

Comportamento da Radiação Ultravioleta em Decorrência do Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico sobre o Sul do Brasil no dia 29/09/2005

Naiara Hupfer^{1,3}; Lucas Vaz Peres^{2,3}; Damaris K. Pinheiro³; Nelson Jorge Schuch¹;

Neusa Maria Paes Lemes⁴

[1] Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE-MCTI, Santa Maria, RS, Brasil

[2] Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

[3] Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

[4] Centro Regional Nordeste – CRN/CCR/INPE – MCTI, Natal, RN, Brasil

e-mail: naiara.hupfer@gmail.com

RESUMO: Analisou-se o comportamento da radiação ultravioleta incidente na superfície terrestre da região Sul do Brasil para o dia 29/09/2005, no qual houve a ocorrência do Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico. Os dados utilizados no trabalho foram coletados pelo Espectrofotômetro Brewer instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CCR/INPE-MCTI (29,42°S; 53,87°O), em São Martinho da Serra, RS. A análise da radiação ultravioleta é feita através da integral diária incidente no solo, referente ao mês de setembro de 2005. Foram utilizados na análise os dados da coluna total de ozônio dos instrumentos Espectrofotômetro Brewer e Espectrômetro TOMS. Analisando dados coletados da radiação ultravioleta do mês de setembro de 2005, observou-se um pico nos valores da integral diária da radiação UVB, a qual é medida em Joule/m^2 , no dia 29 de setembro de 2005. O valor da integral diária para a radiação UVB referente ao dia 29 de setembro de 2005 foi de $33765,33 \text{ J/m}^2$, valor acima dos demais dias no mês, os quais apresentam um comportamento regular, com um valor médio de $15665,38 \text{ J/m}^2$. Em segunda análise observou-se que, no dia 29/09/2005, o valor da coluna total de ozônio foi de 280,6 UD, sendo a média climatológica do mês $298,3 \pm 9,9 \text{ UD}$. Com base na diminuição na coluna total de ozônio sobre o Observatório Espacial do Sul para este dia, verificou-se imagens fornecidas pelo espectrofotômetro TOMS, e se analisou as trajetórias retroativas isentrópicas de massas de ar, podendo-se confirmar a chegada de uma massa pobre em ozônio vinda da região polar e dessa forma justificar o pico de radiação ultravioleta incidente na região central do Rio Grande do Sul no dia 29/09/2005.

ABSTRACT: This paper aims to analyze the behavior of ultraviolet radiation incident on the surface at Southern Brazil for the day 09/29/2005 with the influence of the Antarctic ozone hole over the region. The data used in the study were collected by the Brewer Spectrophotometer installed at the Southern Space Observatory (29.42 °S; 53.87 °W), São Martinho da Serra, RS. The analysis of ultraviolet radiation was through the integral daily incident on the ground for the month of September 2005. Ozone total column obtained by Brewer spectrophotometer and TOMS spectrometer instrument were analyzed. Through the analysis of the ultraviolet radiation

for September 2005, a peak value of the daily integral UVB radiation was observed. The value of the daily integral of UVB radiation for the day September 29, 2005 was 33765.33 J/m^2 , value higher than the remaining days in the month, which present a regular behavior with an average of 15665.38 J/m^2 . Regarding ozone total column, it was observed on 09/29/2005 a value of 280,6 DU, lower than the climatological average for the month, which was $298,3 \pm 9,9 \text{ DU}$. With the decrease in ozone total column over the Southern Space Observatory in this day, it was analyzed the images provided by TOMS spectrometer and examined the backward isentropic trajectories of air masses. These data can confirm the arrival of an airmass with poor ozone coming from the polar region, justifying the peak of ultraviolet radiation incident on the central region of Rio Grande do Sul on 09/29/2005.

1 – INTRODUÇÃO

O ozônio atmosférico protege todos os organismos vivos do excesso de radiação ultravioleta (UV) incidente, absorvendo os raios e atuando como um gás do efeito estufa com ação direta quando na troposfera [1][2]. No continente Antártico detecta-se uma considerável diminuição do conteúdo total de ozônio durante as primaveras. Esta diminuição é conhecida como “buraco” na “camada” de ozônio, sendo sazonal e manifestando-se no início da primavera Austral até novembro de cada ano. Porém, seus efeitos não se limitam somente à região Antártica, apresentando efeitos secundários do “buraco de ozônio Antártico” em regiões de baixas latitudes como a Região Sul do Brasil [3]. Os efeitos secundários são causados por injeção de massa de ar pobre em ozônio proveniente diretamente da região Antártica, provocando uma redução temporária na coluna total de ozônio, o que pode acarretar em um aumento significativo da intensidade da radiação UVB [4]. A radiação ultravioleta que não é filtrada pela camada de ozônio atinge a superfície terrestre e é responsável por inúmeros danos aos sistemas biológicos. O Brasil, por ser um país localizado em baixas latitudes, recebe grande quantidade de radiação solar devido à intensidade da radiação UV ser maior na região entre o equador e os trópicos [5].

2 – METODOLOGIA

Os dados de radiação ultravioleta e coluna total de ozônio foram obtidos utilizando-se um espectrofotômetro Brewer instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CCR/INPE-MCTI, (29,42°S, 53,87°O), localizado em São Martinho da Serra, RS, Brasil, em uma cooperação entre o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE – MCTI e o Laboratório de Ozônio da Divisão de Geofísica Espacial – LO/DGE/CEA/INPE – MCTI, com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM. Para este estudo analisou-se a integral diária da radiação ultravioleta para o mês de setembro de 2005, quando foi

detectada a ocorrência de Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico, originando redução na coluna total de ozônio. Para avaliar o efeito secundário foi verificado se a origem das massas de ar pobres em ozônio sobre o Observatório era polar. Para esta avaliação, foram utilizados mapas de vorticidade potencial em superfícies isentrópicas e trajetórias retroativas de massas de ar, além da análise da coluna total de ozônio via imagens de satélite através do Espectrofotômetro TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer).

3 – RESULTADOS

Para este estudo apresenta-se o exemplo do dia 29/09/2005, quando o valor da coluna total de ozônio foi de 280,5 UD, sendo a média climatológica (de 1992 a 2011) do mês $298,3 \pm 10,0$ UD. Com base nesta diminuição na coluna total de ozônio sobre o Observatório Espacial do Sul para este dia, mapas de vorticidade potencial em superfície isentrópica no nível de 640 K foram gerados através do GrADS, para os dias 28 (Figura 1a) e 29 (Figura 1b) de setembro de 2005, os quais mostram um aumento de vorticidade potencial absoluta sobre o Rio Grande do Sul de 28 para 29, confirmando a origem polar da massa de ar. Quando ocorre um aumento de vorticidade potencial absoluta é indicação de origem polar da massa de ar, enquanto que uma diminuição indica origem equatorial [6]. Fato que pode ser confirmado pelas trajetórias retroativas isentrópicas de massas de ar (Figura 1c), que demonstram a chegada de uma massa pobre em ozônio vinda da região Antártica. Em paralelo, verificou-se pela imagem fornecida pelo Espectrofotômetro TOMS (Figura 1d) uma entrada de massa de ar pobre em ozônio sobre o continente Sul Americano. Confirmada a ocorrência dos eventos de efeitos secundários do Buraco de Ozônio Antártico sobre o Observatório Espacial do Sul, para o dia 29/09/2005, realizou-se a análise do comportamento da radiação ultravioleta incidente no solo, obtida pelo Espectrofotômetro Brewer, através da avaliação da integral diária de radiação UVB, que é medida em Joule/m^2 , incidente na região central do Rio Grande do Sul. Verificou-se que, para o dia 29/09/2005, a radiação UVB atingiu o valor de $33.765,3 \text{ J/m}^2$, superior aos valores normais do mês, o qual apresentou um valor médio da integral diária da radiação ultravioleta de $15.665,4 \text{ J/m}^2$. Outro fato importante, foi observado que a radiação incidente no dia em estudo foi cerca de 10 % acima do valor máximo ocorrido no mês de setembro daquele ano e superior a queda da coluna de ozônio, que foi da ordem de 6 %. Esse aumento pode ser verificado na Figura 2.

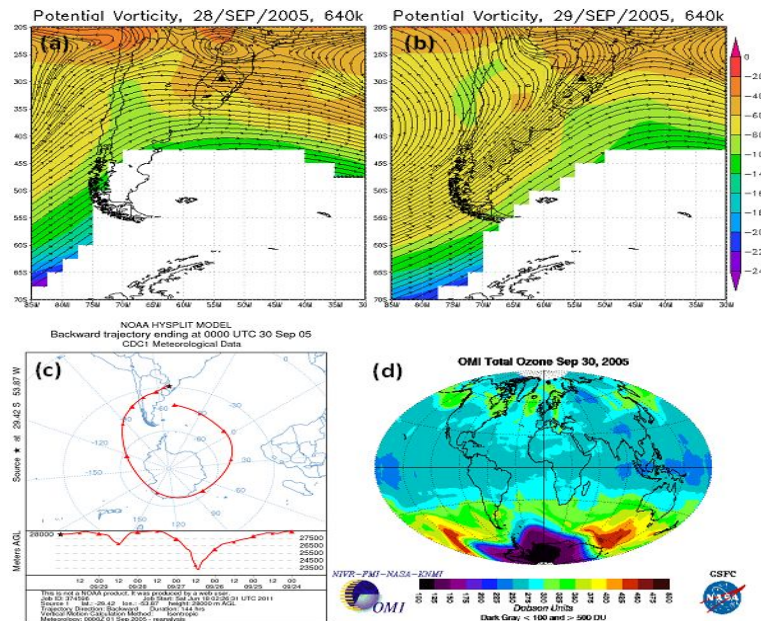


Fig.1: Vorticidade potencial com campos de vento sobrepostos em superfícies isentrópicas indicando o possível movimento das massas de ar do (a) dia 28 para o (b) dia 29 de setembro de 2005 a 640K. (c) Trajetória retroativa das massas de ar calculada pelo modelo HYSPLIT para o dia 29 setembro de 2005 e (d) imagem do satélite TOMS, mostrando o deslocamento de massa de ar originada do Buraco de Ozônio Antártico para o Sul do Brasil, no dia que antecede a queda de ozônio, dia 30 de setembro de 2005.

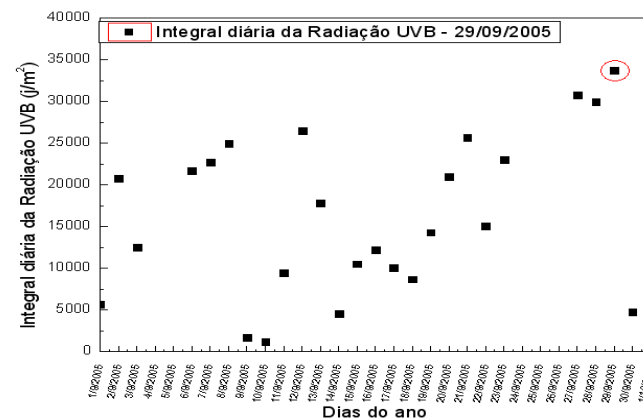


Fig. 2: Integral diária da radiação ultravioleta UVB para o mês de setembro de 2005 no Observatório Espacial do Sul.

4 - CONCLUSÃO

Com a análise realizada, foi possível observar que, para o exemplo do dia 29/09/2005, o Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico causou uma diminuição de cerca de 6 % na coluna total de ozônio sobre o Observatório Espacial do Sul, acarretando um aumento de cerca de 10 % na radiação ultravioleta UVB incidente. Portanto, a diminuição da coluna total de ozônio teve uma influência direta sobre a incidência da radiação ultravioleta.

5 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e PIBIC/UFSM–CNPq/MCTI pela concessão das bolsas de fomento, a NASA/TOMS e NCEP/NCAR pela disponibilidade dos dados e a NOAA pelo uso

do modelo HYSPLIT. Agradecimentos também ao Projeto ATMANTAR nº52.0182/2006-5, PROANTAR/MCT/CNPq.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MOHNEN, V.A.; WALTER, G.; WANG, W.C. “The potential role of tropospheric ozone as a climate gas”. WMO Bull. 44:38-42, 1995.
- [2] PRATHER, M. et al. **Atmospheric chemistry and greenhouse gases**. In: Climate Change 2001 – the scientific basis, HOUGHTON, J.T. et al., eds. Cambridge University Press, p. 239–287, 2001.
- [3] KIRCHHOFF, V. W. J. H.; SCHUCH, N. J.; PINHEIRO, D. K.; HARRIS, J. M. Evidence for an ozone hole perturbation at 30° south. **Atmospheric Environment**, vol. 33, n. 9, p. 1481-1488, 1996.
- [4] KIRCHHOFF, V. W. J. H. Ozônio e Radiação UV-B. Transtec Editora, São José dos Campos, 1995.
- [5] LIM, H.W. et al. **The health impact of solar radiation and prevention strategies**. Report of the Environment Council, American Academy of Dermatology. 1999.
- [6] SEMANE, N. et al. An unusual stratospheric ozone decrease in Southern Hemisphere subtropics linked to isentropic air-mass transport as observed over Irene (25.5° S, 28.1° E) in mid-May 2002. **Atmos. Chem. Phys.**, v. 6, pp. 1927-1936, 2006.
- [7] National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research, parâmetros atmosféricos disponíveis em <<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/reanalysis.shtml>>.