

DESCRIÇÃO SINÓTICA TROPOSFÉRICA DO EVENTO DE EFEITO SECUNDÁRIO DO BURACO DE OZÔNIO ANTÁRTICO SOBRE O SUL DO BRASIL EM 29 DE SETEMBRO DE 2009

Lucas Vaz Peres^{1,3}; Natália Machado Crespo^{2,3}; Otávio Krauspenhar da Silva^{2,3}; Naiara Hupfer^{2,3}; Vagner Anabor¹; Damaris Kirsch Pinheiro^{1,3}; Neusa Maria Paes Leme⁴; Nelson Jorge Shuch².

¹Programa de Pós Graduação em Meteorologia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

²Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE-MCTI, Santa Maria, RS, Brasil.

³Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT-UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

⁴Centro Regional do Nordeste – CRN/CCR/INPE-MCTI; Natal, RN, Brasil.

e-mail: lucasvazperes@gmail.com

RESUMO: Durante a primavera austral, massas de ar pobre em ozônio podem se desprender do Buraco de Ozônio Antártico e atingir médias latitudes em um fenômeno conhecido como “Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico”. A comprovação da ocorrência do fenômeno sobre o Sul do Brasil no dia 29 de setembro de 2009, deu-se através de medidas da coluna total de ozônio obtidas pelo Espectrômetro OMI, a bordo de satélite da NASA, para as coordenadas do Observatório Espacial do Sul (29,42°S; 53,87°O), em São Martinho da Serra, RS, além de mapas estratosféricos de vorticidade potencial sobre superfícies isentrópicas e trajetórias retroativas de massas de ar usando o modelo HYSPLIT da NOAA comprovando a origem polar da massa de ar pobre em ozônio. A descrição sinótica troposférica foi realizada através dos campos médios diários de vento em 250 hPa e Omega em 500 hPa, corte vertical de temperatura potencial e vento para a longitude de 54° oeste, pressão ao nível do mar, espessura entre 1000 e 500 hPa e imagem de satélite GOES 10 realçada, observando-se que o evento de queda no conteúdo de ozônio ocorreu após a passagem de um sistema frontal sobre o Sul do Brasil, onde a posição da corrente de jato polar proporcionou a ocorrência de um evento de quebra de tropopausa que induziu uma intensa região de subsidência favorecendo a intrusão de ar estratosférico para a troposfera e o transporte da massa de ar estratosférica da região polar em direção ao Sul do Brasil.

ABSTRACT: During the austral spring, masses of ozone-poor air can break off the Antarctic Ozone Hole and reach mid-latitudes in a phenomenon known as "secondary effect of the Antarctic Ozone Hole". The proof of the occurrence of this phenomenon at the South of Brazil on September 29, 2009, was made by measurements of ozone total column obtained by OMI Spectrometer for the coordinates of the Southern Space Observatory (29.42 ° S, 53.87 ° O), in São Martinho da Serra, RS, as well as maps of stratospheric potential vorticity on isentropic surfaces and retroactive trajectories of air masses using the HYSPLIT model of NOAA. These

data proved the polar origin of air mass over Southern Space Observatory. The tropospheric synoptic analysis was performed using the average daily wind fields at 250 hPa and Omega at 500 hPa, vertical section of potential temperature and wind to 54°W, sea level pressure, thickness between 1000 and 500 hPa and GOES 10 satellite image highlighted, noting that the event of a fall in ozone content occurred after the passage of a frontal system over southern Brazil, where the position of the polar jet stream provided the occurrence of an event of breakage the tropopause region which induced an intense subsidence favoring the intrusion of stratospheric air into the troposphere and transport of stratospheric air masses from the polar region towards the south of Brazil.

1 - INTRODUÇÃO

O “Buraco de Ozônio Antártico” é um fenômeno que ocorre durante a primavera austral de cada ano, na qual o conteúdo de ozônio estratosférico experimenta uma massiva diminuição (Farman et al., 1985) devido à formação do vórtice polar antártico e a ocorrência de reações químicas heterogêneas na superfície das Nuvens Estratosféricas Polares (Solomon et al., 1999). Seus efeitos não se limitam apenas à região Antártica, podendo influenciar regiões de médias latitudes como o Sul do Brasil (Prather e Jaffe et al., 1990) através do desprendimento de massas de ar pobre em ozônio provenientes da região antártica, provocando uma redução temporária na coluna de ozônio na região, em um fenômeno conhecido como “Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico” (Kirchhoff et al., 1996). Entretanto, os padrões estratosféricos e troposféricos e sua relação com a variação do conteúdo de ozônio ainda não são bem entendidos, sendo este tipo de estudo considerado como uma nova linha de pesquisa em ozônio (Ohring, 2010), motivando a realização do presente trabalho.

2 - METODOLOGIA

Eventos de Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico sobre o Sul do Brasil são detectados analisando a coluna total de ozônio, obtida por dados do espectrômetro OMI instalado em satélite da NASA para as coordenadas do Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CCR/INPE-MCTI do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE - MCTI (29,42°S; 53,87°O), em São Martinho da Serra, RS, Brasil, do qual são analisadas suas imagens. Quedas no conteúdo de ozônio são detectadas quando o valor diário de sua coluna total for inferior ao limite estipulado de média climatologia do mês menos 1,5 do seu respectivo desvio padrão ($\mu - 1,5\sigma$). É analisada a variação de Vorticidade Potencial em superfícies isentrópicas (Semane et al. 2006) para o nível de 620 K de temperatura potencial confeccionada com parâmetros diários fornecidos pela NCEP/NCAR no *software* GRADS e as trajetórias retroativas das massas de ar pelo modelo HYSPLIT da NOAA, com a finalidade de confirmar a origem polar da massa de ar estratosférica (Gupta et al., 2007). A descrição sinótica

troposférica para o período de ocorrência do evento é realizada analisando os campos médios diários de vento em 250 hPa e Omega em 500 hPa, corte vertical de temperatura potencial e vento para a longitude de 54° oeste, pressão ao nível do mar e espessura entre 1000 e 500 hPa, também utilizando parâmetros diários fornecidos pela NCEP/NCAR no software GRADS além de imagem de satélite GOES 10 realçada.

3 - RESULTADOS

O evento de “Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico” sobre o Sul do Brasil ocorrido no dia 29 de setembro de 2009, apresentou valor da coluna total de ozônio de 270,2 UD, representando uma redução de 9,4% em relação à média climatológica do mês de setembro que é de 298,2 UD. O padrão estratosférico mostra que houve um aumento na Vorticidade Potencial Absoluta para o nível de 620 K de temperatura potencial do dia 21 (a) para 22 (b) de outubro de 2010 com ventos predominantemente de sul, dando indícios da origem polar da massa de ar estratosférica pobre em ozônio, a qual foi confirmada pela trajetória retroativa da massa de ar no nível de 24 km (c) e pela imagem do conteúdo de ozônio do satélite OMI (d), mostrados na Figura 1, comprovando a influência do Buraco de Ozônio Antártico sobre o conteúdo total de ozônio do Sul do Brasil.

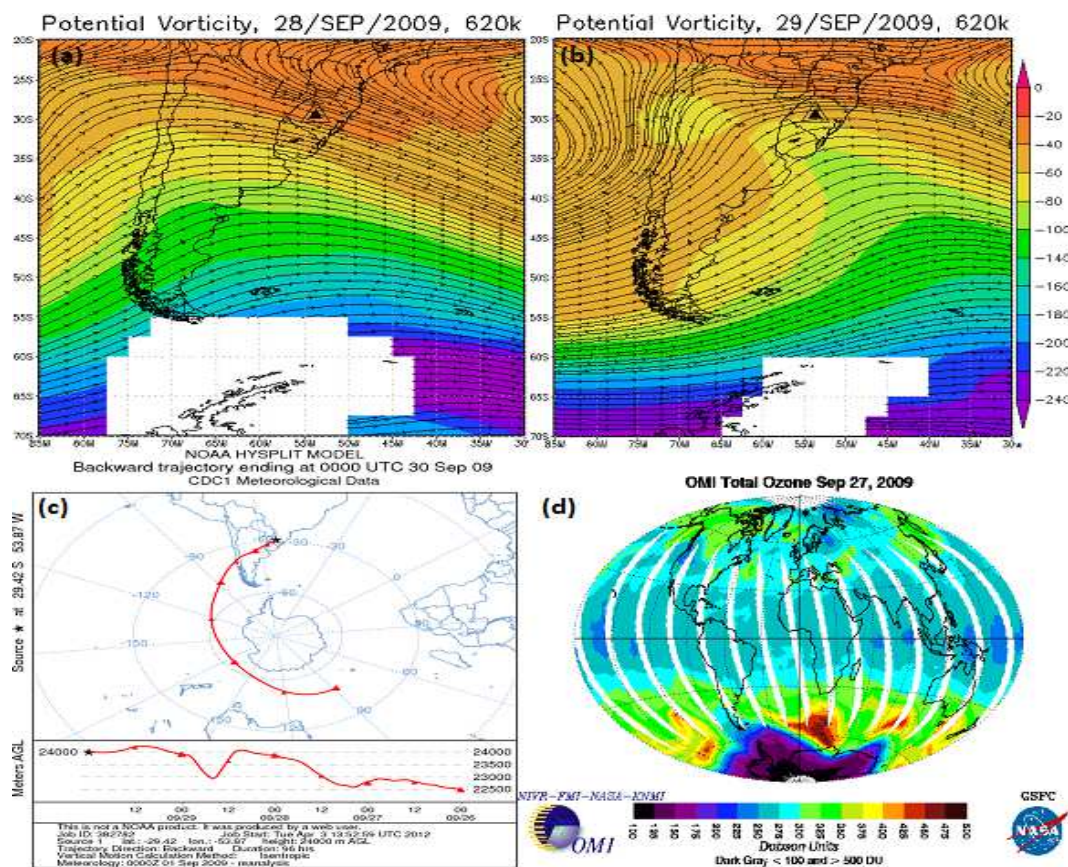


Figura 1 – Vorticidade Potencial e vento a 620K para 28 (a) e 29 (b) de setembro de 2009. Trajetória retroativa da massa de ar (c) e imagem do satélite OMI (d) para os dias 30 e 27 de setembro de 2009 respectivamente.

O evento de queda no conteúdo de ozônio ocorreu após a passagem de um sistema frontal sobre o Sul do Brasil, onde se observa a presença da corrente de jato polar e uma ampla região de movimento subsidente sobre a metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul e Uruguai, no nível de 250 hPa (Figura 2a), evidenciando um intenso evento de quebra de tropopausa pós frontal observado no campo do corte vertical de temperatura potencial e vento (Figura 2b), que associado ao sistema de alta pressão pós frontal em superfície (Figura 2c) deixaram a troposfera estável e sem nebulosidade significativa sobre o Sul do Brasil (Figura 2d). O evento de quebra de tropopausa associada à corrente de jato polar, ocorrido entre as latitudes de 30 e 35 °S, é caracterizado pela intrusão de ar estratosférico para dentro da troposfera (Sthol et al., 2003), onde o tempo de residência do ozônio é menor. A presença da corrente de jato tem papel importante na distribuição vertical e conteúdo total de ozônio (Bukin et al., 2011) podendo ter auxiliado no transporte da massa de ar pobre em ozônio da região Antártica em direção ao Sul do Brasil.

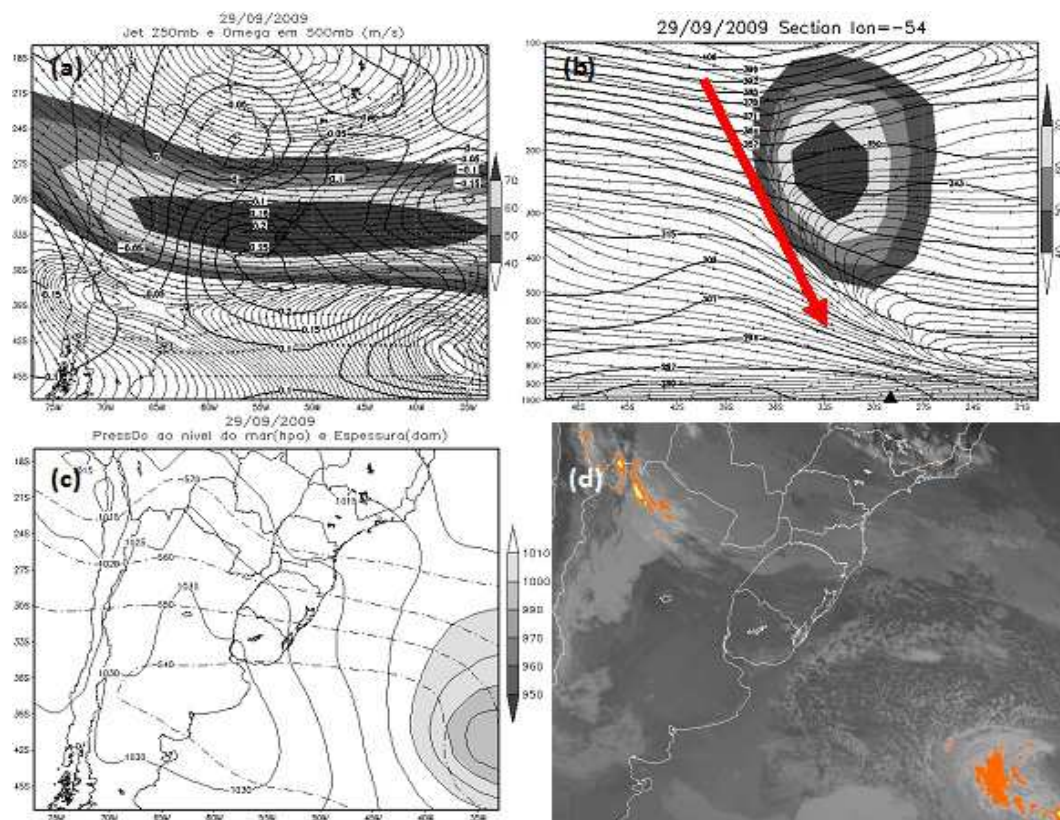


Figura 2 - Campos médios diários de vento em 250 hPa e Omega em 500 hPa (a), corte vertical de temperatura potencial e vento para a longitude de 54° oeste (b), pressão ao nível do mar e espessura entre 1000 e 500 hPa (c), e imagem de satélite GOES 10 realçada as 12:00(d) do dia 29 de setembro de 2009.

4 - CONCLUSÃO

Foi comprovada a ocorrência de evento de “Efeito Secundário do Buraco de Ozônio Antártico” sobre o Sul do Brasil no dia 29 de setembro de 2009, uma vez que houve uma queda de 9,4 % no conteúdo de ozônio, causada pelo ingresso de uma massa de ar pobre em ozônio proveniente

da região polar Antártica, comprovada pelo aumento na vorticidade potencial absoluta e pela trajetória retroativa da massa de ar.

O evento de queda no conteúdo de ozônio ocorreu após a passagem de um sistema frontal sobre o Sul do Brasil, onde a posição da corrente de jato polar proporcionou a ocorrência de um evento de quebra de tropopausa que induziu uma intensa região de subsidência favorecendo a intrusão de ar estratosférico para a troposfera e o transporte da massa de ar estratosférica da região polar em direção ao Sul do Brasil.

5 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e PIBIC/UFMS – CNPq/MCT 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 especiais ao Projeto ATMANTAR nº52.0182/2006-5, PROANTAR/MCT/CNPq.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUKIN, O. A.; SUAN, N.; PAVLOV, A. N.; STOLYARCHUK, S. Y.; SHMIRKO K. A. Effect that Jet Streams Have on the Vertical Ozone Distribution and Characteristics of Tropopause Inversion Layer, **Atmospheric and Oceanic Physics**, v. 47, n. 5, p. 610–618. 2011.
- FARMAN, J. C.; GARDINER, B. G. and SHANKLIN, J. D. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. **Nature**, 315: 207-210.
- 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**, v. 33, n. 9, p. 1481-1488, 1996.
- PRATHER, M. and JAFFE, H. (1990). Global impact of the Antarctic ozone hole: chemical propagation. **J. Geophys. Res.**, 95: 3413-3492.
- OHRING, G.; BOJKOV, R. D.; BOLLE, H. J, HUDSON, R. D. and VOLKERT, H. Radiation and Ozone: Catalysts for Advancing International Atmospheric Science Programmes for over half a century. **Space Research Today**, n177, April 2010.
- SEMANE, N.; BENCHERIF, H.; MOREL, B.; HAUCHECORNE, A. and DIAB, R. D. 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, p. 1927-1936, 2006.
- SOLOMON, S. Stratospheric ozone depletion: a review of concepts and history. **Reviews of Geophysics**, v. 37, n. 3, p. 275-316, 1999.
- STOHL, A., H. WERNLI, M. BOURQUI, C. FORSTER, P. JAMES, M. A. LINIGER, P. SEIBERT, and M. SPRENGER: A new perspective of stratosphere-troposphere exchange. **Bull. Am. Met. Soc.** 84, 1565-1573. 2003.