

ESTIMATIVA PARA CÁLCULO DE OZÔNIO TOTAL USANDO DADOS DE UVB E UVA DO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, BRASIL

Caroline Bertagnolli¹, Rafael S. Peres², Samara Carbone³, Robinson L. Manfro⁴, Damaris K. Pinheiro⁵, Augusta A.M.P. Schuch⁶, Hiromasa Nozawa⁷, Hiromasa Yamamoto⁸ e Nelson J. Schuch⁹

Recebido em 26 janeiro, 2006 / Aceito em 22 março, 2007
Received on January 26, 2006 / Accepted on March 22, 2007

ABSTRACT. The total ozone has been obtained through ultraviolet (UV) radiation detectors as Radiometers and Spectroradiometers. It was used as an alternative method for stations which do not have expensive equipments to measure ozone such as Brewer Spectrophotometers. The aim of this work is to find mathematical models using the relation between UVB/UVA radiation ratios measured by Spectroradiometer MS 701 and Radiometers UV-B MS 212 W and UV-A MS 212 A and effective ozone measured by Brewer Spectrophotometer MKIII #167. The equipments are installed at the Southern Space Observatory, at southern Brazil. The periods selected for this analysis were the year of 2003 for Spectroradiometer and of 2005 for Radiometers, where only clean sky days were used. The mathematical models that we have derived were exponential functions with correlation coefficient of the order of 0.85 for the relation with Spectroradiometer and of order of 0.99 for the relation with Radiometers. The effective ozone data obtained by Spectroradiometer and Radiometers were fitted with these models and compared with the Brewer and TOMS total ozone. The average difference between the Spectroradiometer model results and Brewer total ozone was 0.7% and between the Spectroradiometer model and TOMS ozone data was 3.1%, while the comparison between the average difference of Radiometers' model and Brewer ozone data was 2% and between Radiometers' model and TOMS was 4.3%. It verifies the efficiency of the method used and the good approximation of the models.

Keywords: ozone, ultraviolet radiation, radiometer, spectroradiometer.

RESUMO. A obtenção da coluna total de ozônio a partir de detectores de radiação ultravioleta (UV) como Radiômetros e Espectroradiômetros é de grande importância, visto que os medidores de ozônio como o Espectrofotômetro Brewer são muito caros e, portanto, de difícil obtenção. Este trabalho tem como objetivo encontrar modelos matemáticos que relacionem a razão entre as radiações UVB/UVA do Espectroradiômetro MS 701, dos Radiômetros UV-B MS 212 W e UV-A MS 212 A e as medidas de ozônio efetivo obtidas a partir do Espectrofotômetro Brewer MKIII #167, instalados no Observatório Espacial do Sul, no Sul do Brasil. Os períodos selecionados para análise foram o ano de 2003 para o Espectroradiômetro e o de 2005 para os Radiômetros, onde foram utilizados apenas dias sem interferências de nuvens. Os modelos matemáticos encontrados foram funções exponenciais com coeficiente de correlação $R = 0,85$ para a relação com o Espectroradiômetro e de $R = 0,99$ para a relação com os Radiômetros. Os dados de ozônio efetivo obtidos a partir dos detectores UV foram ajustados aos seus respectivos modelos e comparados com a coluna total de ozônio fornecida pelo Espectrofotômetro Brewer e pelo TOMS. A diferença média entre os valores obtidos da coluna total de ozônio do Espectroradiômetro e o Brewer foi de 0,7% e com o TOMS foi de 3,1% enquanto a comparação para a coluna total de ozônio fornecida pelos Radiômetros com o Brewer apresentou diferença média de 2% e com o TOMS de 4,3%. Estes resultados comprovam a eficiência do método utilizado e uma boa aproximação das funções encontradas.

Palavras-chave: ozônio, radiação ultravioleta, radiômetro, espectroradiômetro.

¹Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria, LACESM/CT, UFSM, Faixa de Camobi – 97105-900 Santa Maria, RS, Brasil. Tel.: +55 (55) 3220-8827; Fax: +55 (55) 3220-8007 – E-mails: caroline@lacesm.ufsm.br; ²eqperes@hotmail.com; ⁴robinson.manfro@gmail.com; ⁵damaris@lacesm.ufsm.br; ⁶augusta@lacesm.ufsm.br

³Departamento de Ciências Atmosféricas, IAG/USP, Rua do Matão, 1226, Butantã – 05508-090 São Paulo, SP, Brasil. Tel.: +55 (11) 3091-4713; Fax: +55 (11) 3091-4714 – E-mail: samara@model.iag.usp.br

⁷Department of General Education, Kagoshima National College of Technology, 1460-1 Shinko, Hayato-Cho, Kirishima, Kagoshima 899-5193, Japan. Tel.: +81 (995) 42-9054 – E-mail: nozawa@kagoshima-ct.ac.jp

⁸Rikkyo (St. Paul's) University, 3-34-1 Nishi-Ikebukuro, Toshimaku, Tokyo 171-8501, Japan. Tel.: +81 (3) 3985-2671 – E-mail: yamamoto@rikkyo.ac.jp

⁹Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, CRSPE/INPE, MCT, Faixa de Camobi – 97105-900 Santa Maria, RS, Brasil. Tel.: +55 (55) 3220-8827; Fax: +55 (55) 3220-8007 – E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br

INTRODUÇÃO

O ozônio é um gás minoritário perfazendo junto com o vapor d'água, dióxido de carbono e outros componentes traço 1% da atmosfera terrestre. Apesar da pequena abundância, espécies traço como vapor d'água e ozônio são essenciais para a vida e o balanço energético do planeta (Salby, 1995). O ozônio apresenta concentração máxima na Estratosfera (Slusser et al., 1999), onde absorve a radiação solar na região do ultravioleta, tendo seu máximo de absorção nos comprimentos de onda na faixa de Hartley, entre 200 a 300 nm (Whitten & Prasad, 1985). No seu perfil na atmosfera, a temperatura tem um aumento na Estratosfera (Salby, 1995), pois o ozônio absorve a radiação ultravioleta (UV) e libera energia na forma de calor (London, 1985). Cerca de 90% do ozônio total encontra-se na Estratosfera, entre 15 e 30 km (Whitten & Prasad, 1985; WHO, 1994), sendo que a região entre 25 e 35 km de altitude é conhecida como Camada de Ozônio pela maior abundância deste elemento entre estes limites (Kirchhoff, 1991), oferecendo uma resistência natural à passagem dos raios solares nocivos à saúde de homens, animais e plantas.

A radiação solar apresenta um largo espectro, o qual compreende a radiação UV que conta com menos de 10% da radiação solar total. A radiação ultravioleta é muito importante nos processos atmosféricos e em parte, entre os comprimentos de onda 200 e 310 nm, pela formação da camada de ozônio (Whitten & Prasad, 1985), mas pode causar danos em plantas, sistemas aquáticos e ainda câncer de pele, catarata e supressão do sistema imunológico, debilitando as defesas do organismo humano e animal (Van der Leun & Gruijl, 1993; WHO, 1994). Assim, a radiação ultravioleta foi subdividida em três de acordo com seus efeitos biológicos: UV-A (315-400nm), UV-B (280-315nm) e UV-C (100-280nm).

A faixa Hartley contém a maior parte da radiação ultravioleta do tipo B, cuja absorção pelo ozônio é eficiente, aumentando sua incidência sobre a superfície com a diminuição do ozônio atmosférico (Casaccia et al., 2003). Nos últimos anos, muitos estudos sobre a variação do ozônio e da radiação UVB vem sendo feitos, isso por causa de seus efeitos danosos a biosfera (Kirchhoff & Echer, 2001; Echer et al., 2004; Guarnieri et al., 2004).

A atmosfera é composta por diversos gases minoritários tais como ozônio (O₃), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), além de aerossóis que atenuam a medida da radiação solar devido aos espalhamentos que produzem. O espalhamento Rayleigh (τ_R) e espalhamentos produzidos pelos aerossóis (τ_{ae}) têm papel fundamental na atenuação da radiação UV (Green et al., 1974; Taha & Box, 1999; Kirchhoff et al., 2001; Kirchhoff et al.,

2002). O somatório desses agentes resulta na espessura óptica atmosférica que é expressa por:

$$\tau_{at} = \tau_R + \tau_{ae} + \tau_{O_3} + \tau_{SO_2} + \tau_{NO_2} \quad (1)$$

onde τ_{at} , τ_{O_3} , τ_{SO_2} , τ_{NO_2} correspondem respectivamente às espessuras ópticas atmosféricas geradas pelos gases O₃, SO₂, NO₂, para a faixa do UV.

O cálculo da espessura óptica é realizado pelo método de Langley que é uma aplicação da Lei de Beer para a atmosfera terrestre. Este relaciona a incidência da radiação na superfície através de τ_{at} , ou seja, a quantidade de radiação que chega à superfície é função do que chega ao topo da atmosfera e da sua composição, mais precisamente da τ_{at} (Coulson, 1975).

$$I_\lambda = I_{\lambda,0} \exp(-\tau_{\lambda,at}m) \quad (2)$$

onde I_λ , $I_{\lambda,0}$ são definidos como radiação na superfície da Terra e no topo da atmosfera, respectivamente, e $m = 1/\cos(\theta)$ é a massa de ar, que é assim calculada para ângulos solares zenitais θ menores de 70°.

O presente trabalho utiliza dados de radiação ultravioleta obtidos com um Espectroradiômetro durante o ano de 2003, dados de radiação obtidos com os Radiômetros UV-B e UV-A no período de janeiro a junho de 2005 e de ozônio obtidos com um Espectrofotômetro Brewer, medidos em São Martinho da Serra no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT (29.42°S, 53.87°O), com o objetivo de encontrar uma relação entre a razão UVB/UVA e o ozônio efetivo. Esta relação pode ser usada para inferir o ozônio atmosférico em locais sem a presença de medidores mais caros e sofisticados como o Espectrofotômetro Brewer.

METODOLOGIA

Para a obtenção das medidas de radiação UVB e UVA foram utilizados um Espectroradiômetro MS 701 e Radiômetros Ultravioleta UV-B MS 212 W e UV-A 212 A. O Espectroradiômetro mede a radiação UV a cada nanômetro na banda espectral de 300 a 400 nm, com resolução de 0,8 nm, fornecendo uma medida a cada cinco minutos. Os Radiômetros efetuam uma medida a cada cinco segundos, o UV-B mede a banda espectral de 280 a 315 nm e o UV-A abrange os comprimentos de onda de 315 a 400 nm. Os dados da coluna total de ozônio foram medidos pelo Espectrofotômetro Brewer MKIII #167 (Kipp & Zonen Inc.) que mede a coluna total de ozônio para os comprimentos de onda 306,3; 310,1; 313,5; 316,8 e 320,1nm com resolução de 0,6 nm, todos os equipamentos instalados no Observatório Espacial do Sul.

Através dos valores da coluna total de ozônio e da massa de ar fornecidos pelo Brewer, foi calculado o ozônio efetivo, que con-

forme mostra a Figura 1, corresponde à coluna total de ozônio multiplicada pela massa de ar (secante do ângulo zenital θ), dado em Unidades Dobson.

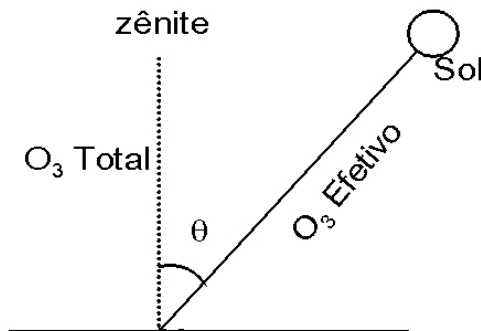


Figura 1 – Ilustração da geometria do caminho de um raio solar que atravessa a atmosfera, em relação ao ponto de zênite (perpendicular à superfície terrestre). O ângulo formado pela posição do Sol e o zênite é denominado ângulo solar zenital (θ).

O ano de 2003 foi selecionado para o Espectroradiômetro nesta análise devido a melhor continuidade nos dados, da mesma forma o período de janeiro a junho de 2005 foi determinado para os Radiômetros. Para que a interferência das nuvens fosse amenizada, somente os dias de céu limpo foram considerados.

RESULTADOS

A partir das medidas de ozônio efetivo de cada um dos dias sem interferência de nuvens, determinou-se para os horários mais próximos possíveis aos das medidas da coluna total de ozônio do Brewer, as intensidades das radiações UVB e UVA (W/m^2), medidas pelo Espectroradiômetro e pelos Radiômetros, de forma que os ângulos zenitais das medidas dos equipamentos fossem os mais próximos possíveis. Resultando em 32 dias sem influência de nuvens para o ano de 2003, analisado a partir dos dados do Espectroradiômetro, totalizando 587 pontos e em 13 dias sem influência de nuvens para o período de janeiro a junho de 2005, analisado com os dados dos Radiômetros, perfazendo 264 pontos. Depois de coletados os dados de UVB e UVA, foi determinada a razão UVB/UVA para o Espectroradiômetro, para os Radiômetros e para cada uma efetuada uma correlação com as medidas do ozônio efetivo medido pelo Brewer, Figuras 2 e 3. A partir dessas correlações foram obtidas as funções da forma exponencial:

$$y = A * \exp(B * x) \quad (3)$$

Os coeficientes para o espectroradiômetro foram: $A = 5,701$ e $B = -0,0021$ e o coeficiente de correlação teve um valor considerável, resultando em $R = 0,85$ ($R^2 = 0,72$). Os coeficientes para os Radiômetros foram: $A = 4,474$ e $B = -0,0021$ e o coeficiente

de correlação teve um valor alto resultando em $R = 0,99$ ($R^2 = 0,98$). Esses valores indicam a possibilidade de cálculo do ozônio efetivo pelo Espectroradiômetro e pelos Radiômetros a partir de dados de ozônio efetivo determinados pelo Brewer.

As funções obtidas são muito semelhantes à encontrada por Takeshita et al. (2001) para Hiratsuka no Japão:

$$y = 5,85 * \exp(-0,00206 * x) \quad (4)$$

A fim de verificar a confiabilidade das funções obtidas, os dados de ozônio efetivo do Espectroradiômetro foram ajustados à sua função e calculada a coluna total de ozônio, o mesmo procedimento foi feito com os dados dos Radiômetros. Como foram utilizadas mais de uma razão de UVB/UVA por dia, foi calculada a média diária da coluna total de ozônio e comparadas com as médias diárias do Espectrofotômetro Brewer e do equipamento Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS), que funciona a bordo de satélite da National Aeronautics and Space Agency (NASA). A correlação entre os dados de ozônio efetivo é mostrada nas Figuras 4 e 5, onde se verifica a boa similaridade nos dados.

Da comparação entre os equipamentos Espectroradiômetro com o Brewer e com o TOMS, verificaram-se diferenças médias de 0,7% do ozônio calculado pelos dados do Espectroradiômetro com os medidos pelo Brewer e de 3,1% de diferenças médias com os dados medidos pelo TOMS. A comparação entre os Radiômetros com o Brewer e com o TOMS, resulta em diferenças médias de 2% do ozônio calculado, pelos dados dos Radiômetros com o Brewer, este valor é maior do que o obtido para o Espectroradiômetro, possivelmente devido à menor quantidade de dados analisados. E uma diferença média de 4,3% com os dados medidos pelo TOMS. As diferenças médias apresentadas pelo Brewer são muito pequenas devido ao ajuste ter sido feito com o mesmo. Desvios nos dados de ozônio do TOMS são devido a problemas que este vem apresentando desde 1999 e estão sendo corrigidos matematicamente na versão V.8, mesmo assim, as diferenças médias entre os instrumentos são pequenas possibilitando a análise.

CONCLUSÕES

Da análise de dados efetuada, verificou-se que a função que melhor ajustou os dados foi exponencial com coeficientes de correlação de $R = -0,85$ para o Espectroradiômetro e de $R = -0,99$ para os Radiômetros. A diferença média entre o ozônio calculado pelo Espectroradiômetro e os dados do Brewer é de 0,7% e do Espectroradiômetro com o TOMS de 3,1%. A diferença média entre o ozônio calculado pelos Radiômetros e os dados do Brewer é de 2% e dos Radiômetros com o TOMS de 4,3%. O método

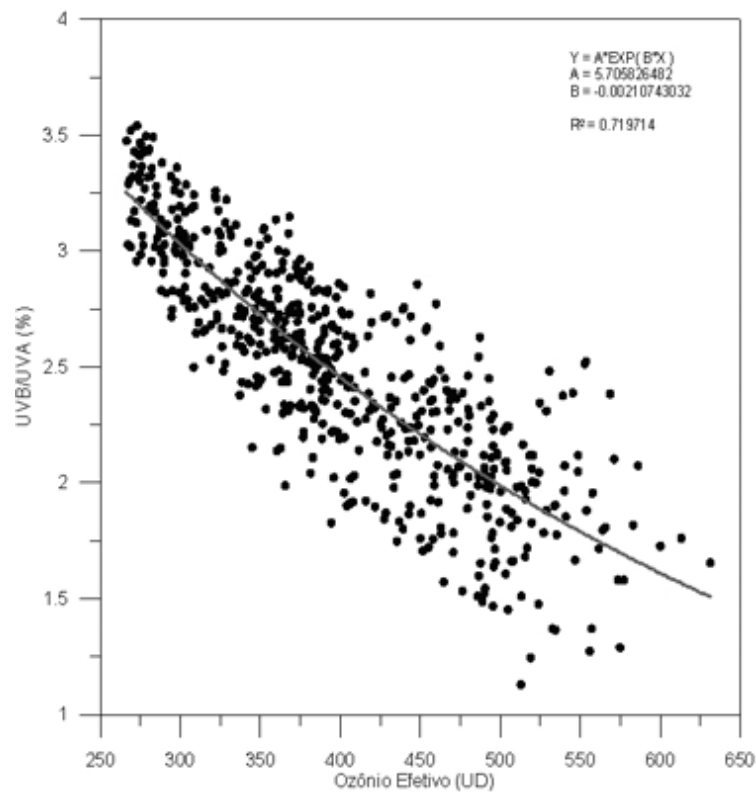


Figura 2 – Correlação entre ozônio efetivo medido pelo Brewer e a razão UVB/UVA do Espectrorradiômetro do Observatório Espacial do Sul.

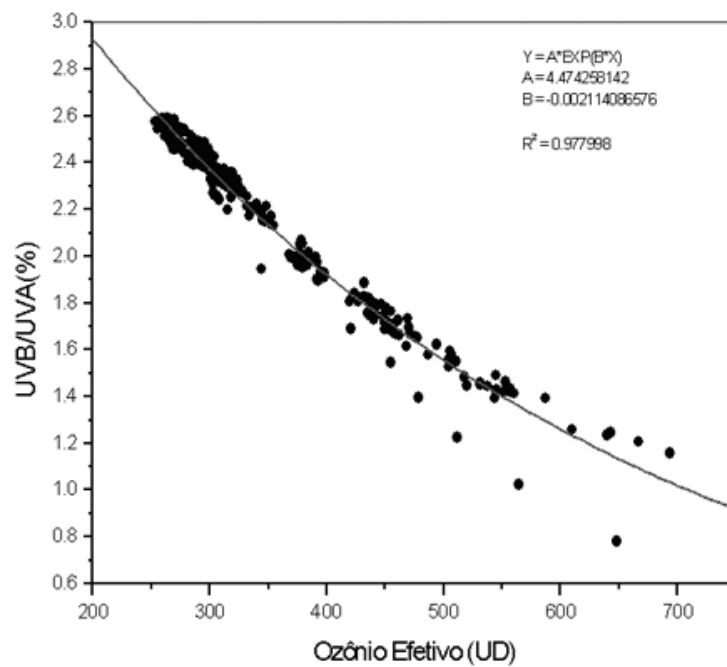


Figura 3 – Correlação entre ozônio efetivo medido pelo Brewer e a razão UVB/UVA dos Radiômetros do Observatório Espacial do Sul.

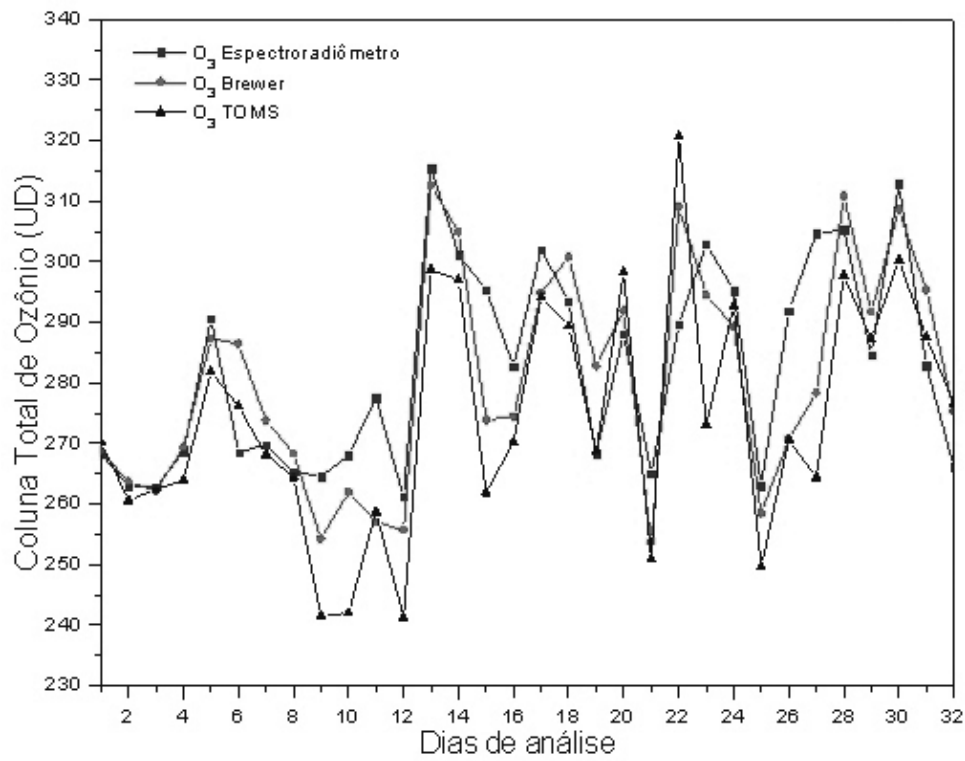


Figura 4 – Comparação da coluna total de ozônio entre Brewer, TOMS e Espectrorradiômetro do Observatório Espacial do Sul.

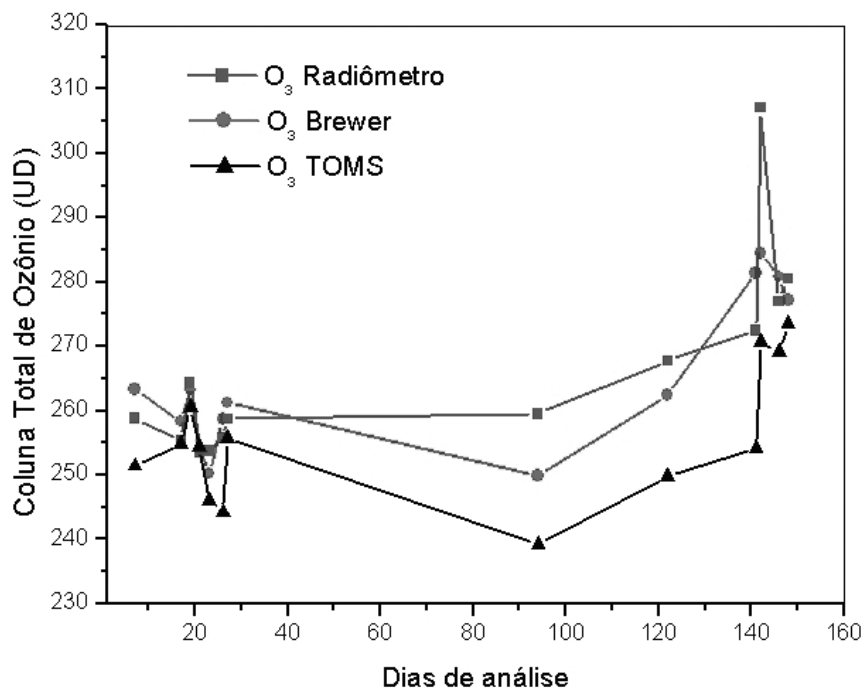


Figura 5 – Comparação da coluna total de ozônio entre Brewer, TOMS e Radiômetros do Observatório Espacial do Sul.

de inferir ozônio através da razão UVB/UVA mostrou-se eficiente conforme a análise, pois as funções exponenciais encontradas são muito próximas a de Takeshita et al. (2001), indicando que as mesmas podem ser utilizadas para a obtenção de ozônio total a partir de dados de radiação de um Espectroradiômetro ou de Radiômetros em diferentes localidades.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio da FAPERGS e do PIBIC/CNPq pelas bolsas concedidas, e ao Laboratório de Ozônio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Agradecimento especial à equipe NASA/TOMS pela cedência dos dados de ozônio.

REFERÊNCIAS

- CASICCIA C, KIRCHHOFF VWJH & TORRES A. 2003. Simultaneous of ozone and ultraviolet radiation: spring 2000, Punta Arenas, Chile. *Atmospheric Environment*, 37(3): 383–389.
- COULSON KL. 1975. *Solar and terrestrial radiation: methods and measurements*. New York: Academic, 322 pp.
- ECHER E, SCHUCH NJ, MAKITA K & OKANO S. 2004. Observations of broadband solar UV-A irradiance at Santa Maria, Brazil (29°S, 53°W). *Geofísica Internacional*, 43(1): 53–59.
- GREEN AES, SAWADA T & SHETTLE EP. 1974. The middle ultraviolet reaching the ground. *Photochemistry and Photobiology*, 19: 251–259.
- GUARNIERI RA, GUARNIERI FL, CONTREIRA DB, PADILHA LF, ECHER E, PINHEIRO DK, SCHUCH AMP, MAKITA K & SCHUCH NJ. 2004. Ozone and UVB radiation anticorrelations at fixed solar zenith solar angles in southern Brazil. *Geofísica Internacional*, 43(1): 17–22.
- KIRCHHOFF VWJH. 1991. *Introdução à geofísica espacial*. São Paulo: Nona Stella, 149 pp.
- KIRCHHOFF VWJH & ECHER E. 2001. Erythema UV-B exposure near the Antarctic Peninsula and comparison with an equatorial site. *J. Photochem. Photobiol., B: Biology*, 60: 102–107.
- KIRCHHOFF VWJH, SILVA AA, COSTA CA, LEME NP, PAVÃO HG & ZARATTI F. 2001. UV-B optical thickness observations of the atmosphere. *Journal of Geophysical Research*, 106(D3): 2963–2973.
- KIRCHHOFF VWJH, SILVA AA & PINHEIRO DK. 2002. Wavelength dependence of aerosol optical thickness in the UV-B band. *Geophysical Research Letters*, 29(12): 10.1029/2001GL014141 p. 58–1–58-4.
- LONDON J. 1985. Observed distribution of atmospheric ozone and its variations. In: WHITTEN RC & PRASAD SS (Ed.). *Ozone in the free atmosphere*. New York: Van Nostrand Reinhold, cap. 1, p. 11–80.
- SALBY ML. 1995. *Fundamentals of atmospheric physics*. International geophysics series, Vol. 61, ed. Academic Press, California, cap. 1, p. 1–54.
- SLUSSER J, GIBSON J, BIGELOW D, KOLINSKI D, MOU W, KOENIG G & BEAUBIEN A. 1999. Comparison of column ozone retrievals by use of an UV multifilter rotating shadow-band radiometer with those from Brewer and Dobson spectrophotometers. *Applied Optics*, 38(9): 1543–1551.
- TAHA G & BOX GP. 1999. New method for inferring total ozone and aerosol optical thickness from multispectral extinction measurements using eigenvalue analysis. *Geophysical Research Letters*, 26(20): 3085–3088.
- TAKESHITA S, MIYAOKA H, EJIRI M & SASAKI M. 2001. Solar ultraviolet irradiance in ozone hole region in Antarctica, Nanyoku Shiryo (Antarctic Record), 45(1): 1–12.
- VAN DER LEUN JC & GRUIJL FR. 1993. Influences of ozone depletion on human and animal health. In: TEVINI M (Ed.). *UV-B radiation and ozone depletion: effects on humans, animals, plants, microorganisms and materials*. Boca Raton: Lewis Publishers, cap. 4, p. 95–123.
- WHITTEN RC & PRASAD SS. 1985. Ozone photochemistry in the stratosphere. In: WHITTEN RC & PRASAD SS (Ed.). *Ozone in the free atmosphere*. New York: Van Nostrand Reinhold. cap. 2, p. 81–122.
- WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1994. *Environmental Health Criteria, No. 160: Ultraviolet Radiation*. Geneva: WHO.

NOTAS SOBRE OS AUTORES

Caroline Bertagnolli, referenciada como BERTAGNOLLI C, é acadêmica do nono semestre do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Maria. É membro desde 2004 da equipe do Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico da Universidade Federal de Santa Maria, desenvolvido em parceria com o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT, no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra.

Rafael Silveira Peres, referenciado como PERES RS, é acadêmico do nono semestre do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Maria. Foi membro nos anos de 2004 a 2005 da equipe do Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico da Universidade Federal de Santa Maria, desenvolvido em parceria com o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT, no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra.

Samara Carbone, referenciada como CARBONE S, é formada em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria em fevereiro de 2006. Foi membro de 2003 a 2005 da equipe do Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico da Universidade Federal de Santa Maria, desenvolvido em parceria com o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT, no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra. Atualmente é estudante de mestrado em Poluição e Química da Atmosfera na Universidade de São Paulo.

Robinson Luciano Manfro, referenciado como MANFRO RL, é formado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria em fevereiro de 2006. Foi membro de 2003 a 2005 da equipe do Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico da Universidade Federal de Santa Maria, desenvolvido em parceria com o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT, no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra. Atualmente é estudante de mestrado em Engenharia Química no Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – UFRJ.

Damaris Kirsch Pinheiro, referenciada como PINHEIRO DK, é formada em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria em 1990, Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas em 1992 e Doutora em Geofísica Espacial pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em 2003. Atualmente, é Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Maria e Diretora do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM. Coordena o Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico da Universidade Federal de Santa Maria, desenvolvido em parceria com o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT, no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra.

Augusta Maria Passaglia Schuch, referenciada como SCHUCH AMP, é formada em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 1968, Mestre em Química pela Universidade de São Paulo em 1972, Doutora em Química, pela Universidade de Cambridge em 1981. Atualmente, é Coordenadora e Professora do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Maria e orientadora do Laboratório de Ozônio e Radiação Ultravioleta.

Hiromasa Nozawa, referenciado como NOZAWA H, é formado em Física pela Tohoku University em 1996, Mestre em Geofísica pela Tohoku University em 1998 e Doutor em Geofísica pela Tohoku University em 2002. Atualmente, é professor do Department of General Education, Kagoshima National College of Technology. Pesquisador Colaborador do Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico da Universidade Federal de Santa Maria, desenvolvido em parceria com o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT, no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra.

Hiromasa Yamamoto, referenciado como YAMAMOTO H, é formado em Física pela Kobe University em 1968, Mestre em Física pela Kobe University em 1971 e Doutor em Física Atômica pela Rikkyo University em 1977. Atualmente, é professor da Universidade de Rikkyo no Japão. Pesquisador Colaborador do Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico da Universidade Federal de Santa Maria, desenvolvido em parceria com o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT, no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra.

Nelson Jorge Schuch, referenciado como SCHUCH NJ, é graduado em Física pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, em 1972. Mestrado em Astrofísica pela Universidade Presbiteriana Mackenzie em 1975. Doutorado em Física, concentração - Astrofísica pela Universidade de Cambridge em 1979. Pós-Doutorado em Astrofísica pela Universidade de Cambridge em 1980. De 1980 a 1995, atuou como Pesquisador Titular/Vice-Diretor do Observatório Nacional. Em 1996 foi nomeado coordenador do Projeto Radioastronomia – RA, no âmbito da parceria INPE – UFSM. É Pesquisador Titular III do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.