



Modelo Empírico para determinação do Índice UV, obtido com dados do Radiômetro e do Biômetro para o Observatório Espacial do Sul.

Samara Carbone (1,2), Robinson L. Manfro (1,2), Rafael Peres (1,2), Caroline Bertagnolli (1,2), Damaris K. Pinheiro (1), Augusta A. M. P. Schuch (1), Mary T. Kayano (3), Nelson J. Ferreira (3), Kazuo Makita (4) e Nelson J. Schuch (2).
(1) Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM, (2) Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT, (3) Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE – MCT, (4) Tokushoku University.

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The Ultraviolet Index was created to advise the population about the solar exposure risk. It can be obtained through biologically active radiation detectors or UV detectors able to measure the irradiance for each wavelength. A network of UV – B Radiometers were installed in cities as: São Martinho da Serra – Brazil, Punta Arenas – Chile, Concepcion – Argentina and Rio Grande – Brazil, through a cooperation between the Tokushoku and Rikkyo Universities, in Japan, the Federal University of Santa Maria and the Southern Regional Space Research Center of the National Institute for Space Research, in Brazil. These equipments measure the accumulated UV Radiation in the spectral range from 280 to 315 nm, which does not permit the radiation be weighed with the Erythema Action Spectrum (*Mckinlay-Diffey*). The aim of this work is to calculate a model which infers the Ultraviolet Index by UV – B Radiometer MS 210 W data using a Biometer 501 A as reference. The equipments used in this analysis are installed at Southern Space Observatory SSO/CRSPE/INPE – MCT, in São Martinho da Serra, RS – Brazil. The period selected for this analysis was the months of June and November of 2003. Two functions were obtained comparing the Biometer and Radiometer data, one for each month. The models obtained made possible the calculus of the Ultraviolet Index. The correlation coefficients obtained by the models are 0.95 for June and 0.96 for November.

Introdução

Parte da Radiação Ultravioleta que atinge a superfície terrestre é responsável por inúmeros danos aos sistemas biológicos. Sabe-se que a exposição em curto prazo da Radiação UV-B pode causar redução da síntese da vitamina D no organismo humano, enquanto que a exposição em longo prazo pode causar câncer de pele,

catarata e supressão do sistema imunológico (Krzyscin *et al*, 2001). A exposição inadequada a Radiação UV-A é responsável por alterações no código genético.

A fim de alertar a população quanto à exposição solar inadequada, a comunidade científica criou o Índice Ultravioleta (I-UV). Este índice corresponde ao máximo de radiação solar UV diário, ponderado com o Espectro de Ação de Eritema (*Mckinlay-Diffey*). Quando este valor é expresso em “centi joule por centímetro quadrado” obtém-se uma variação de 0 a 16 (Kirchhoff,1995), onde os valores maiores que 10 são considerados muito elevados.

Normalmente, a obtenção do I-UV só é possível a partir de equipamentos que forneçam medida de Radiação UV para cada comprimento de onda, que é o caso do Espectrofotômetro Brewer, ou a partir de equipamentos de banda larga cuja resposta já é ponderada, como é o caso do Biômetro da Solar Light. A partir da Parceria entre as Universidades de Tokushoku e Rikkyo, no Japão, a Universidade Federal de Santa Maria e o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais do INPE/MCT, no Brasil, uma série de detectores de Radiação UV-B vem sendo instalada em países da América Latina. Estes detectores apenas fornecem a Radiação UV-B total. A fim de facilitar a divulgação e compreensão desses dados para a população, faz-se necessário calcular o Índice Ultravioleta. Nesse trabalho é apresentado um modelo matemático para inferir o I-UV para um Radiômetro usando um Biômetro como calibrador/comparador para dois períodos diferentes, Junho e Novembro de 2003.

Metodologia

Encontram-se instalados no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE - MCT (53.8 W, 29.4 S) os equipamentos: Biômetro 501 A da Solar Light, Espectrofotômetro Brewer MKIII #167 e Radiômetro UV-B MS 210 W. O primeiro é um detector de Radiação UV que opera na faixa de 280 a 340 nm, cuja resposta se aproxima da pele humana exposta à radiação solar. Isto é possível devido a um elemento sensor de fósforo e um diodo de AsGa (Arseneto de Gálio), no seu interior. Este equipamento mede a Mínima Dose Eritematosa (MED/h) e, portanto, com ele é possível obter o I-UV, efetuando uma medida por hora. O Espectrofotômetro Brewer efetua medidas de irradiância ultravioleta a cada 0,5 nm, na faixa de 286,5 a 363,0 nm, que pode ser ponderada com o Espectro de Ação de Eritema e o I-UV obtido, utilizando o software UVBrewer versão 2.1. O Brewer permite uma medida de Radiação UV a cada trinta

minutos, aproximadamente. O Radiômetro fornece a medida de Radiação em toda a faixa do UV-B (280 a 315 nm), em W/m^2 , a cada minuto. Como este equipamento não fornece uma medida de irradiância por comprimento de onda, seus dados são correlacionados com os dados do Biômetro e um modelo é proposto para encontrar o I-UV para o Radiômetro.

O período de dados utilizado para análise foram os meses de Junho e Novembro de 2003. Estes meses foram selecionados porque são períodos de pequena e grande incidência de Radiação UV, respectivamente, na Região Sul do Brasil. Nesta análise, os dois meses são analisados separadamente, a fim de comparar as funções encontradas. Foram estabelecidos alguns critérios na seleção dos dados para análise: i) são utilizados dias com e sem interferência de nuvens, ii) é adotada uma medida de Radiação UV-B por hora e iii) são adotadas medidas de Radiação UV-B diárias no intervalo das 09h00min às 23h00min(GMT).

Os valores de Radiação Eritematosa (MED/h) do Biômetro em mMED/h e os do Radiômetro em W/m^2 , foram correlacionados a fim de que se obtivesse uma função que melhor descrevesse seu comportamento.

Resultados

Os dados de ambos os períodos se ajustaram a funções lineares (Eq. 1 e Eq. 2), com correlações de $R = 0.95$ e $R = 0.96$, para Novembro e Junho, respectivamente.

$$Y = 2736.44387 \cdot X \quad (1)$$

$$Y = 2628.84916 \cdot X \quad (2)$$

Onde, "Y" corresponde aos dados do Biômetro e "X" aos dados do Radiômetro, e a função foi forçada a passar pela origem das coordenadas (0,0).

Os respectivos erros das funções foram calculados e ambos resultaram em $\pm 1\%$.

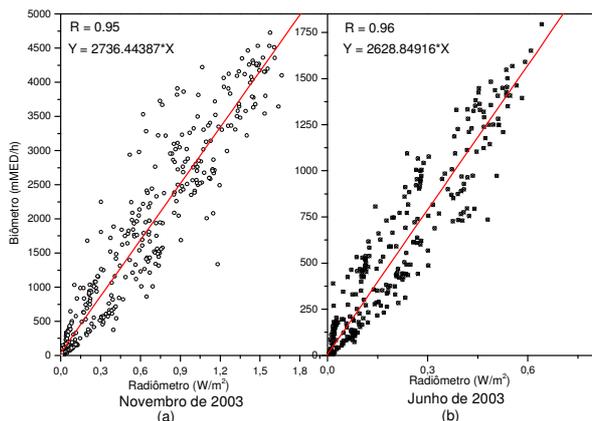


Fig. 1 – Correlações entre dados de Radiação UV entre Biômetro e Radiômetro para os meses de (a) Novembro de 2003 e (b) Junho de 2003.

Os dados do Radiômetro foram corrigidos com a função encontrada. O Biômetro é calibrado para o tipo de pele mais sensível, portanto, para a obtenção do I-UV os

dados de ambos os equipamentos foram multiplicados pela constante de calibração do Biômetro (CCB), neste caso $CCB = 0.0021$.

Por definição, o I-UV corresponde ao máximo valor de radiação ao longo de um dia. Em dias sem interferência de nuvens, isso ocorre entre 15h00min e 16h00min (GMT). Foram tomados os I-UV de cada dia do período analisado e foram comparados com os I-UV obtidos pelo Espectrofotômetro Brewer, como apresentado nas Figuras 2 e 3, para cada mês da análise, separadamente.

Para os três equipamentos podem-se verificar comportamentos muito parecidos para os dois meses. Os I-UV obtidos a partir do Brewer apresentam-se, em geral, maiores que os demais, isso é devido a dois fatores: banda espectral e hora de pico. A banda espectral do Brewer é maior que a do Biômetro, que por sua vez é maior que a do Radiômetro. Sabe-se que a maior parte da Radiação Eritematosa está contida na banda do UV-B, mas uma pequena parcela de Radiação Biologicamente Ativa ainda está presente na Radiação UV-A. Outro fator a ser considerado é o horário de pico. No caso do Brewer, devido a sua rotina interna ser controlada pelo ângulo solar zenital e não pelo horário, suas medidas ocorrem com alguns minutos de diferença em relação aos demais equipamentos. Como foi selecionada apenas uma medida a cada hora, para os dias em que o pico máximo ocorre entre 15h00min e 16h00min, o Radiômetro e o Biômetro não detectaram este valor e o Brewer sim, pois mede de 30 em 30 minutos. Isso, acrescido ao fato da banda espectral do Brewer ser muito mais abrangente, explica o fato dos I-UV do Espectrofotômetro Brewer diferirem um pouco dos demais equipamentos.

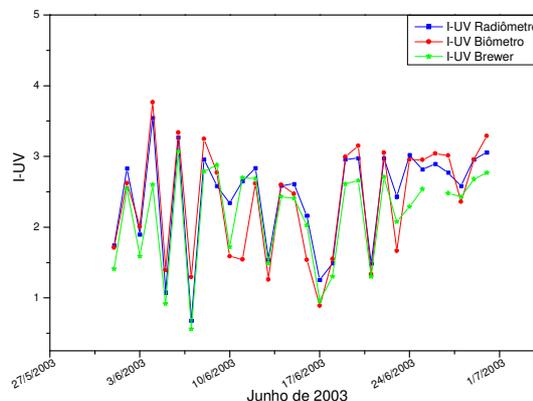


Fig. 2 – I-UV obtidos para cada dia do mês de Junho de 2003 para os três equipamentos instalados no OES.

Um fator importante que interfere nas medidas de I-UV é a cobertura de nuvens. Sabe-se que as nuvens são grandes atenuadoras de Radiação, porém, atenuam de forma diferente a radiação vinda do Sol. Por exemplo, o efeito de cobertura das nuvens para toda a Radiação Solar é 33% maior do que o efeito apenas sobre a Radiação Eritematosa, (Alados-Arboledas *et al*, 2003).

A interferência das nuvens sobre as medidas é exemplificada pela Figura 4 (a). Neste dia, 1/11/2003, o I-UV para o Radiômetro é 3, enquanto que para o

Biômetro é 6. Quando se tem cobertura não contínua de nuvens, como neste dia, apenas um equipamento pode estar tendo sua linha de visada coberta pelas nuvens, enquanto o outro não. Um típico dia de céu limpo, sem interferência de nuvens está representado na Figura 4 (b). Refere-se ao dia 21/11/2003, neste dia o I-UV para o Radiômetro foi de 8 o mesmo para o Biômetro, como apresentado na Tabela 1.

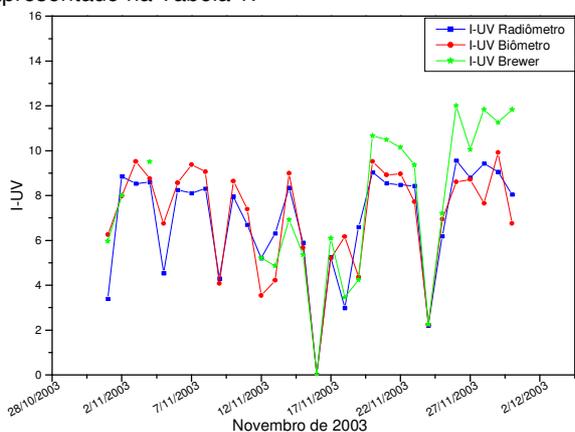


Fig. 3 – I-UV obtidos para cada dia da análise com os três equipamentos instalados no Observatório Espacial do Sul, para o mês de Novembro de 2003.

Como a Radiação UV varia com a quantidade de gases traço e quantidade de aerossóis na Atmosfera, espalhamento Rayleigh, latitude geográfica, altitude, cobertura de nuvens, ângulo solar de zênite, entre outros fatores (Robinson, 1966; Coulson, 1975; Lenoble, 1993), é provável que a função encontrada não seja a mais apropriada para a obtenção do I-UV em outras localidades. Para a obtenção de uma função para inferir o I-UV das outras localidades, seriam necessárias campanhas com o Biômetro em outras cidades, onde se encontram instalados Radiômetros, o que está sendo planejado ainda para este ano.

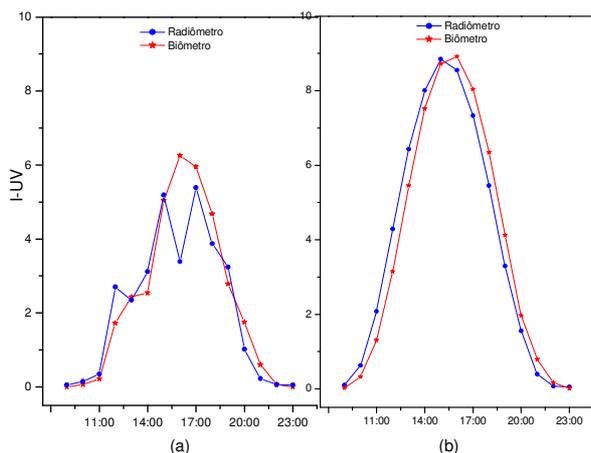


Fig. 4 (a) – I-UV obtido para um dia com interferência de nuvens, 01/11/2003, (b) I-UV obtido para um dia típico, sem interferência de nuvens, no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT.

Tab. 1 – I-UV calculado para o Radiômetro e medido pelo Biômetro e Espectrofotômetro Brewer para cada dia do mês de Junho de 2003, com o horário de pico no Observatório Espacial do Sul. Em negrito estão os dias sem interferência de nuvens.

Dia	Horário de pico	I-UV Rad	I-UV Bio	I-UV Brewer
1/6/2003	15:00	1,7	1,7	1,4
2/6/2003	15:00	2,8	2,6	2,5
3/6/2003	17:00	1,9	2,0	1,6
4/6/2003	16:00	3,5	3,8	2,6
5/6/2003	17:00	1,1	1,4	0,9
6/6/2003	16:00	3,3	3,3	3,1
7/6/2003	18:00	0,7	1,3	0,6
8/6/2003	16:00	3,0	3,2	2,8
9/6/2003	16:00	2,6	2,8	2,9
10/6/2003	14:00	2,3	1,6	1,7
11/6/2003	15:00	2,7	1,5	2,7
12/6/2003	16:00	2,8	2,6	2,7
13/6/2003	15:00	1,5	1,3	1,5
14/6/2003	16:00	2,6	2,6	2,4
15/6/2003	15:00	2,6	2,5	2,4
16/6/2003	14:00	2,2	1,5	2,0
17/6/2003	15:00	1,3	0,9	1,0
18/6/2003	16:00	1,5	1,5	1,3
19/6/2003	16:00	3,0	3,0	2,6
20/6/2003	16:00	3,0	3,2	2,7
21/6/2003	17:00	1,5	1,3	1,3
22/6/2003	16:00	3,0	3,1	2,7
23/6/2003	17:00	2,4	1,7	2,1
24/6/2003	16:00	3,0	3,0	2,3
25/6/2003	16:00	2,8	3,0	2,5
26/6/2003	16:00	2,9	3,0	*
27/6/2003	16:00	2,8	3,0	2,5
28/6/2003	16:00	2,6	2,4	2,4
29/6/2003	16:00	3,0	3,0	2,7
30/6/2003	16:00	3,1	3,3	2,8

Tab. 2 – I-UV de todos os equipamentos para cada dia do mês de Novembro de 2003, com o horário de pico calculados no Observatório Espacial do Sul. Em negrito estão os dias sem interferência de nuvens.

Dias	Horário de pico	I-UV Rad	I-UV Bio	I-UV Brewer
1/11	16:00	3,4	6,3	6,0
2/11	16:00	8,9	8,0	8,0
3/11	16:00	8,5	9,5	*
4/11	15:00	8,6	8,8	9,5
5/11	16:00	4,5	6,8	*
6/11	16:00	8,2	8,6	*
7/11	16:00	8,1	9,4	*
8/11	16:00	8,3	9,1	*
9/11	16:00	4,3	4,1	*
10/11	16:00	8,0	8,6	*
11/11	16:00	6,7	7,4	*
12/11	18:00	5,2	3,5	5,2
13/11	18:00	6,3	4,2	4,9
14/11	15:00	8,3	9,0	6,9
15/11	14:00	5,9	5,7	5,4
16/11	14:00	0,2	0,2	0,1
17/11	16:00	5,2	5,2	6,1
18/11	17:00	3,0	6,2	3,5
19/11	15:00	6,6	4,4	4,2
20/11	16:00	9,0	9,5	10,7
21/11	16:00	8,6	8,9	10,5
22/11	16:00	8,5	9,0	10,2
23/11	15:00	8,4	7,7	9,4
24/11	16:00	2,2	2,2	2,3
25/11	15:00	6,2	6,9	7,2
26/11	16:00	9,6	8,6	12,0
27/11	17:00	8,8	8,7	10,1
28/11	16:00	9,4	7,7	11,8
29/11	16:00	9,1	9,9	11,3
30/11	15:00	8,1	6,8	11,8

Conclusões

A análise de cada um dos meses propostos levou a obtenção de funções muito semelhantes. Ambas as funções encontradas são lineares com coeficientes de correlação altos: 0.95 e 0.96, para os meses de Novembro e Junho de 2003, respectivamente.

Quando os I-UV obtidos pelo Radiômetro e Biômetro foram comparados aos do Brewer, estes apresentaram comportamentos semelhantes para os dois meses analisados. Pode-se observar que as nuvens causaram interferências significativas nas modelagens. Apesar da grande diferença de Radiação entre os meses de Junho

e Novembro de 2003, os coeficientes das correlações não variaram significativamente levando a um mesmo tipo de função. Tal efeito é esperado e pode levar a dedução de apenas uma função quando analisado o ano inteiro. Uma análise anual será o próximo passo a ser desenvolvido neste trabalho.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer o apoio da FAPERGS e CNPq pelas bolsas concedidas, e ao Ministério do Meio Ambiente e Agência Espacial Brasileira pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

- Alados-Arboledas, I., Alados, I., Foyo-Moreno, Olmo, J. F. e Alcántara, A. 2003, The influence of clouds on surface UV erythema irradiance: Atmospheric Research, Vol.
- Krzyscin, J. W., Jaroslowski, J., Sobolewski, P., 2001, On an improvement of UV index forecast: UV index diagnosis and forecast for Belsk, Poland, in Spring = Summer 1999: Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 63, p 1593-1600, Abril.
- Kirchhoff, V. W. J. H., 1995, Ozônio e radiação UV-B: Transtec Editora, São José dos Campos, p73.
- Robinson, N., 1966, Solar Radiation. Amsterdam: Elsevier Publishing Company, p347.
- Coulson, K. L., Solar and terrestrial radiation: methods and measurements, New York: Academia Press, p322.
- Lenoble, J., 1993, Atmospheric Radiative Transfer. Hampton: A DEEPAK Publishing, p532.