

MEDIDAS SISTEMÁTICAS DE RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA NAS CIDADES DE SÃO PAULO E CAMPOS DO JORDÃO

Marcelo de Paula Corrêa^{1,2} e Juan Carlos Ceballos²

RESUMO: Este artigo apresenta os resultados de medidas sistemáticas de radiação solar ultravioleta (R-UV), realizadas nas cidades de São Paulo e Campos do Jordão, entre 2005 e 2006. Tais medidas foram realizadas no âmbito do projeto de pesquisa “Estudo da influência de fatores atmosféricos e geográficos sobre os níveis de radiação UV em regiões de alta densidade populacional do estado de São Paulo”. O projeto, ainda em andamento, visa à melhoria dos conhecimentos sobre fenômenos inerentes às estimativas de R-UV, com o objetivo de se realizar estudos teórico-experimentais relacionados à influência da: a) presença de aerossóis; b) altitude da superfície; c) reflexão do solo; d) cobertura de nuvens; e, e) aproveitando a realização de medidas experimentais sistemáticas, sobre os níveis de R-UV em grandes centros urbanos e turísticos. Os resultados obtidos mostram a sazonalidade do índice ultravioleta (IUV) e alertam para os altos níveis registrados em ambas as localidades, mesmo nos meses de inverno, primavera ou outono.

ABSTRACT: This work shows systematic measurements of solar ultraviolet radiation (UVR), performed in São Paulo and Campos de Jordão cities. These measurements are being performed in the scope of the research project “Study of the influence of atmospheric and geographic factors on the UV fluxes in high population density areas of Sao Paulo state”. The project goals to study, not only the UVR levels in these cities, but also the influence: a) of the aerosols; b) surface altitude; c) surface albedo; d) cloud cover. The first results show the seasonality of the UVR levels and they highlight the high UV indexes measured in both sites, not only during the summer, but also in the winter, autumn and spring.

Palavras-chave: Radiação ultravioleta, São Paulo, Campos do Jordão.

INTRODUÇÃO

O projeto de pesquisa UVSP, acrônimo de “Estudo da influência de fatores atmosféricos e geográficos sobre os níveis de radiação UV em regiões de alta densidade populacional do estado de São Paulo”, propõe um conjunto de estudos sobre fluxos de radiação solar ultravioleta (R-UV) observados no Estado de São Paulo. A relevância da proposta pode ser atribuída, principalmente, a três fatores de interesse nesta temática. O primeiro relacionado à saúde pública, pois a exposição à R-UV está ligada ao desenvolvimento de neoplasias dos olhos, como a catarata, e da pele, como os carcinomas baso e espinocelulares e o melanoma maligno (Diffey, 1991). É sempre importante

¹ Instituto de Recursos Naturais – Universidade Federal de Itajubá – Av. BPS, 1303 – CEP 37500-903 – Itajubá/MG – Tel.: (35) 3629.1449 – contato: mpcorrea@unifei.edu.br

² Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais – CPTEC/INPE – Rod. Dutra, km 40 – CEP 12630-000 – Cachoeira Paulista/SP – Tel: (12) 3186.9399.

ressaltar que, no Brasil, os cânceres de pele são os mais comuns entre todos os casos de câncer diagnosticados no país e que possuem uma taxa elevada e crescente de surgimento de novos casos a cada ano (INCA, 2005). O segundo, de caráter social, já que as medidas são realizadas em uma das maiores aglomerações urbanas do mundo, a cidade de São Paulo, e em uma estância turística montanhosa com fluxo intenso de turistas. Tal condição permite estabelecer critérios de divulgação dos resultados com vistas às necessidades de conscientização aos efeitos nocivos do excesso de exposição ao sol (Corrêa, 2004). E, o terceiro motivo, de caráter científico, relacionado à melhoria dos conhecimentos sobre os elementos que influenciam a avaliação dos fluxos de R-UV, tais como a presença de aerossóis, a cobertura de nuvens, a altitude da superfície e a reflexão do solo (Vanicek et al., 2000). Tal atividade é inédita nestas localidades e representam a primeira fonte de informação fidedigna sobre R-UV em um grande centro urbano e em uma estância turística de altitude no país.

Devido à extensão do tema, este artigo se restringe apenas aos primeiros resultados das medidas realizadas. Deste modo, além da apresentação dos objetivos deste projeto científico, oferece-se um panorama nos níveis de R-UV observados e suas relações com as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS) quanto à conscientização e proteção à saúde (WHO, 2002).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de R-UV foram coletados por biômetros Solar Light UV modelo 501A (<http://www.solarlight.com>) instalados nas cidades de São Paulo (SP) [lat: 23,56° S; lon: 46,73° O; alt: 865 m] e Campos do Jordão (CJ) [lat: 22,71° S; lon: 45,57° O; alt: 1590 m]. Um dos instrumentos (número de série #8880) está instalado no topo do edifício do Peletron, na cidade Universitária, campus da Universidade de São Paulo, junto a outros instrumentos para estudos sobre radiação atmosférica. Dentre eles, um fotômetro Cimel (rede AERONET), dois espectrofotômetros espectrais (*Multi-Filter Rotating Shadowband Radiometer*), além de pirgeômetros e radiômetros PAR (radiação fotossinteticamente ativa). Os dados coletados por tais sensores complementam os estudos sobre R-UV previstos no projeto. O outro sensor (#8881) está instalado no bairro do Capivari, centro turístico da cidade de Campos do Jordão, junto a uma plataforma coletora de dados (PCD) (<http://tempo.cptec.inpe.br:9080/PCD/metadados.jsp?uf=24&id=32527&tipo=MET>). Ambos os sensores estão instalados em locais de grande circulação, refletindo níveis reais de R-UV recebidos pela população.

O período de coleta se iniciou em junho de 2005, mas permanece sem interrupções apenas no sítio de SP. Em fevereiro de 2006, o sensor foi provisoriamente retirado de CJ para calibração e comparação com um terceiro sensor adquirido no âmbito do Projeto UVSP. Em breve, além do retorno das medidas em CJ, também deverão ser realizadas medidas em uma estância litorânea do

estado. Em todos os sítios, os sensores são programados para fazerem leituras a cada segundo e registrar os valores médios e máximos obtidos em intervalos de 10 minutos.

RESULTADOS

A figura 3 mostra os valores de IUUV para SP

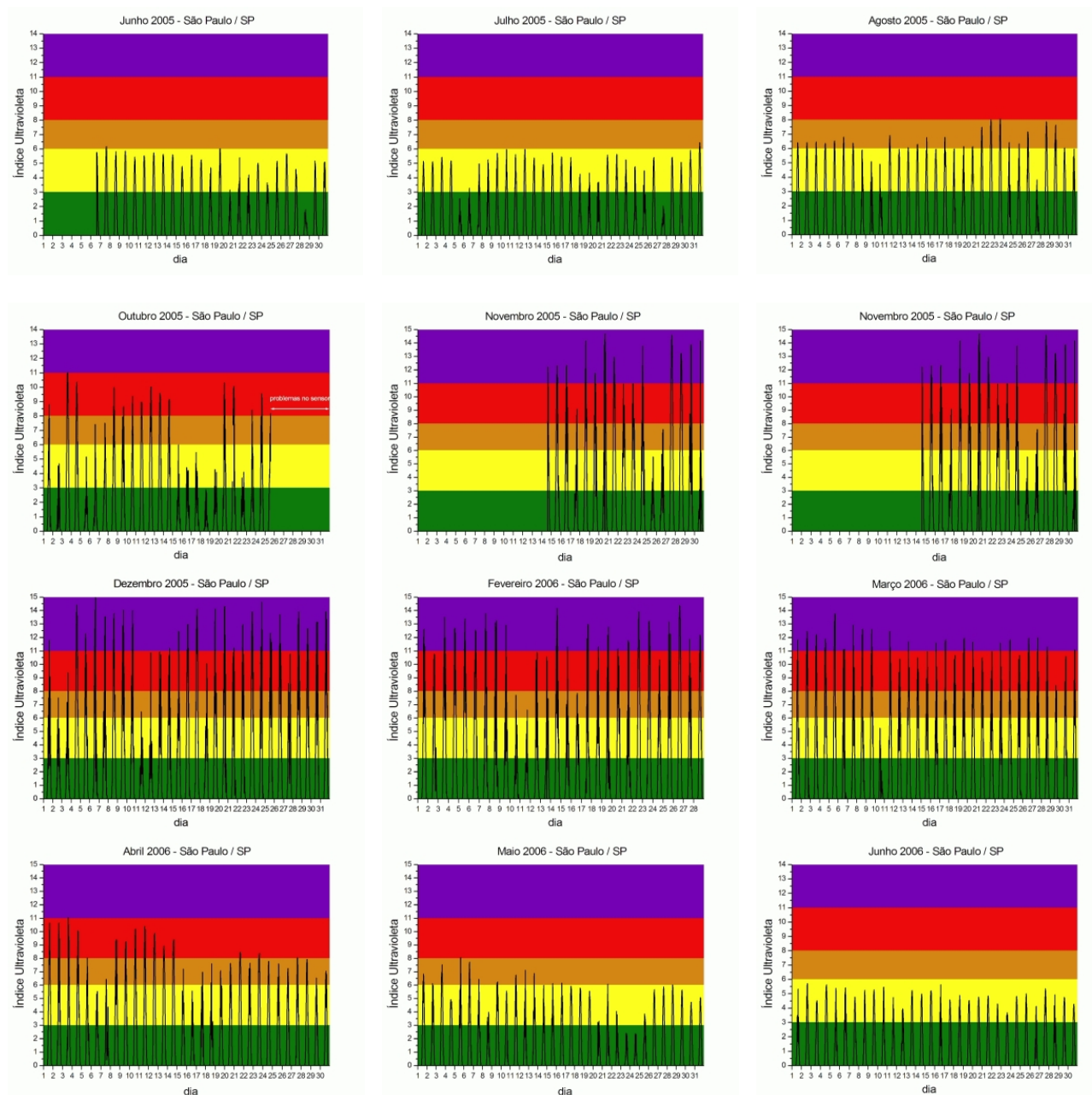


Figura 3 – Medidas sistemáticas de R-UV, expressas em termos de índice ultravioleta, em São Paulo

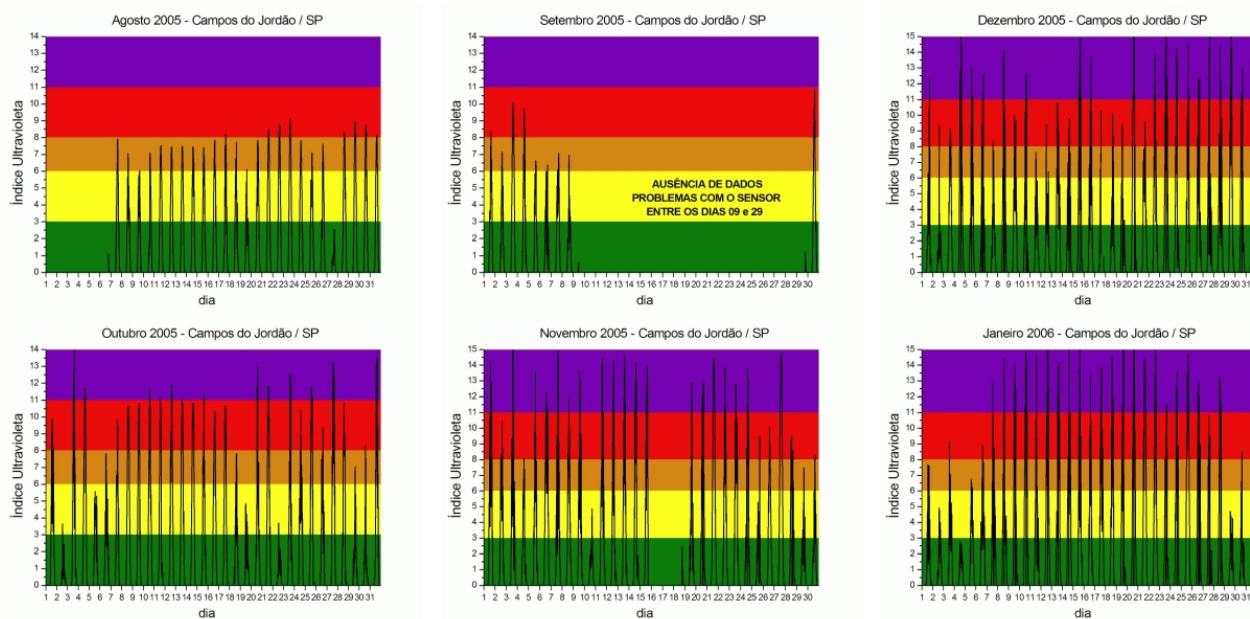
Os gráficos da figura 3 mostram os valores de índice ultravioleta (IUUV) registrados a cada 10 minutos, com exceção do período entre o fim de outubro e o começo de novembro, quando problemas elétricos prejudicaram a aquisição de dados. O plano de fundo destes gráficos exibe

cores, segundo a classificação da OMS, relativas aos níveis de risco à exposição à R-UV: baixo (verde), médio (amarelo), alto (laranja), muito alto (vermelho) e extremo (violeta). É evidente a variabilidade sazonal das medidas, com valores de IUV atingindo condições extremas no verão e entre médias e altas no inverno. Na tabela 1 são apresentados os valores máximos, mínimos e médios mensais registrados na cidade de São Paulo.

Tabela 1 – Valores máximos, mínimos, médios e desvio-padrão do IUV registrados na cidade de São Paulo entre os horários de máxima intensidade de radiação solar (14 – 16 UTC).

	jun/05	jul/05	ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05	jan/06	fev/06	mar/06	abr/06	mai/06
Máximo	6.2	6.5	8.1	10.7	11.1	14.7	15.8	16.3	14.4	13.8	11.1	8.1
Mínimo	0.8	0.6	1.2	0.4	0.3	1.3	1.1	0.3	1.2	0.1	0.4	0.7
Média	4.5	4.3	5.6	4.7	5.8	8.7	8.7	8.8	8.6	8.4	6.8	4.6
DP (±)	1.3	1.4	1.4	2.6	3.0	3.7	3.6	3.7	3.3	2.8	2.2	1.6

Os dados coletados em Campos do Jordão, que se limitam ao período de agosto de 2005 a meados de fevereiro de 2006, são apresentados nas figuras 4 e na tabela 2.



Figuras 4 – Medidas sistemáticas de R-UV, expressas em termos de índice ultravioleta, em Campos de Jordão

Tabela 2 – Valores máximos, mínimos, médios e desvio-padrão do IUV registrados na cidade de Campos do Jordão entre os horários de máxima intensidade de radiação solar (14 – 16 UTC).

	ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05	jan/06
Máximo	9.1	10.9	14.2	15.5	15.6	15.4
Mínimo	0.4	1.1	0.4	0.1	0.4	1.3
Média	6.5	6.1	7.7	8.6	7.8	8.3
DP (±)	2.0	2.5	3.4	3.9	3.9	4.1

A comparação entre as tabelas 1 e 2, apresentada na tabela 3, mostra diferenças significativas, mas não sistemáticas, entre os IUV médios medidos nas duas localidades. Apesar da diferença de altitude entre os sítios, a análise detalhada das irregularidades observadas nas curvas de medidas

mostra que tais diferenças podem ser atribuídas, principalmente, aos diferentes padrões de nebulosidade presentes nas duas localidades.

Tabela 3 – Diferença absoluta entre as médias de IUV medidos em São Paulo e Campos do Jordão

	ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05	jan/06
Diferença entre as medias	0.89	1.48	1.96	-0.05	-0.89	-0.51

A tabela 4 complementa a comparação, mostrando o percentual de medidas extremas ($IUV > 10$) e muito altas ($IUV > 8$) nos dois sítios, entre os horários de 13 e 17 UTC. Os valores mostram que nos meses de agosto a outubro os valores de IUV foram significativamente mais altos em Campos de Jordão. Esta constatação corrobora a hipótese de que o fator nebulosidade tem preponderância, em relação à altitude da superfície, nos resultados observados sítios analisados.

Tabela 4 – Porcentagem das medidas extremas ($IUV > 10$) e muito altas ($IUV > 8$) entre 13 e 17 UTC

		ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05	jan/06
IUV > 10 (extremo)	SP	0.0	1.1	2.7	20.3	38.5	37.6
	CJ	0.0	0.8	21.8	26.1	24.9	33.6
IUV > 8 (muito alto)	SP	0.3	6.8	17.4	35.2	60.9	61.2
	CJ	8.5	5.5	45.9	49.2	45.2	54.5

A influência exclusiva da altitude só pôde ser observada quando, em ambos os sítios de medidas, observaram-se condições de céu claro e com baixa quantidade de aerossóis. Como não foram feitas observações diretas da nebulosidade, a ocorrência de nuvens é atribuída às irregularidades observadas na curva de resultados coletados durante um determinado dia. Conforme mostram as figuras 5, somente em uma situação (dia 27/11/2005) foi observada condições de céu claro, com nenhuma (ou muito pouca) nebulosidade.

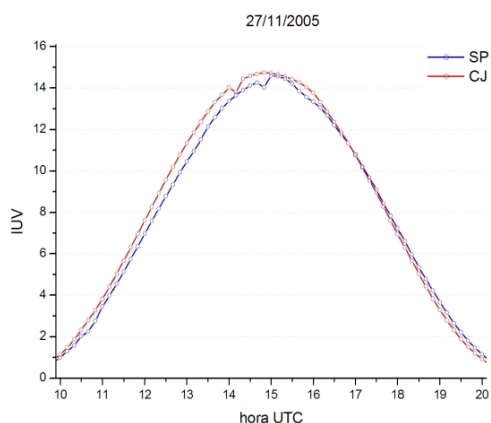


Figura 5a – IUV em São Paulo (SP) e Campos do Jordão (CJ) – Dia 27/11/2005

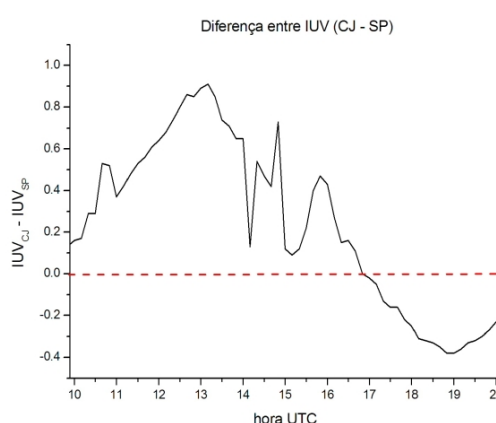


Figura 5b – Diferença entre o IUV em São Paulo (SP) e Campos do Jordão (CJ) – Dia 27/11/2005

Apesar de estudos preliminares mostrarem que os fluxos de R-UV diminuem de 6 a 8 % a cada mil metros de elevação em condições de céu claro (Vanicek et al., 2000), a existência de

apenas um único dia de medidas sob estas condições limita a avaliação para esse estudo. Como a diferença de altitude entre as cidades é de 725 m e, considerando que na troposfera a atenuação seja praticamente linear com a altitude, espera-se uma diminuição de 4 e 6% nos níveis de radiação observados. Nos dados coletados tais diferenças atingem um máximo de, aproximadamente, 12% no início do dia, diminuem no decorrer do período e se estabelecem entre 4 e 6% entre 14 e 16 UTC. Tais valores podem ser considerados razoáveis com aqueles da literatura, uma vez que as condições atmosféricas no início e no fim do dia provocam forte espalhamento e intensa absorção de R-UV, induzindo a discrepância nos resultados. Novas avaliações, mais detalhadas de intervalos do dia que apresentem condições de céu claro estão sendo realizadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As medidas realizadas em São Paulo e Campos do Jordão (SP) mostram índices de R-UV considerados como “muito altos” e “extremos” pela OMS na maior parte do ano. Tais níveis reforçam a necessidade de conscientização da população sobre os efeitos nocivos do excesso de exposição à radiação solar, não só durante os tradicionais banhos de sol nas praias e piscinas, mas também na exposição cotidiana. Apesar de não apresentados neste trabalho, resultados inéditos sobre influências de aerossóis e nuvens têm sido obtidos. Recentemente, o Projeto UVSP recebeu aprovação para mais um ano de atividades de modo a dar continuidade aos estudos realizados.

AGRADECIMENTOS: À valiosa e fundamental colaboração dos técnicos do Laboratório de Instrumentação Meteorológica (LIM) do CPTEC/INPE. À FAPESP pelo apoio e financiamento deste trabalho através do projeto de pesquisa n° 04/00937-9.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Corrêa, M.P. A divulgação do IUV como prevenção ao excesso de exposição ao sol: uma contribuição da meteorologia para o desenvolvimento de políticas públicas para a saúde no País. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2004, Fortaleza. Anais (CD-ROM).

Diffey, B.L. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Phys. Med. Biol.*, 36(3), 299-328, 1991.

INCA – Instituto Nacional de Câncer. **Estimativas da incidência e mortalidade por câncer.** Ministério da Saúde, Brasil. Coordenação de Prevenção e Vigilância (Conprev), 98p., 2005.

Vanicek, K.; Frei, T.; Litynska, Z.; Schmalwieser, A. **UV Index for the Public.** COST-713 Action. Luxembourg: Office for official publications of the European Communities, 2000.

WHO – World Health Organization. **Global solar UV index: A practical guide.** WHO/SDE/OEH/02.2, Genebra, Suíça, 28p., 2002.