo custo para coletar a radiação global e calcular a radiação UV (A+B) considerando modelos estatísticos gerados para o estado de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Estação de medição e parâmetros

A Tabela 1 mostra as coordenadas geográficas, caracterização climática e período de medidas da estação de medidas da radiação UV e radiação solar global na cidade de Pesqueira.

Estações	Coordenadas geográficas			Clima	Período
	Lat.	Long.	Alt.(m)		
Pesqueira –PE	-8 ^o 24'	-36 ^o 46'	639	Tropical – semi-árido	setembro 08 / dezembro 10

Tabela 1 – Estação de medidas simultâneas da radiação UV e radiação solar

As medidas da radiação ultravioleta (UVA + UVB) foram obtidas a partir de um piranômetro do tipo TUVR (The Total Ultraviolet Radiometer) do fabricante Eppley e para medição da radiação global um piranômetro preto e branco também do mesmo fabricante. Os sensores foram acoplados a um sistema de aquisição de dados da CAMPBELL, modelo CR-10X. Estes instrumentos foram programados para realizar leituras instantâneas a cada segundo totalizando 60 leituras por minuto. A partir da média aritmética destas leituras, obtém-se 1440 valores diários.

Fração solar ultravioleta F_{UV}

A relação entre a radiação ultravioleta e a radiação global para uma determinada região resulta na fração solar ultravioleta diária F_{UV} . O conhecimento de F_{UV} é importante para estimar a radiação ultravioleta em lugares onde não existam dados sobre a mesma, embora existam dados sobre radiação solar global. Nestes casos, a radiação ultravioleta poderá ser facilmente calculada através da seguinte expressão:

$$I_{UV} = F_{UV} \cdot I_G \quad (1)$$

onde, I_{UV} é a radiação ultravioleta sobre a superfície terrestre e I_G é a radiação global sobre a superfície terrestre.

É válido salientar que este método de estimativa se restringe ao local de origem das medidas ou a regiões com características climáticas muito semelhantes.

Medidor UV

O medidor desenvolvido é portátil e de baixo custo (inferior a US\$200,00). Ele é capaz de coletar a radiação global, calcular a radiação UV (A+B) baseado inicialmente em modelos ($I_{UV} = F_{UV} \cdot I_G$) gerados para o estado de Pernambuco (Leal et. al., 2011) e descarregar os dados armazenados através da saída serial de um computador. Para este trabalho foi considerado um modelo gerado por meio informações obtidas por uma estação de medição instalada no IFPE (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco) da cidade de Pesqueira, localizada na zona Agreste a 214 km da capital Recife.

A Figura 1 mostra o aspecto físico do coletor e o sensor utilizado na coleta de dados. O display de cristal líquido possibilita a visualização da data, hora, radiação global e UV (A+B), Figura 2.



Figura 1 – Vista frontal do coletor de dados e o sensor para medição da radiação global.



Figura 2 – Display exibe data, hora, radiação (A+B) e global.

Metodologia e comparação estatística

Para determinar e adotar um fator de conversão ao coletor foram feitas análises em escalas de minuto, hora e dia. Os dados coletados em escala horária e diária, no período de setembro de 2008 a dezembro de 2010, foram misturados aleatoriamente e divididos em dois grupos. O primeiro período foi utilizado para modelar a equação de estimativa da fração F_{UV} horária e diária. O segundo período para validação.

A mesma metodologia foi aplicada para os dados em escala de minutos, porém, foi escolhido aleatoriamente um dia para cada mês.

A validação da equação foi feita a partir dos indicadores estatísticos MBE% (Desvio médio) e RMSE% (Desvio médio quadrático)

$$MBE = 100 \frac{\sum_n (H_{UV-CALCULADO} - H_{UV-MEDIDO})}{\sum_n H_{UV-MEDIDO}} \% \quad (2)$$

$$RMSE = 100 \sqrt{\frac{\sum_n (H_{UV-CALCULADO} - H_{UV-MEDIDO})^2}{n}} \frac{1}{\sum_n \frac{H_{UV-MEDIDO}}{n}} \% \quad (3)$$

onde,

$H_{UV-CALCULADO}$ é a radiação ultravioleta calculada pelo modelo

$H_{UV-MEDIDO}$ é a radiação ultravioleta medida

n é o número de amostras

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Comparação estatística entre o coletor e o sistema de aquisição de dados CR1000 da CAMPBELL

O coletor foi calibrado para trabalhar com um piranômetro espectral de precisão (PSP) do fabricante Eppley. Para medir o desempenho estatístico do coletor, um segundo sensor PSP também do fabricante Eppley foi acoplado a um sistema de medição CR1000 do fabricante CAMPBELL. As medidas simultâneas de ambos os equipamentos resultaram no gráfico visto na Figura 3.

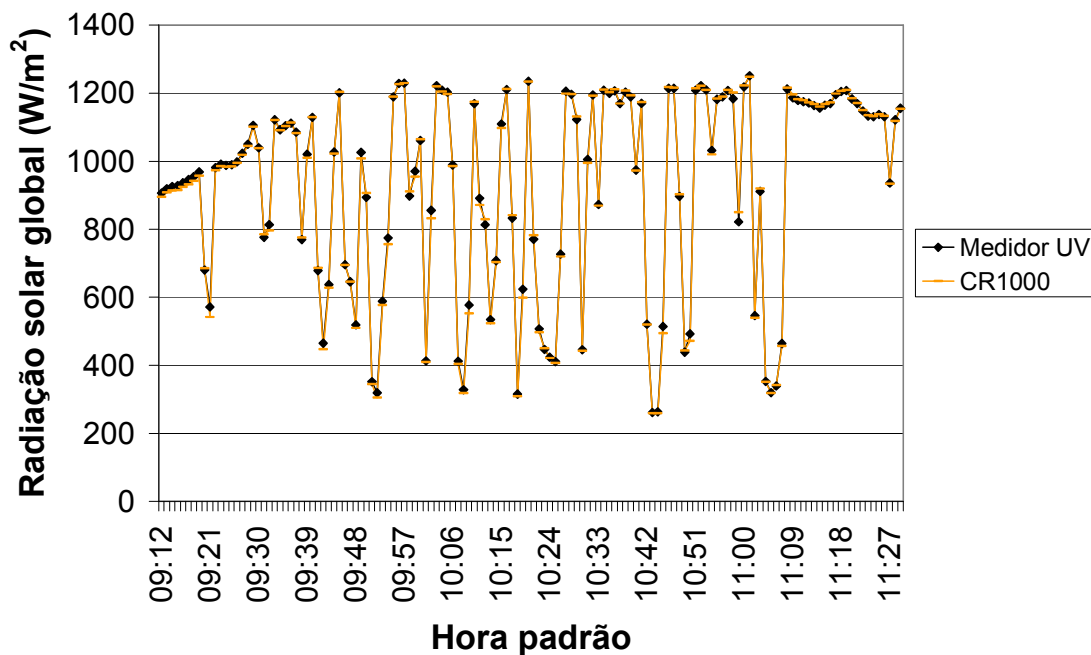
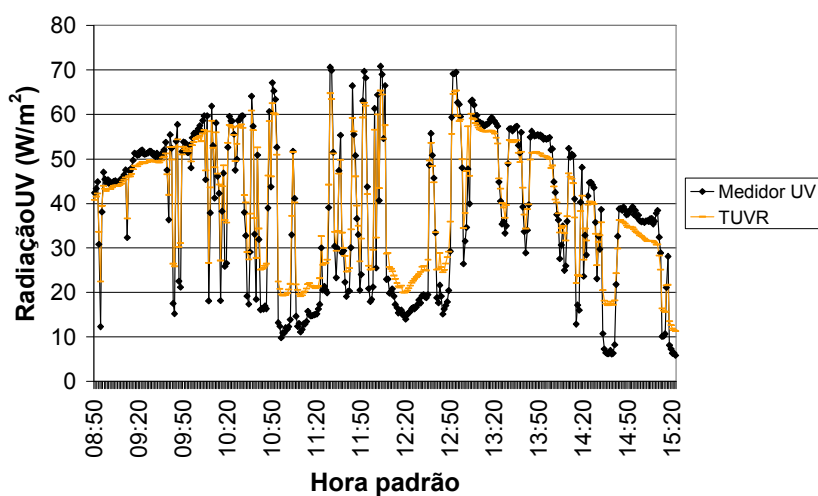


Figura 3 – Curvas da radiação solar global geradas pelo coletor e o CR1000 em um período do dia juliano 303.

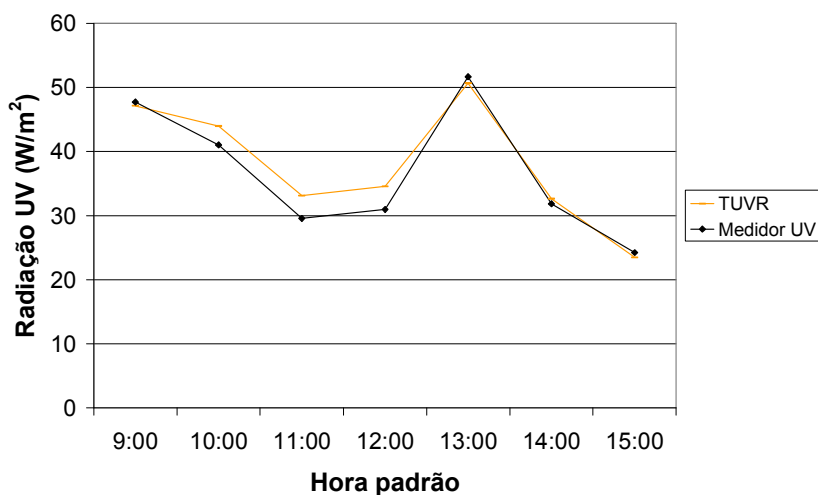
O coletor apresentou um bom desempenho estatístico quando comparado ao CR1000. Os dados coletados em escala de minutos apresentaram um MBE% = -0,298% e um RMSE% = 0,99%, que são valores bastante aceitáveis quando leva-se em consideração a precisão de cada sensor.

Conforme a correlação da radiação UV e global em escala de minutos, horas e dias, foi possível encontrar um fator de conversão para ser adotado pelo medidor UV. Os modelos em escala de minutos, horas e dias apresentaram respectivamente um MBE% igual a 2,87%, 2,95%, 0,4% e um RMSE% de 16,10%, 9,99% e 6,34%. Trabalhos publicados anteriormente para estimativa da radiação UV (A+B) horária e diária, a partir da fração ultravioleta, apresentaram desempenhos estatísticos semelhantes e frações médias de mesma ordem de grandeza (Martinez-Lozano et. al., 1999; Canadá et. al. 2003; Escobedo et. al., 2007). Espera-se desta forma, que os dados calculados pelo coletor apresente um desempenho estatístico semelhante aos modelos.

A Figura 4 (a) e (b) mostram respectivamente as curvas em escala de minuto e hora geradas pelo coletor (verde) na cidade de Pesqueira no período de 8:50 horas a 15:20 do dia juliano 55 de 2011. Em vermelho destaca-se a curva gerada por um TUVR acoplado a um sistema de aquisição de dados CR1000.



(a)



(b)

Figura 4 – Curvas geradas por um TUVR acoplado a um CR1000 (vermelho) e pelo medidor UV a partir da radiação solar global (verde).

Os dados fornecidos em escala de minuto pelo medidor apresentaram um MBE% = 3,46% e um RMSE% = 13,01%, quando comparados com os dados gerados pelo TUVR. Os valores médios horários apresentaram um MBE% = 3,20% e um RMSE% = 6,90%. Estes resultados são aceitáveis, uma vez que os modelos mostrados anteriormente indicavam um RMSE% = 16,10% e 9,99%.

CONCLUSÕES

As medidas realizadas na cidade de Pesqueira possibilitaram a determinação da equação de estimativa da fração F_{UV} . A partir dessa equação pode-se calcular a radiação UV conhecendo-se a radiação global nas regiões circunvizinhas à cidade de Pesqueira. Mediante tal fato, foi desenvolvido pelo grupo FAE na Universidade Federal de Pernambuco, um medidor UV portátil e de baixo custo para coletar a radiação global e calcular a radiação UV (A+B) considerando a fração UV. Os dados de radiação global coletados, em escala de minutos, e processados pelo medidor apresentaram um $MBE\% = 3,46\%$ e um $RMSE\% = 13,01\%$ quando comparados com os dados fornecidos por um TUVR padrão conectado a um coletor CR1000. Os resultados comprovam um bom desempenho estatístico do medidor sendo assim mais uma ferramenta eficiente e de baixo custo para a medição e coleta da radiação UV.

REFERÊNCIAS

- Barbero, F. J.; Lopez, G.; Batlles, F.J. (2006). Determination of daily solar ultraviolet radiation using statistical models and artificial neural networks. *Annales Geophysicae*, 24, pp.2105 - 2114.
- Cañada, J.; Esteve, A. R.; Marin, M. J.; Utrillas, M. P.; Tena, F.; Martinez-Lozano, J. A., (2008). Study of erythemal, UV(A+B) and global solar radiation in València (Spain), *International Journal of Climatology*, 28, pp.693 – 702.
- Escobedo, J. F.; Gomes E. N.; Pai, A. D.; Oliveira A. P.; Soares J. (2007). Equações de estimativa diária para as radiações UV, PAR e IV em função da radiação global para cobertura atmosférica parcial total. I CBENS – Congresso Brasileiro de Energia Solar. Fortaleza.
- Inca (2009) – Instituto Nacional do Câncer. Incidência de câncer no Brasil. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/estimativa/2010>. Acesso em: dez. 2009.
- Leal, S. S.; Tiba, C., T.; Piacentini, R. D. (2011). Daily UV radiation modeling with the usage of statistical correlations and artificial neural networks, *Renwable Energy* 36, pp.3337 – 3344.
- Martinez-Lozano, J. A.; Tena, F.; Utrillas, M. P. (1999). Ratio of to global broad band irradiation in Valencia Spain. *International Journal of Climatology*, 19, pp. 903 – 911.

ABSTRACT

Information on the ultraviolet solar irradiation (UV) in Brazil and throughout the world is scarce mainly due to the high costs of equipment and sensors, besides the operational costs in the implementation of a measurement station. The knowledge of the UV irradiation levels for a given region is of great importance, once this radiation affects not only the living beings but also the external usage material. This work aims to introduce a microcontrolled low cost ultraviolet measurer, capable of storing information on the global radiation (G) in minute scale and by means of a statistical correlation (UV/G), calculate the UV (A+B) radiation. Preliminary tests have shown good statistical performance when compared to data collected from a second set of sensors coupled with commercial datalogger (CR1000). In minute scale, the UV (A+B) estimate by the UV measurer, has shown $RMSE\%$ of 13.0%, and 6.90% in hourly scale.

Keywords: uv, correlation and estimative.