



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Radiação solar ultravioleta e fotodermatoses em La Paz – Bolívia*

Jaime Rodriguez Coariti¹, José Henrique Fernandez², Maria Helena Constantino Spyrides³, Marcelo de Paula Corrêa⁴, Neusa Paes Leme⁵, George Ulguim Pedra⁶, Aline Berto Faustino⁷

¹ Doutorando em Ciências Climáticas, Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. jrc912@gmail.com (autor correspondente). ² Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. jhenrix@gmail.com. ³ Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. mhspyrides@gmail.com. ⁴ Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, Brasil. mpecorrea@gmail.com. ⁵ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Centro Regional do Nordeste Natal, RN, Brasil. neusa_paesleme@yahoo.com.br. ⁶ Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília, DF, Brasil. gupbadabum@gmail.com. ⁷ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Centro Regional do Nordeste Natal, RN, Brasil. alinebertow@gmail.com.

Artigo recebido em 10/01/2017 e aceito em 27/02/2017

RESUMO

A Radiação Ultravioleta (R-UV) constitui o principal fator no desenvolvimento das fotodermatoses (FTD) destacando o melanoma. A altitude implica em registros elevados do Índice de Radiação Ultravioleta (IUV). La Paz, capital da Bolívia, com 3.600m de altitude, reúne condições favoráveis para o desenvolvimento desta pesquisa cujo objetivo principal foi avaliar o comportamento dos níveis de IUV e número de casos novos de FTD no período de 1998 - 2012. Coletaram-se informações de casos de FTD da Policlínica Central do Hospital “Caja Nacional de Salud” (CNS). As informações de R-UV foram obtidas pelo espectrofotômetro Brewer. Realizou-se a avaliação descritiva das taxas de incidência de FTD, IUV e Dose Eritematosa Mínima (DEM). Utilizaram-se as equações de estimação generalizada para estimar o risco relativo de FTD por sexo e faixa etária. Observou-se que independente da época do ano, no horário próximo ao meio dia, 94,6% dos registros de IUV corresponderam às escalas “Muito Alto e Extremo”, a DEM para fototipo IV (450 Jm⁻²) foi atingida logo nas duas primeiras horas do dia. Nos verões a dose diária eritemática acumulada (DEA) atingiu um máximo de 12.950 Jm⁻². No período de estudo registraram-se 12.153 casos de FTD dos quais 63,7% correspondem ao sexo feminino. A Taxa média de Incidência (TI) foi de 31 casos por 100.000 habitantes, evidenciando um risco de 4.7 vezes maior nos idosos comparado à faixa de 0 a 4 anos. Conclui-se que há necessidade de adotar políticas e estratégias de educação de proteção de acordo com a realidade de La Paz.

Palavras-chave: radiação ultravioleta, índice ultravioleta, fotodermatoses.

Ultraviolet solar radiation and photodermatoses in La Paz – Bolívia

ABSTRACT

Ultraviolet Radiation (UV-R) is the main factor in the development of photodermatoses (FTD), highlighting melanoma. The altitude implies high records of the Ultraviolet Radiation Index (UVI). La Paz, capital of Bolivia, with 3.600m of altitude, gathers favorable conditions for the development of this research whose main objective was to evaluate the behavior of the UVI levels and number of new cases of FTD in the period 1998-2012. Information on FTD cases has been collected from the Central Polyclinic of the Hospital "Caja Nacional de Salud"(CNS). The UV-R information was obtained by Brewer spectrophotometer. A descriptive evaluation of the incidence rates of FTD, UVI and Minimum Erythematosus Dose (MED) was performed. Generalized estimation equations were used to estimate the relative risk of FTD by sex and age group. It was observed that, regardless of the time of the year, at around midday, 94.6% of the UVI records corresponded to the "Very High and Extreme" scales, the MED for phototype IV (450Jm⁻²) was soon reached in the first two hours of the day. In summers, the accumulated erythemic daily dose (AED) reached a maximum of 12.950 Jm⁻². In the study period, 12.153 cases of FTD were recorded, of which 63.7% corresponded to females. The average Incidence Rate (IR) was 31 cases per 100.000 inhabitants, showing a 4.7-fold higher risk in the elderly compared to 0 to 4 years. It is concluded that there is a need to adopt policies and strategies of protection education according to the reality of La Paz city.

Keywords: ultraviolet radiation, ultraviolet radiation index, photodermatoses.

* Trabalho extraído da tese de doutorado “Radiação Ultravioleta Solar e saúde humana nas cidades de La Paz – Bolívia e Natal – Brasil” do Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas da UFRN - Natal, RN.

Introdução

A Radiação Ultravioleta (R-UV) (100–400 nm) corresponde a aproximadamente 8% do total integrado da radiação solar incidente no topo da atmosfera terrestre. É dividida em três comprimentos de onda: R-UVC (100 < λ < 280 nm), absorvida completamente pelas camadas de oxigênio e ozônio presentes na alta atmosfera, e, portanto, não atinge a superfície terrestre; R-UVB (280 < λ < 315 nm), absorvida em grande proporção pela camada de ozônio na estratosfera. No entanto, a pequena quantidade desse tipo de radiação que atinge a superfície terrestre é responsável por importantes processos fotoquímicos e fotobiológicos. A R-UVA (315 < λ < 400 nm) constitui a maior parte da R-UV que atinge a superfície terrestre (Slaney, 2007). Existem outros fatores, além do oxigênio e ozônio presentes na atmosfera, que determinam a quantidade de R-UV medida em solo, tais como a cobertura de nuvens, latitude, altitude da localidade, refletância da superfície, espalhamento por gases, aerossóis, época do ano, hora do dia, dentre outros (Mckinlay, 1987; Kirchoff, 2000; Corrêa, 2010; Corrêa, 2013).

Dentre os muitos efeitos da R-UV na biosfera são de especial interesse suas consequências nos seres humanos. As fotodermatoses (FTD) correspondem a um grupo de doenças dermatológicas agravadas e/ou induzidas pela exposição prolongada da pele humana ao Sol. Entre os diferentes comprimentos de onda da radiação eletromagnética emitida pelo Sol, destaca-se a R-UVB, pois esta pode afetar a composição da cadeia principal do ácido desoxirribonucleico (ADN) de seres vivos, constituindo o principal fator para o desenvolvimento de câncer de pele, seu efeito mais nocivo à saúde humana (Mckinlay, 1987; Diffey, 1991; Horneck, 1995; Slaney, 2007). Por outro lado, o principal efeito benéfico da R-UV na saúde é a síntese de vitamina D (Zhu, 1995; Holick, 2004; Holick, 2007).

Segundo a Classificação Internacional de Doenças – CID 10, as FTD se destacam como um problema de saúde pública mundial (OPS, 2007). O melanoma é a quarta forma de câncer mais comum na Austrália e na Nova Zelândia, e a sétima mais registrada nos Estados Unidos e no Canadá. (Nora, 2004). Na Irlanda, as FTD constituem 14% das doenças dermatológicas (Murphy, 2001) e nos Estados Unidos outra FTD, como a erupção polimorfa à luz solar, afeta de 10% a 15% da população (Naleway, 2002; Sharma, 2013; Wadhvani, 2013). Na última década, o Brasil apresentou um aumento na incidência de casos

novos de cânceres de pele em mais de 30%. No entanto, esta porcentagem pode estar ainda subestimada pelo fato dos cânceres de pele mais comuns, carcinomas baso e espinocelulares, não exigirem notificação compulsória junto ao Sistema Único de Saúde brasileiro (SUS) (Corrêa, 2015).

No ano de 2000, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) aprovaram a classificação do Índice Ultravioleta (IUV), como padrão internacional para recomendações e cuidados sobre a exposição à radiação solar, considerando-o uma ferramenta para promover cuidados para a população e mitigar o crescimento do número de FTD e, principalmente os cânceres de pele (WHO/SDE/OEH, 2003; Vitali; 2010).

No que se refere às altas doses de R-UV, a cidade de La Paz (16°29' S, 68°08' W, 3600 m), capital da Bolívia, é considerada como um dos aglomerados populacionais de maior altitude no mundo (Okuno, 1996; Kirchoff, 2000; Corrêa, 2015) onde são registrados IUV superiores a 11 ao longo de todo o ano, com máximas observadas de 24 (Zaratti, 2003). Segundo Rivas (2002) e Corrêa (2015), há um aumento da intensidade da R-UV entre 5 e 10%/km devido à rarefação atmosférica que diminui o espalhamento por gases e aerossóis e, portanto, diminui a atenuação da R-UV. No último censo populacional de 2012, realizado na Bolívia, a população reportada de La Paz foi de 2.922.566 habitantes. Do ponto de vista socioeconômico, uma das principais atividades econômicas da cidade é o comércio informal nas ruas, exercido predominantemente por pessoas do sexo feminino (INE, 2012). Assim, a altitude de La Paz e sua alta aglomeração humana justificam a importância e a necessidade do desenvolvimento desta pesquisa.

Por essas razões, o presente estudo teve como principal objetivo avaliar o comportamento dos níveis de R-UV e o número de casos novos de FTD, no período de 1998 – 2012 em face da elevada altitude da cidade de La Paz, com o intuito de dar subsídios às autoridades locais para a elaboração de novas informações, oportunidades para reflexões e perspectivas de tomadas de decisões para mitigação, tais como implementação de ações educativas sobre a exposição a R-UV associados com as atividades diárias da população andina.

Material e métodos

O IUV corresponde a um valor numérico inteiro e positivo, relacionado com a resposta da pele humana aos danos promovidos pela R-UV. Quanto maior o valor do IUV, maior a intensidade

de radiação que atinge a superfície terrestre e, portanto, maior capacidade de provocar efeitos danosos à saúde humana (WHO/SDE/OEH, 2003). O cálculo do IUV é dado pela equação:

$$IUV = K \int_{280nm}^{400nm} \epsilon_{\lambda} I_{\lambda} d\lambda$$

Na qual **K** representa uma constante que converte o IUV em um valor adimensional (Vanicek, 2000) e corresponde a 40 m²W⁻¹. ϵ_{λ} representa a resposta da pele humana à R-UV, indicando a eficácia relativa de cada comprimento de onda em relação a uma resposta biológica específica expressa pelo eritema (Mckinlay, 1987). I_{λ} é a irradiância espectral UV entre 280 e 400 nm. O Quadro 1 apresenta a classificação internacional do IUV é dada segundo a escala de intensidade e seu potencial de danos à saúde.

Quadro 1. Classificação da escala do IUV

Índice UV	Classificação	Tempo máximo de exposição (min)
1 - 2	Baixo	----
3 - 5	Moderado	45
6 - 7	Alto	30
8 - 10	Muito Alto	15
+ 11	Extremo	10

Fonte: WHO/SDE/OEH, 2003.

A Dose Eritematosa Mínima (DEM) (Jm⁻²) refere-se à quantidade de R-UV efetiva necessária para desencadear o processo de eritema da pele após 24h de exposição ao Sol (Kirchhoff, 1995; Wadhvani, 2013). Doses de 250 - 300 Jm⁻² são suficientes para desencadear eritema nos fototipos I e II, e 450 - 600 Jm⁻² nos fototipos III e IV (Fitzpatrick, 1998; Hammond, 2009; Corrêa, 2013). Baseado na DEM e no espectro de ação, pode-se obter o período máximo de exposição (ΔT_{exp}) [minutos] de acordo com o tipo de pele da pessoa (Corrêa, 2003):

$$\Delta T_{exp} = 360 \frac{S}{DEM}$$

Sendo que S (Jm⁻²) corresponde a irradiância solar biologicamente ativa, ou irradiância eritêmica, e 360 é o fator de conversão para minutos e, assim, pode-se estimar o tempo máximo de exposição considerando o limite mínimo da DEM (Jm⁻²). A Dose Eritematosa Acumulada (DEA) refere-se à dose de radiação

eritêmica S acumulada em determinado período de tempo (Δt):

$$DOSE = S * \Delta t [Jm^{-2}]$$

Neste estudo, a informação relativa à R-UV foi extraída das medições feitas com espectrofotômetro Brewer que constitui um instrumento reconhecido pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) e pelo programa “Global Atmosphere Watch (GAW)” como padrão para medições da coluna total de ozônio e R-UV entre outras medições (SCI-TEC, 1999; Zamorano, 2003). Possui um *software* próprio que permite discriminar o tipo de informação da R-UV requerida. Desse modo, coletaram-se dados a cada meia hora entre 11 e 22 UT (07 e 18 horário local) da dose eritematosa e IUV. É importante mencionar que na cidade de La Paz houve a instalação de dois instrumentos Brewer distintos, em operação não simultânea, identificados pela numeração 110 e 056, realizando medições de 1997 a 2004 e de 2006 a atualidade, respectivamente. Os instrumentos foram instalados no Laboratório de Física da *Universidad Mayor de San Andrés* dessa cidade (3.459 m; 16°32’30’’S, 68°03’45’’W) através de uma cooperação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), fazem parte de uma rede de monitoramento da camada de ozônio e da radiação UV do INPE. Na sequência, realizou-se a validação da informação de R-UV com o modelo matemático de transferência radiativa “*Tropospherical Ultraviolet Visible Model*” (TUV) que calcula os fluxos espectrais, coeficientes de fotodissociação, irradiância biologicamente ativa e dose eritêmica nas bandas UV desejadas (Madronich, 1992).

Referente às informações de saúde, a Policlínica Central do Hospital “*Caja Nacional de Salud*” (CNS) constitui uma unidade médica de referência na Bolívia. Desde a década de 1990, oferece cobertura a mais de um quarto da população nacional e mais de um terço da população de La Paz. Este hospital possui diversos centros clínicos de especialidades em todo o território nacional (CNS, 2013). Um deles correspondente à Policlínica Central de La Paz, onde foram coletados os dados referentes ao registro de FTD.

Os registros de saúde possuem informações primárias dos pacientes como: sexo, diagnóstico e se correspondem a uma consulta nova ou retorno. Destacando que foram contabilizados unicamente os casos novos. Além disso, os pacientes encontram-se classificados em

quatro faixas etárias: 0 a 4 anos, 5 a 14 anos, 15 a 59 anos e 60 anos ou mais.

Dado que a variável dependente, o número de casos de FTD em cada ano do período estudado, trata-se de uma contagem de casos, esta segue uma distribuição de probabilidade Poisson. Para modelar a variável intra e inter anual utilizou-se a metodologia de Equações de Estimativa Generalizadas (EEG) proposto por Liang e Zeger (1986). As variáveis sexo e faixa etária foram utilizadas como variáveis independentes do modelo ajustado. Este modelo é baseado nas três componentes dos modelos lineares generalizados propostos por Nelder e Wedderburn (1972): **Aleatório:** variável resposta $Y = (Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{in})$, de tal forma que cada tempo t ($t = 1, 2, \dots, n_i$), uma observação Y_{it} esteja associada a um vetor, x_i de covariáveis ou variáveis explicativas. Sendo que Y_i representa os casos de FTD da i -ésima propriedade da t -ésima ocasião. Como a variável resposta refere-se a uma contagem, é usual, supor que $Y_{it} = \text{FTD}_{it} \sim \text{Poisson}(\mu_{it})$ (Lara, 2012); **Sistemático:** representa a combinação linear das covariáveis ou variáveis preditoras (no presente trabalho sexo e faixa etária) e, **Função de Ligação:** traça a ligação funcional entre o componente sistemático referente ao logaritmo da média de casos de FTD (Zeger, 1988; Zeger, 1992). A exponencial das estimativas geradas pelo modelo permite estimar o Risco Relativo (RR) que corresponde à razão entre as probabilidades de casos de FTD entre dois níveis da variável independente (sexo e faixa etária). Para a construção do RR, tomou-se como categoria de referência o sexo masculino e a faixa etária de 0 a 4 anos.

Resultados e discussão

A Figura 1 apresenta os histogramas de frequências de IUV, segundo a classificação da OMS, correspondente ao período de 1997 a 2012. A informação foi organizada em três horários UT correspondentes aos intervalos da manhã (11 – 14 UT), em torno do meio dia hora local (15 – 18 UT) e tarde (19 – 22 UT). Observa-se que no decorrer da manhã a classe de escala “Baixo” representa apenas 4,8%; a classe escala “Moderado” representa 40,9% e as classes de escala “Alto a Extremo” representam 54,3% do total de registros do índice. Próximo ao meio dia local, 94,6% das medições corresponderam às escalas de “Alto, Muito Alto e Extremo”. No período da tarde as classes de escala “Baixo e Moderado” representam 63,5% e as classes de escala “Alto, Muito Alto e Extremo” correspondem a 36,5% restante.

Assim, é possível destacar que independente da época do ano a cidade de La Paz registra IUV classificados como “Alto, Muito Alto e Extremo” desde as primeiras horas do dia, ressaltado valores elevados de IUV próximos ao meio-dia e que constantemente ultrapassam em algumas unidades o limiar da escala “Extremo”. Segundo as recomendações da WHO/SDE/OEH (2003), deve-se recomendar proteção extra e constante à R-UV para os habitantes dessas regiões. Lembrando que o comércio informal nas ruas corresponde a uma das principais fontes de renda da população andina, os altos níveis de IUV tornam-se um importante problema de saúde pública (OPS/OMS, 2004).

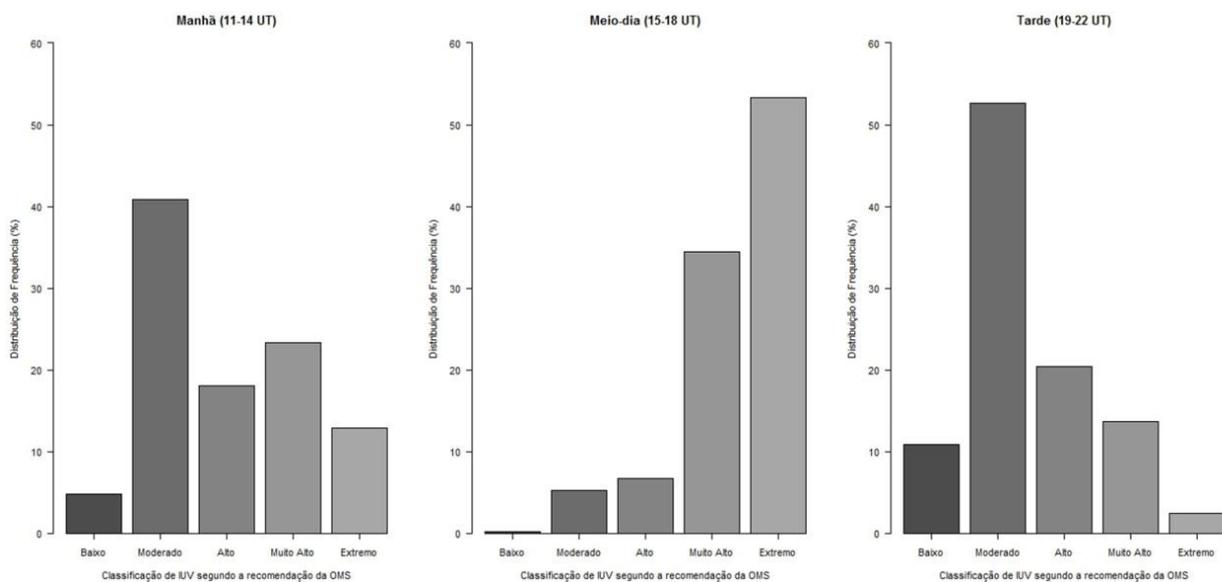


Figura 1. Histograma de IUV, por intervalos de horário, segundo a classificação da OMS em La Paz – Bolívia referente ao período de 1998 – 2012.

Os diagramas de caixa “boxplots” referentes a cada época do ano dos registros de IUV são apresentados na Figura 2. Nas quatro estações observa-se 75% dos registros encontram-se acima de “5”, correspondente à escala de “Alto”, a partir da segunda hora de medição. De maneira geral, pode-se ressaltar que no horário próximo ao meio-dia, os valores são, em grande parte, classificados como “Extremo”, segundo a classificação da OMS. As máximas registradas no verão e na primavera ao meio-dia local (16h UT) correspondem a 24,9 e 23,9 e a média geral corresponde a 9,0 ($\pm 5,8$) e 9,1 ($\pm 5,3$), respectivamente. Além disso, também chama a atenção, não somente os valores das

máximas, e sim o número de horas do dia em que os níveis de IUV estão acima da classe de escala “Muito Alto”.

Referente às estações de inverno e outono, a média geral dos registros correspondem a 7,1 ($\pm 3,3$) e 8,0 ($\pm 5,0$), respectivamente. Embora os registros sejam menores em relação às outras estações, são valores que ultrapassam à escala “Extremo” atingindo máximas de 24,7 nas duas estações. Segundo Zaratti (2003), estes registros elevados, mesmo nestas estações, são característicos de La Paz, atribuindo à altitude como fator principal para a maior radiação observada.

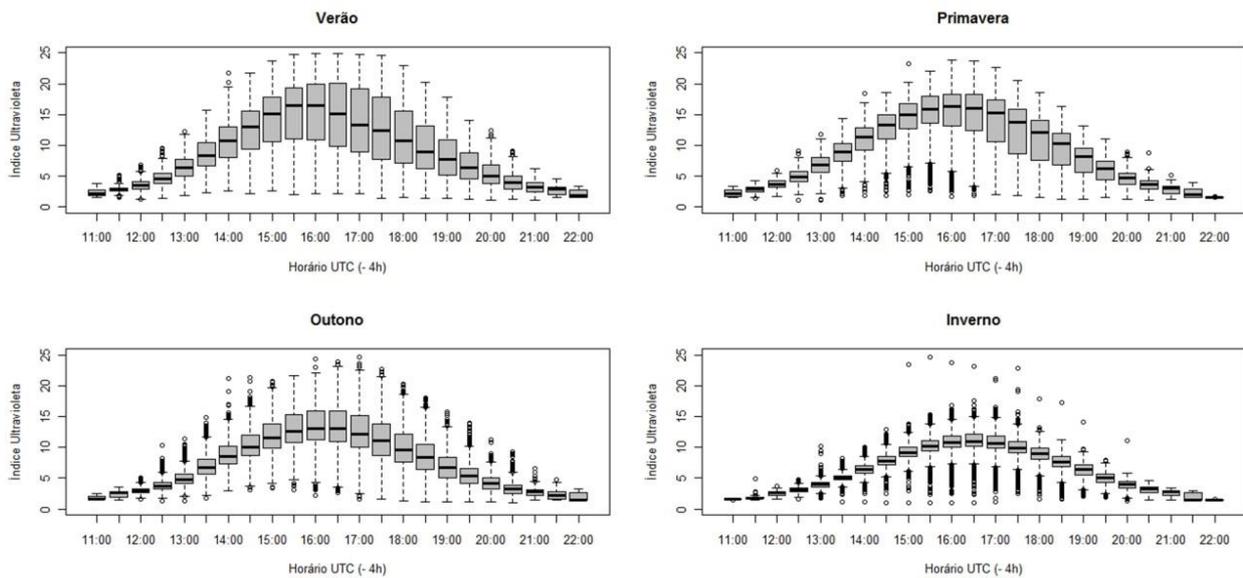


Figura 2. Boxplot horário de IUV por estação do ano em La Paz – Bolívia, período 1998 – 2012.

A Figura 3 apresenta as máximas horárias das DEA por estação. As linhas horizontais pontilhadas cinza e preta correspondem às DEM para os fototipos II e IV, 250 e 450 Jm^{-2} , respectivamente. Assim, DEM referente ao fototipo IV é atingida nas duas primeiras horas de medição no começo do dia no inverno e outono. Já no verão e primavera é atingida na primeira hora de medição. Deste modo,

atividades realizadas em locais abertos podem ser bastante prejudiciais para a saúde humana. No verão a DEA máxima atingiu 12.952 Jm^{-2} , com média de 4.354 (± 3.096); na primavera 11.536 Jm^{-2} , com média 4.267 (± 2.971); no outono 11.488 Jm^{-2} , com média 3.673 (± 2.571); e, no inverno 8.181 Jm^{-2} , com média 2.862 (± 1.968).

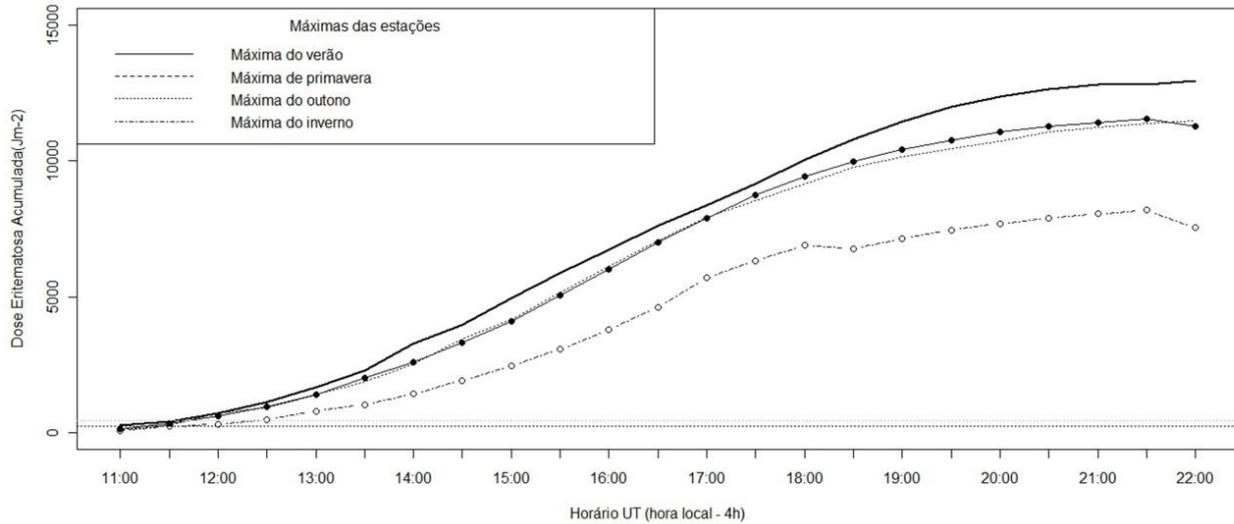


Figura 3. Máximas horárias das DEA por estação em La Paz – Bolívia, no período de 1998 – 2012.

Como dito, a altitude da cidade de La Paz constitui um fator agravante importante para a incidência das FTD. No período de 1998 a 2012 na Policlínica Central de La Paz do CNS foram registrados 12.153 novos casos de FTD (representado 15,4% do total das consultas

dermatológicas). No decorrer do período de análise, as FTD representaram 15% a 20% do total das doenças dermatológicas na Policlínica. Em média, a taxa de incidência das FTD foi de 31 casos novos a cada 100.000 habitantes como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Taxas de incidência das Fotodermatoses para a cidade de La Paz

Ano	População estimada da cidade de La Paz	No de casos de FTD	Taxas de incidência das FTD (Casos/100.000 hab.)
1998*	2.313.876	937	40.49
1999*	2.359.725	862	36.53
2000	2.415.081	605	25.05
2001*	2.458.438	611	24.85
2002*	2.501.695	473	18.91
2003*	2.544.815	684	26.88
2004	2.587.832	1.106	42.74
2005	2.630.381	1.032	39.23
2006	2.672.792	1.216	45.50
2007	2.715.018	786	28.95
2008	2.756.988	852	30.90
2009	2.798.654	766	27.37
2010	2.839.946	626	22.04
2011	2.881.531	797	27.66
2012	2.922.566	800	27.37

* anos com falta de informação em alguns meses referente aos registros de FTD

Ao sexo masculino corresponderam 4.414 novos casos (36,3%) e 7.739 novos casos (63,7%) ao feminino no período. Esta frequência maior no sexo feminino pode ser atribuída não apenas a um processo de maior vulnerabilidade, mas também, a

fatores socioculturais, como a atividade de comércio informal nas ruas. Além disso, as mulheres tendem a procurar mais os sistemas de saúde do que os homens (OPS/OMS, 2004).

No intuito de avaliar o comportamento das FTD entre décadas intercensitárias, a Tabela 2 apresenta as taxas de incidência das FTD por faixa etária e sexo referente aos anos 2000 e 2010. Considerando o crescimento populacional natural, observa-se que a prevalência das FTD apresenta uma variação mínima em todas as faixas etárias para os dois sexos. Porém, destaca-se o sexo feminino cuja incidência corresponde a 14 e 11 casos de FTD a cada 100.000 habitantes a mais em relação ao sexo masculino nos anos de 2000 e 2010

respectivamente. Dado que as FTD correspondem a um grupo de doenças de efeito acumulativo ao longo do tempo de exposição é possível ressaltar taxas mais elevadas entre os idosos (60 anos ou mais), no entanto, a incidência de FTD referente às outras faixas etárias manteve-se ao longo do período tanto nas mulheres quanto nos homens. Este fato pode ser um agravante às condições de saúde da população, justificando a necessidade de ações de proteção e conscientização das famílias quanto aos riscos da exposição solar.

Tabela 2. Taxas de incidência das FTD por faixa etária e sexo nos anos de 2000 e 2010

Sexo	Faixas etárias	2000			2010		
		Pop. La Paz	Nº FTD	TI	Pop. La Paz	Nº FTD	TI
Masculino	0 a 4	161.432	27	16.73	169.223	34	20.09
	5 a 14	292.588	40	13.67	316.497	45	14.22
	15 a 59	660.995	94	14.22	813.825	89	10.94
	60 e mais	80.610	54	66.99	105.257	66	62.70
Subtotal		1.195.625	215	17.98	1.404.802	234	16.66
Feminino	0 a 4	153.001	20	13.07	162.784	22	13.51
	5 a 14	281.847	58	20.58	303.358	50	16.48
	15 a 59	691.838	227	32.81	842.354	221	26.24
	60 e mais	92.770	85	91.62	126.648	99	78.17
Subtotal		1.219.456	390	31.98	1.435.144	392	27.31
Total		2.415.081	605	25.05	2.839.946	626	22.04

A Tabela 3 apresenta as estimativas dos parâmetros, os erros padrões, estatística do teste de Wald, valor P, risco relativo com seus respectivos intervalos de confiança de 95% para cada um dos coeficientes. Os resultados mostram que houve diferenças entre os sexos e entre as faixas etárias ao

nível de significância de 5%. No referente ao risco relativo, destaca-se que os idosos (60 e mais) possuem probabilidade 4,9 vezes maior de desencadear FTD em relação a primeira faixa etária (0 a 4 anos). Verifica-se que conforme aumenta a idade o risco de desencadear alguma FTD aumenta.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros do Modelo de Equações de Estimativas Generalizadas referente à contagem de casos de FTD no sexo feminino na cidade de La Paz

Parâmetro	Estimativa	Erro-padrão	Estatística		Risco Relativo	I.C. (95%)	
			de Wald	Valor P		Lim. inf.	Lim. sup.
Intercepto	- 8.98	0.06	20924.1	< 0.001	0.0001	0.0001	0.0001
Masculino	-	-	-	-	-	-	-
Feminino	0.53	0.04	173.3	< 0.001	1.6992	1.5703	1.8389
0 a 4	-	-	-	-	-	-	-
5 a 14	0.27	0.08	10.6	0.001	1.3088	1.1134	1.5384
15 a 59	0.55	0.08	50.4	< 0.001	1.7321	1.4883	2.0159
60 e mais	1.60	0.10	265.8	< 0.001	4.9138	4.0579	5.9502

A Figura 4 apresenta a distribuição dos resíduos do modelo EEG mostrando boa qualidade no ajuste, já que os resíduos estão compreendidos

dentro do envelope dos intervalos de confiança de 95%.

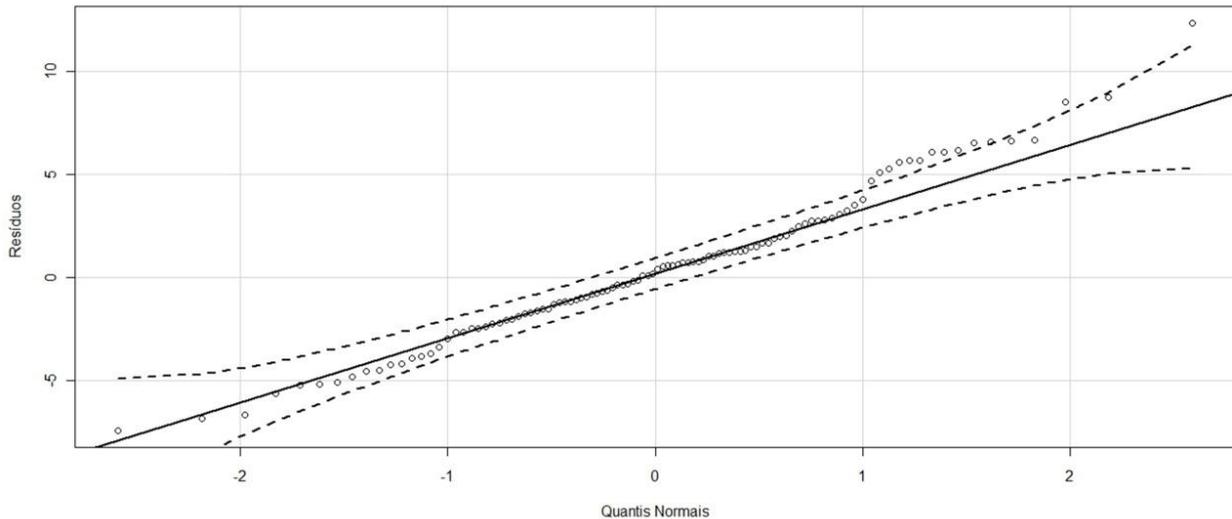


Figura 3. Máximas horárias das DEA por estação em La Paz – Bolívia, no período de 1998 – 2012.

Conclusões

De forma geral, as recomendações de cuidados e proteção sobre a exposição a R-UV são baseadas em pesquisas realizadas no Hemisfério Norte, principalmente nos EUA e na Europa (Corrêa, 2015). Dessa forma, as sugestões de cuidados referem-se às regiões com características geográficas, climáticas e populacionais totalmente diferentes da cidade de La Paz, que com seus 3.600m de altitude constitui o maior diferencial entre qualquer outra cidade do mundo, potencializando as condições para registros elevados de IUV desde as primeiras horas do dia. O fator de altitude foi alvo de uma pesquisa que registrou o recorde mundial de IUV de 43,3 na cordilheira dos Andes entre 4.300m a 5.916m em medições feitas durante 61 dias com dosímetros Eldonet no ano de 2004 (Cabrol, 2014; Hader, 2015; McKenzie, 2015). No presente estudo as medições foram feitas pelo espectrofotômetro Brewer que constitui um instrumento reconhecido mundialmente como padrão na coleta de informação de R-UV, em que os resultados mostraram que nos horários próximos ao meio dia obtiveram-se registros de IUV que ultrapassam a escala “extremo” da classificação da OMS atingindo valores superiores a 20. Assim, com os antecedentes de altos níveis de R-UV na cidade andina foi realizada uma proposta de mudança na escala de classificação do IUV que considere as condições geográficas dos países localizados na cordilheira dos Andes (Zaratti, 2014). Dados os registros de IUV = 15 ao longo de todo ano na cidade de La Paz (Kirchhoff, 2000, Zaratti, 2003) destaca-se de um estudo comparativo dos níveis de

IUV entre São Paulo – Brasil e Paris – França, que registraram em Paris o IUV abaixo de 3 e no Brasil o IUV é superior a 8 (Corrêa, 2015).

Segundo o último censo, realizado no ano de 2012, os fototipos prevalentes na cidade de La Paz correspondem aos tipos III e IV e a dose de irradiância eritêmica para esses fototipos (300 e 450 Jm⁻², respectivamente) é superada logo após as primeiras horas do dia. No verão, a dose é ultrapassada em até 29 vezes; na primavera e no outono ultrapassa até 26 vezes e 18 vezes a mais no inverno, mostrando grande intensidade do fluxo de R-UV naquela localidade.

Por essas razões, não é possível estabelecer um período de recomendação para exposição segura independente do horário e/ou condição climática na cidade de La Paz. Nesse sentido ressalta-se a necessidade de implementação de medidas de extra proteção desde as primeiras horas do dia, enfocando, principalmente, os grupos populacionais que desenvolvem suas atividades laborais na rua tais como os comerciantes, agentes de trânsito, entre outros.

A falta de divulgação sobre esses altos níveis de radiação na população andina pode ser considerada como um fator agravante predispondo a população a um aumento na incidência de FTD que são consequência da exposição acumulativa ao Sol. Além disso, cabe considerar uma reestruturação do Sistema de Saúde na Bolívia, uma vez que existe a possibilidade de subdiagnóstico desse grupo de doenças, pela falta de políticas públicas de acordo á realidade dessa sociedade. A maior prevalência encontrada no sexo feminino 63,57% (\pm 3.06), em La Paz, coincidiu com os resultados de uma pesquisa realizada nos

Estados Unidos em que se observou maior incidência de casos de FTD no sexo feminino (Wadhvani, 2013).

Agradecimentos

Pelo apoio no financiamento para o deslocamento e coleta da informação em La Paz – Bolívia. Os autores agradecem aos projetos:

1. Determinação do perfil vertical de variáveis atmosféricas no Rio Grande do Norte para validação de dados obtidos por satélites: DEPEVARN – SAT. Edital AEB /MCT /CNPq No 033/2010. Processo CNPq n° 560314/2010-8
2. Apoio à formação de recursos humanos em clima e eventos climáticos extremos provocados por mudanças globais do clima. Edital/Chamada: MCTI e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Processo 01200.002657/2010-06 Encomenda 2009/2010/2011 (APQ). Processo CNPq n° 402555/2011-2
3. Monitoramento da Camada de Ozônio e da radiação UV, na América do Sul e na Antártica (ATMANTAR). Processo CNPq n°52.0182/2006-5.

Referências

- Cabrol, N. A., Feister, U., Hader, D. P., Piazena, H., Grin, E. A., Klein, A., 2014. Record solar UV irradiance in the tropical Andes. *Journal Frontiers in Environmental Science* 2, 19-24.
- Corrêa, M. P., 2003. Índice Ultravioleta: Avaliações e Aplicações. Tese (Doutorado). São Paulo, USP.
- Corrêa, M. P., Ceballos J. C., 2010. Solar Ultraviolet Radiation Measurements in One of the Most Populous Cities of the World: Aspects Related to Skin Cancer Cases and Vitamin D Availability. *The American Society of Photobiology* 86, 438–444.
- Corrêa, M. P., Pires, L. C. M., 2013. Doses of erythematous ultraviolet radiation observed in Brazil. *International Journal of Dermatology* 52, 966-973.
- Corrêa, M. P., 2015. Solar ultraviolet radiation: properties, characteristics and amounts observed in Brazil and South America. *Anais Brasileiro de Dermatologia* 90, 297-313.
- CNS. Caja Nacional de Salud, 2013. Anuarios estadísticos. La Paz.
- Diffey, B. L., 1991. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Phys. Med. Biol* 36, 299-328.
- Fitzpatrick, T. B., 1988. The validity and practicality of sunreactive skin types I through VI. *Archives of Dermatology* 124, 869-871.
- Hader, D. P., Feister, U., Cabrol, N. A., 2015. Response: “Comment on Record solar UV irradiance in the tropical Andes. By Cabrol et al”. *Journal Frontiers in Environmental Science* 3, 68-69.
- Hammond, V., Reeder, A. I., Gray, A., 2009. Patterns of real-time occupational ultraviolet radiation exposure among a sample of outdoor workers in New Zealand. *Public Health* 123, 182-187.
- Holick, M. F., 2007. Vitamin D Deficiency. *The New England Journal of Medicine* 357, 266-281.
- Horneck, G., 1995. Quantification of the biological effectiveness of environmental UV radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 31, 43-49.
- Kirchhoff, V., 1995. Ozônio e radiação UV-B, 1 ed. Editorial Transtec, São José dos Campos.
- Kirchhoff, V., 2000. A Variação Sazonal da Radiação Ultravioleta Solar Biologicamente Ativa. *Revista Brasileira de Geofísica* 18, 63-74.
- INE. Instituto Nacional de Estadística, 2012. Censo Poblacional 2012. La Paz.
- Lara, I. R., Spyrides, M. C., Guerra, M. G., Rangel, A. N., 2012. Análise comparativa de modelos para dados longitudinais no estudo da contagem do número de bactérias presentes no leite de vaca. *Revista Brasileira de Biometria* 30, 492-508.
- Liang, K. Y., Zeger, S. L., 1986. Longitudinal Data Analysis Using Generalized Linear Models. *Biometrika* 73, 13-22.
- Madronich, S., 1992 Implications of recent total atmospheric ozone measurements for biologically active ultraviolet radiation reaching the earth's surface. *Geophysical Research Letters* 19, 37-40.
- McKenzie, R. L., Bernhard, G., Madronich, S., Zaratti, F., 2015. Comment on “Record solar UV irradiance in the tropical Andes, by Cabrol et al.” *Journal Frontiers in Environmental Science* 3, 26-28.
- Mckinlay, A. F., Diffey, B. L., 1987. A reference action spectrum for ultra-violet induced erythema in human skin. *CIE J* 1, 17-22.
- Murphy, G. M., 2001. Diseases associated with photosensitivity. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 64, 93-98.
- Naleway, A. L., 2002. Erupción luminosa polimorfa. *International Journal of Dermatology* 5, 377-383.

- Nelder, J. A., Wedderburn, R. W. M., 1972. Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* 135, 370-384.
- Nora, A. B., Panarotto, D., Lovatto, L., Boniatti, M. M., 2004. Frequency of counseling for skin cancer prevention by the various specialties in Caxias do Sul. *Anais Brasileiros de Dermatologia* 79, 45-51.
- Okuno, E., Nakajima, T., Yoshimura, E. M., Hiodo, F., Fausto, A. M. F., Paes, W. S., Umisedo, M. K., Otsubo, S., 1996. Radiação ultravioleta solar em São Paulo, Chiba, Calafate e Ilha de Páscoa. *Revista Brasileira de Engenharia* 12, 143-153.
- OPS. Organização Panamericana da Saúde, 2007. *Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde*. São Paulo.
- OPS/OMS. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud, 2004. *Estrategia de cooperación con el país Bolivia*. La Paz.
- Rivas, M. A., Rojas, E. E., Cortés, N. J., Santander, G. E., 2002. Efecto de la altura en la radiación solar ultravioleta en Arica norte de Chile. *Revista Facultad de Ingeniería* 10, 59-62.
- Sharma, V. K., Sahni, K., Wadhvani, A. R., 2013. Photodermatoses in pigmented skin. *Photochemical & Photobiological Sciences* 12, 65-77.
- Sliney, D. H., 2007. *Radiometric Quantities and Units Used in Photobiology and Photochemistry: Recommendations of the Commission Internationale de l'Eclairage (International Commission on Illumination)*. American Society for Photobiology 83, 425-432.
- SCI-TEC. Spectrophotometer Instruments Inc. Brewer MKIV. 1999. OM-BA-C231 REV B, August 15. Operator's Manual. Saskatoon, Sask., Canada.
- Vanicek, K., Frei, T., Litynska, Z., Schmalwieser, A., 2000. UV Index for the Public. COST-713 Action. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg.
- Vitali, F., Kerr, J. B., Fergusson, A., 2010. The UV Index: Definition, Distribution and Factors Affecting It. *Can J Public Health* 101, 15-19.
- Wadhvani, A. R., Sharma, V. K., Ramam, M., Khaitan, B. K., 2013. A clinical study of the spectrum of photodermatoses in dark-skinned populations. *CED Clinical and Experimental Dermatology* 38, 823-829.
- WHO/SDE/OEH. World Health Organization, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 2003. *Global Solar UV Index: A Practical Guide*. Geneva.
- Zamorano, F. C., 2003. *Determinação do Espectro UV-B utilizando o Radiômetro GUV: Aplicação a medidas realizadas em Punta Arenas*. Tese (Doutorado). São José dos Campos, INPE.
- Zaratti, F., Gisbert, R. F., 2003. *La Radiación Ultravioleta en Bolivia*. Organización Panamericana de la Salud, La Paz.
- Zaratti, F., Piacentini, R.D., Guillén, H.A., Cabrera, S.H., Liley, J.B., McKenzie, R.L., 2014. Proposal for a modification of the UVI risk scale. *Photochemical and Photobiological Sciences* 7, 980-985.
- Zeger, S. L., Liang, K. Y., Albert, P. S., 1988. Models for longitudinal data: a generalized estimating equation approach. *Biometrics* 44, 1049-1060.
- Zeger, S. L., Liang, K. Y., 1992. An overview of methods for the analysis of longitudinal data. *Statistic in Medicine* 11, 1825-1839.
- Zhu, G. D., Okamura, W. H., 1995. Synthesis of Vitamin D (Calciferol). *Chemical Reviews* 95, 1877-1952.