

# Índices de Radiação Ultravioleta: Estudo Comparativo entre Modelo de Transferência Radiativa e Observações à Superfície

Simone Sievert da Costa<sup>1</sup>, Marcos Rodrigues<sup>1</sup>, Juan Ceballos<sup>1</sup>, Marcelo de Paula Corrêa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, Centro de Previsão de Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. e-mail {simone.sievert, marcos.rodrigues; juan.ceballos@cptec.inpe.br}, <sup>2</sup>Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais. e-mail mpcorrea@unifei.edu.br

**ABSTRACT:** According to national health institutions, the skin cancer rates related to sun exposure have been increased over around the world. In this context, continuous and operational monitoring of ultraviolet Index (UVI) has been adopted as a public health tool to combat the skin diseases due to sun exposure. The Satellite and Environmental Division of the CPTEC has a monitoring UVI system based on radiative transfer model and satellite information. This study has two aims: a) to present some preliminary results on the cloud effect on IUV and b) the evaluation of the estimated UVI. The cloud effect and the evaluation of IUV are based on data measured over a site located at São Paulo city during the year of 2006. Results show that dense clouds can reduce more than 70% the IUV. Preliminary results on the evaluation of the DSA's UVI monitoring system show that there is a high correlation of around 0.8 between estimated and observed UVI, and the root mean square error is smaller than 1.5. Although the estimated UVI is in a good agreement with observation there is a need to build a better cloud parameterization into the model and extend the evaluation to other regions with more ground true observation.

**Palavras-chave:** Índice de Radiação Ultravioleta, estimativa de radiação UV

## 1 – INTRODUÇÃO

O presente estudo enfoca aspectos associados ao monitoramento da radiação ultravioleta (R-UV) como uma ferramenta de auxílio à saúde pública na prevenção e combate ao câncer de pele no Brasil. Atualmente, a Divisão de Satélites Ambientais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DSA/INPE) é um dos poucos centros meteorológicos da América do Sul que estima e disponibiliza diariamente níveis de radiação ultravioleta relevantes aos efeitos sobre a pele humana. O objetivo do presente projeto é avaliar experimentalmente os níveis de R-UV gerados na DSA/CPTEC através da validação do modelo numérico de R-UV. A avaliação é realizada através de comparações entre os índices de radiação ultravioleta estimados e observados à superfície.

O Índice Ultravioleta (IUV ou índice UV) é uma medida da intensidade da radiação UV, incidente sobre a superfície da Terra, relevante aos efeitos sobre a pele humana. O conceito do índice de UV foi proposto pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e Organização Mundial de Meteorologia (OMM) como um parâmetro físico que possa ajudar a população entender os efeitos nocivos da radiação solar. Este índice é independente dos fatores genotípicos, de modo que é universalmente aplicável a qualquer indivíduo da população sem levar em conta a cor da pele. Os índices de UV geralmente variam de 0 a 16, e são categorizados em 6 níveis de risco: 0-2 Mínimo, 3-4 Baixo, 5-6 Moderado, 7-9 Alto, 10 Muito Alto, 10+ Extremo. Para cada um desses níveis de riscos recomendam-se medidas de prevenção, entre estas destacam-se, o uso de chapéus, óculos, protetores solares.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Os índices de UV da DSA são estimados a partir de cálculos de irradiância espectral através do modelo de transferência radiativo UVSIM (UltraViolet SIMplified Model; Correa et al., 2003). O modelo computacional é baseado no método de dois fluxos e considera o efeito do espalhamento molecular Rayleigh e absorção do ozônio. A resposta espectral da pele humana é considerada no modelo através da função peso que foi proposta por Mc' Kinley & Diffey (1987). Os dados de entrada no UVSIM são parâmetros de coordenadas temporais (hora, dia) e geográficas (latitude, longitude), concentração de ozônio estimada via satélite OMI, e nuvens. Nuvens são descritas no modelo UVSIM seguindo a metodologia de Schwander et al., (2002), o qual considera que a atenuação do IUV pelas nuvens pode ser caracterizada através de um fator multiplicador. Este fator conhecido como “Cloud modification factor (CMF)” depende da frequência de nebulosidade, ou seja, da concentração de nuvens em unidade de porcentagem. A metodologia de Schwander et al., (2002) foi adaptada para a América do Sul, assumindo que o CMF é dependente do tipo de nuvem ao invés da frequência. Sendo assim, para a classificação de nuvens foi utilizado o produto de classificação de nuvens da DSA/CPTEC (Bottino e Ceballos, 2003), a qual é baseada nos dados do satélite GOES. O uso de dados de satélite para descrever a nebulosidade instantânea enfoca aspectos inéditos desta metodologia.

Neste estudo foram utilizados dados provenientes da série temporal de índices de UV observados por biômetros no campus da cidade universitária da USP, na cidade de São Paulo. Estes dados pertencem ao projeto de pesquisa da FAPESP nº 04/00937-3 (Corrêa et al., 2004). A comparação entre previsões e observações permite acessar a qualidade das previsões de índice de UV disponíveis na página da DSA/CPTEC, e também avaliar o efeito da nebulosidade.

## 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a variação diária sazonal do IUV sobre o campus da USP em São Paulo durante o ano de 2006. Em termos do comportamento anual dos níveis de R-UV, verifica-se que os dados estimados através do modelo de transferência radiativa (Fig. 1 a) apresentam comportamento bastante similar aos dados observados. Ambas as fontes de dados (observações e estimativas) mostram que o ciclo anual e diário do IUV é muito bem definido, e está relacionada principalmente a configuração da posição Sol-Terra. O IUV máximo diário em São Paulo ocorre por volta das 15:00 UTC (meio dia local), período em que o sol atinge seu zênite. Durante o ano, o IUV sob condições de céu claro (Fig. 1a) varia de 6 (alto) durante os meses de inverno para 14.5 (extremos) durante os meses de verão. Comparando com a cidade de Pelotas, a correspondente variação do IUV ocorre de 2-3 (baixo - moderado) durante o inverno a 14 durante o verão (Costa et. al.2008). O conhecimento da variação sazonal do IUV sobre uma determinada localidade é bastante importante para os gestores da saúde, pois estes podem aperfeiçoar as ações estratégicas de combate as doenças associadas à exposição solar (ex. campanhas de prevenção).

Durante o período de verão, observa-se que níveis extremos (valores acima de 11) do IUV ocorrem durante quatro horas do dia, das 13UTC e 17 UTC (10:00 e 14:00 hrs local). Durante este mesmo horário, o IUV atinge valores menores do que 6 no inverno. A divulgação dos valores de IUV máximo ao meio dia solar e sob condições de céu claro é recomendada pela OMS. Porém nuvens podem extinguir a radiação ultravioleta, diminuindo sua incidência à superfície e conseqüentemente reduzindo o IUV. A influência de nuvens sobre o IUV pode ser observado na Figura 1b, onde mostra que o IUV atinge os valores extremos para alguns

dias de verão e para um período mais curto, entre às 14:00 e 16:00 UTC. As nuvens reduzem os níveis de radiação ultravioleta principalmente durante os períodos de máxima intensidade de radiação UV incidente.

Figura 2 mostra o produto de classificação de nuvens (a, cumulus, estratos, cirrus e multi-camadas), e as estimativas de IUV nas condições de céu sem nuvens (b) e com o efeito da nebulosidade (c). A OMS recomenda a divulgação dos níveis de R-UV ao meio dia solar para condições de céu claro. Esta recomendação deve-se ser entendida como um alerta da potencialidade dos níveis da radiação ultravioleta esperados para os próximos dias. No entanto, em termos do monitoramento destes índices, é importante considerar o efeito das nuvens. Exemplificando, a Fig. 2 b mostra que partes do Brasil apresentam valores extremos de IUV assumindo condições de céu claro, porém estes índices reduzem para valores moderados nos estados do Maranhão, Tocantins e Pará (Fig. 2 c, região em amarelo) sob condições de nebulosidade. Neste caso, o IUV é reduzido em 70% devido à presença de nuvens multi-camadas.

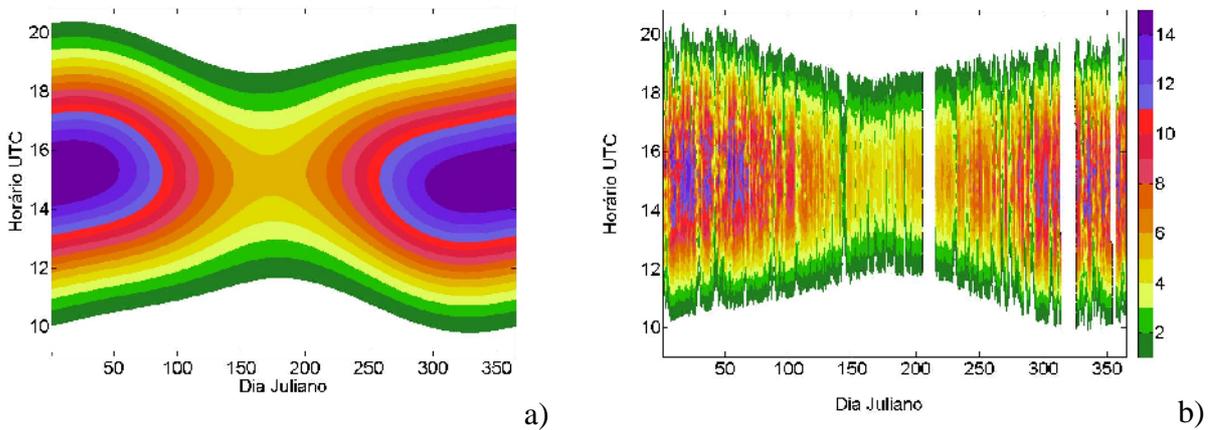


Figura 1 – Variação sazonal do IUV sobre o campus da USP na cidade de São Paulo em 2006. a) IUV calculado através do modelo UVSIM\_v2 sob condições de céu sem nuvens. b) IUV medido através de biômetro.

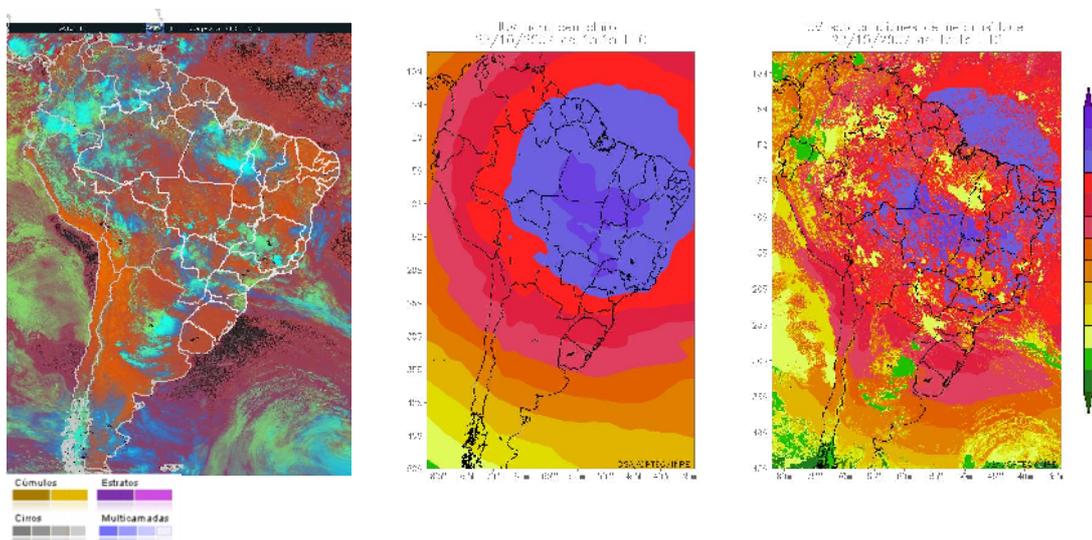


Figura 2 – a) Classificação de nuvens, b) estimativa do IUV sem nuvens, c) IUV estimado com nuvens. IUV para dia 22/10/2007 às 15:15 UTC.

A Figura 3 apresenta a comparação dos valores de IUV estimados através de modelo de transferência radiativa e dados de satélite (ozônio e nuvens) e aqueles observados por biômetro. Os valores estimados apresentam um bom acordo com os dados observados para o ano de 2006, correlação aproximadamente de 0.8. Porém, sabe-se que a uma melhor análise do efeito de diferentes tipos de nuvens nos níveis de radiação ultravioleta precisam ser mais bem avaliados. Para isso, sugere-se realizar um estudo minucioso que envolve a combinação de diferentes ferramenta de sensoriamento remoto e modelagem da transferência (exe. imagens de satélite, cálculos teóricos, testes estatísticos e observações de índice de UV).

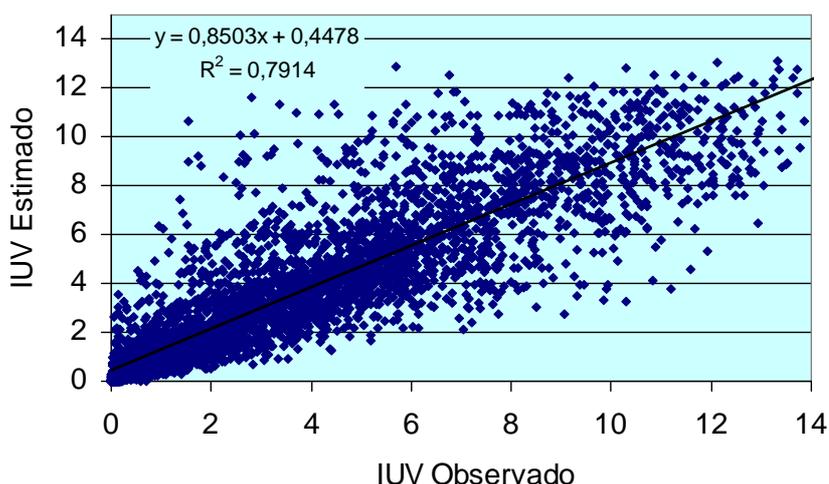


Figura 3 – Diagrama de dispersão dos dados de IUV observado versus estimado sobre a localidade de São Paulo, período de Jan a Dez, 2006. Dados observados através do biômetro a cada 10 minutos, e estimados através do modelo de transferência radiativa na mesma frequência temporal dos dados observados.

## 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bottino, M.J. e J.C. Ceballos. Classification of scenes in multispectral GOES-8 imagery. *Anais do XI*

*Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Belo Horizonte/MG, 05-10/abril/2003.

Corrêa, M. P.; Dubuisson, P.; Plana-Fattori, A. An overview of the ultraviolet index and the skin cancer cases in Brazil. *Photochemistry and Photobiology*, v. 78, n. 1, p. 49-54, 2003.

Corrêa, M. P. Estudo da influência de fatores atmosféricos e geográficos sobre os níveis de radiação ultravioleta em regiões de alta densidade populacional do estado de São Paulo. Projeto Fapesp nº 04/00937-3, 2004.

Costa, S. M. S. ; Corrêa, M. P. ; Ceballos, J. C. ; Paes, T. V. . Monitoramento dos Índices de Radiação Ultravioleta Via Satélite Nas Capitais Brasileiras No Biênio 2005-2007. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008, São Paulo. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008.

Mc Kinlay, A.F. e B.L. Diffey. A reference spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin.  
CIE J., 6(1), 17-22, 1987.

H. Schwander, P. Koepke, A. Kaifel and G. Seckmeyer, Modification of spectral UV irradiance by clouds, J. Geophys. Res. 107 (2002) (D16). 2002.