

ESTUDO DE TRAJETÓRIAS DE MASSAS DE AR UTILIZANDO DADOS DE RADAR DE LASER

Dalton D. Meira¹, Robert Barclay Clemesha², Dale Simonich², Fábio Vargas¹

¹Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova, dalton.dias@ymail.com

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Laboratório de Física da Alta Atmosfera

Resumo – O objetivo deste trabalho é analisar os possíveis impactos ambientais causados por massas de ar transportadas de regiões remotas até São José dos Campos em determinado período. Para esta tarefa foram usados dados do radar de laser (LIDAR) coletados de 2000 até 2010 pelo FISAT/INPE. Dados de meados de 2009 foram utilizados e resultados foram obtidos com sucesso. Os estudos desenvolvidos incluíram: obtenção da trajetória de massas de ar e identificação das possíveis fontes dos aerossóis observados (p. ex. queimadas Australianas, erupções vulcânicas, etc.), seus efeitos locais na temperatura e espessura óptica atmosférica, estudo da variação temporal da razão de mistura aerossóis/gás majoritário, razão de espalhamento e altura das nuvens de aerossóis, entre outros. Este trabalho está ligado com a investigação atual sobre mudanças globais e catástrofes naturais.

Palavras-chave: Aerossol, queimadas, massas de ar, radar de laser (LIDAR), razão de espalhamento.

Área do Conhecimento: Geociências e Física Espacial.

Introdução

A baixa atmosfera é ativa dinamicamente e quimicamente. Através da ação dos ventos, resíduos gerados pela ação antropogênica (p. ex., queimadas) e/ou através de desastres naturais (p. ex., erupções vulcânicas) podem ser carregados para pontos localizados a milhares de quilômetros de distância. As massas de ar contendo estes resíduos podem causar efeitos locais observáveis e por isso chamam a atenção da comunidade científica.

Em geral os resíduos estão associados partículas denominadas aerossóis, que podem estar presentes tanto na troposfera como na estratosfera, sendo em geral observadas/estudadas por técnicas de sensoriamento remoto envolvendo lasers. Os radares de laser (LIDAR) operam em frequências óticas diversas e podem fornecer informações sobre parâmetros atmosféricos (densidade, temperatura, espessura ótica, razão de retro-espalhamento, etc.). No estudo dos aerossóis utiliza-se o espalhamento Mie, permitindo medir e avaliar a presença dessas pequenas partículas suspensas na atmosfera, porque os aerossóis estão na mesma ordem de magnitude do comprimento de onda do feixe incidente. São partículas maiores e em geral são observadas nesses perfis verticais obtidos pelo Lidar como picos proeminentes na razão do espalhamento $1 < SR < 5$ que aparecem em alturas que variam

entre 10 a 30 km (região troposférica/estratosférica).

O objetivo deste trabalho é mapear as fontes de aerossóis provenientes de queimadas e erupções vulcânicas, que podem causar efeitos consideráveis na aviação civil e na economia regional, detectadas na cidade de São José dos Campos por meio de Lidar.

Base de Dados e Metodologia

Os dados disponíveis são do período de 2000 até 2010, capturados pelo radar a laser LIDAR operado pelo grupo de Física da Atmosfera (FISAT) do INPE, para detectar os possíveis aerossóis na atmosfera através do espalhamento Mie para o laser sintonizado no comprimento de onda de 589 nm. Ele é causado essencialmente por partículas esféricas encontradas na atmosfera como aerossóis (poeira, queimadas e erupções vulcânicas) (Pereira, 2010). Esse tipo de espalhamento ocorre quando o diâmetro da partícula é aproximadamente igual ao comprimento de onda da radiação incidente.

Primeiramente foi feita a redução de todos os dados disponíveis para diagnosticar quais seriam estudados/analísados. Neste processo, foi usado o software *DoTemperature* desenvolvido e disponibilizado pela equipe do INPE. Os dados que apresentarem picos $1 > SR < 5$ foram documentados em uma planilha do Microsoft Office Excel. Esses dados foram analisados

intrinsecamente e sua trajetória foi mapeada utilizando a aplicação READY/NOAA (Rolph, 2010) e a partir do HYSPLIT/NOAA (Draxler e Rolph, 2010). Para mapear a trajetória, foi fornecido ao HYSPLIT/NOAA a posição (latitude, longitude), hora local e a altura do pico observado no perfil vertical da SR. Vejamos na Figura 1 e 2 um exemplo. A origem é São José dos Campos, um período de 6 de março de 2009 às 20 horas e altura de 17250 metros.

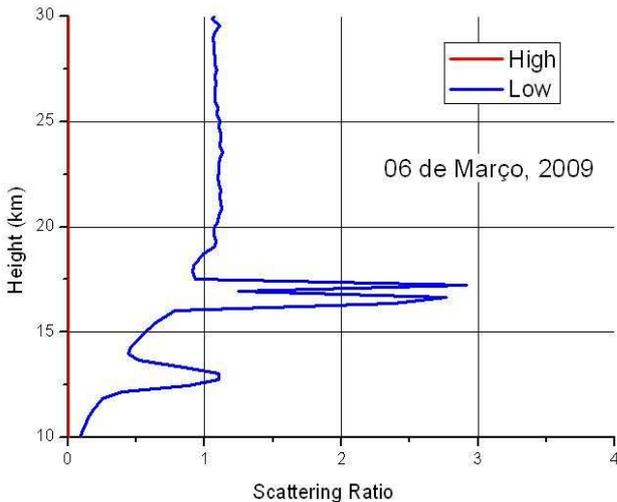


Figura 1 – Gráfico do perfil vertical da razão de espalhamento (*scattering ratio*). Pico estudado altura de 17,25 km e 2,9 SR.

A Figura 1 exhibe o gráfico do perfil vertical da razão de espalhamento. Neste estudo foi utilizado o maior pico observado, aproximadamente de 2,9 SR ($1 < SR < 5$) e altura de 17,25 km (região troposférica/estratosférica). Com ele foi possível criar uma retro-trajetória das massas de ar.

Na Figura 2, o quadro A mostra um mapa da trajetória da massa de ar a partir da posição desejada e num período de 240 horas. Definindo a opção *backward*, faz a retro-trajetória, então o ponto inicial, São José dos Campos, passa a ser o ponto final. Já o quadro B exhibe um gráfico da altura em metros pelo período. Por ele é observada a variação da altura com o tempo. Analisando esse quadro consta uma redução da altura da massa de ar à medida que é carregada pelo fluxo básico.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectory ending at 2000 UTC 06 Mar 09
GDAS Meteorological Data

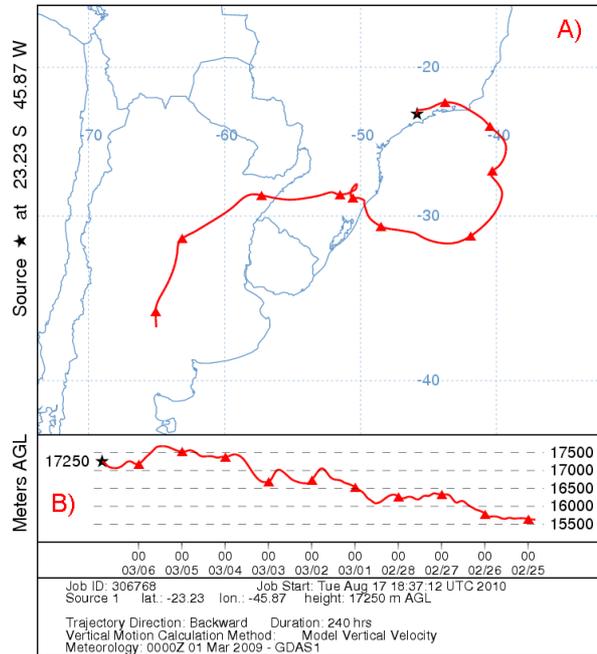


Figura 2 – Imagem da gerada pelo HYSPLIT/NOAA (Draxler e Rolph, 2010). A) Retro-trajetória de dispersão de massas de ar. B) Variação da altura desde o ponto de origem (estrela) até o ponto final.

A saída do programa HYSPLIT/NOAA fornece um arquivo com extensão *.kmz*, utilizado pelo Google Earth para visualização da trajetória calculada. Esse arquivo possibilita fazer uma investigação mais detalhada do evento, tal como: analisar exatamente o caminho de uma dada massa de ar (posição, período, altura e etc.), continuar trajetórias e mesclar outros dados. A Figura 3 mostra o arquivo *kmz* da Figura 2 já gerado, bastante similar e visualmente melhor.

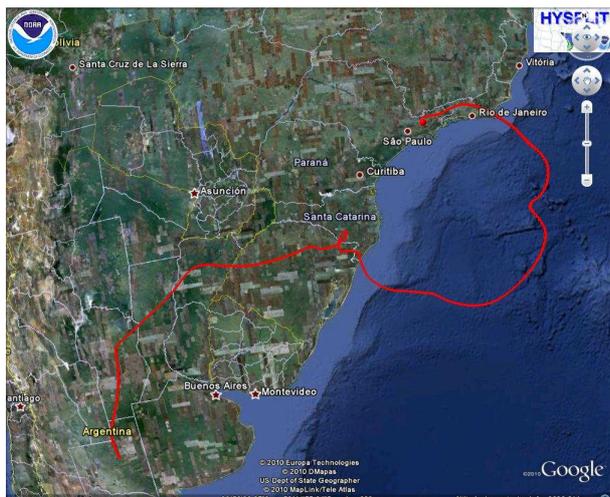


Figura 3 – Imagem gerada pelo Google Earth. Retro-trajetória da dispersão de massas de ar.

Com a ferramenta Google Earth foi possível analisar as trajetórias das massas de ar, tornando possível correlacionar e verificar se determinado dado é positivo (significa que esse dado é uma possível nuvem aerossol proveniente de uma ação antropogênica e/ou através de desastres naturais) ou se é negativo (é um dado falso, podendo ser uma nuvem do tipo cirrus ou ter origem desconhecida).

Resultados e Discussão

Como estudo de caso, foi escolhido o dado do dia 6 de março de 2009 e feita sua retro-trajetória no período de 400 horas (Aproximadamente 17 dias). As Figuras 4 e 5 mostram o resultado da retro-trajetória no Google Earth.



Figura 4 – Imagem gerada pelo Google Earth. Retro-trajetória da massa de ar. Ponto de inicial em São José dos Campos.

As emissões das queimadas, muito mais quentes, são projetadas verticalmente, alcançando altitudes acima de oito quilômetros. Em grandes altitudes, os ventos têm maior intensidade e as nuvens podem ser levadas para grandes distâncias, permanecendo também por mais tempo na atmosfera.

Dependendo da latitude, as emissões ultrapassam os 12 quilômetros de altitude, chegando à estratosfera. Nesse caso, os gases podem dar a volta no planeta. Eles conseguem modificar o balanço de radiação que vem do Sol e chega à superfície, alterando o clima global (Freitas, 2006).

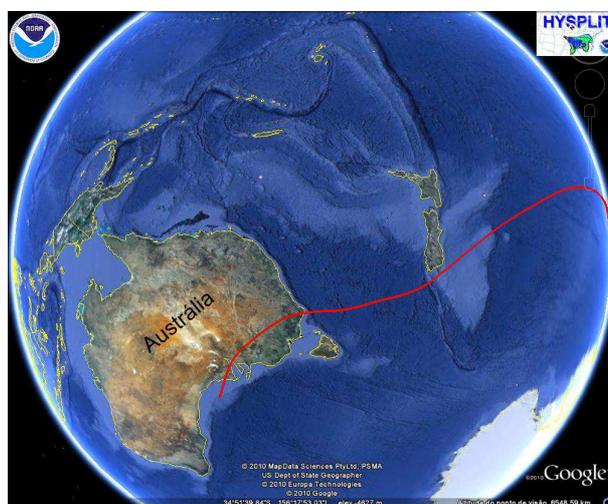


Figura 5 – Imagem gerada pelo Google Earth. Retro-trajetória da massa de ar. Ponto final na Austrália, entre os estado de Victória e New South Wales.

A massa de ar passou pela Austrália no período de 18 e 19 de fevereiro de 2009 (Figura 5). A Figura 6 mostra queimadas observadas por satélite na Austrália no estado de Victoria, iniciadas dia 7 de fevereiro de 2009 até 14 de março de 2009, esse período ficou conhecido como período negro (Wikipédia, 2010).



Figura 6 - Imagem de satélite mostrando fumaça e nuvens no leste de Victoria, em 7 de fevereiro (Wikipédia, 2010).

Desta forma, é possível que as massas de ar vindas dos estados australianos de Victoria e New South Wales naqueles dias tenham transportados resíduos de queimadas. Os aerossóis foram detectados após 17 dias na cidade de São José dos Campos, Brasil.

Conclusão

Utilizando os dados fornecidos pelo FISAT/INPE do período de 2000 a 2010, estudou-se a possibilidade de transporte de aerossóis a grandes distâncias. O dia 06 de março de 2009 foi utilizado aqui para mostrar que possivelmente massas de ar vindas da Austrália carregadas de aerossóis causaram efeito notáveis em São José dos Campos tendo sido observado por radar de laser.

Os resultados da observação e estudo da trajetória das massas de ar ressaltam os seguintes aspectos:

- É possível observar o acoplamento entre a baixa atmosfera de locais distantes milhares de km entre si.
- Existe correspondência entre o período em que nuvens de aerossóis foram observados e as queimadas ocorridas em outros locais.
- Massas de ar podem carregar resíduos por vários locais do mundo.

Um ponto em aberto neste trabalho é completar o estudo de todos os picos associados com aerossóis do período de 2000 a 2010. No futuro pretende-se estudar as cinzas do vulcão que entrou em atividade na Islândia em 2010, que possivelmente foram detectadas pelo Lidar do INPE. Foram evidentes os efeitos causados por este evento na aviação e na economia europeia durante o primeiro semestre de 2010.

Agradecimentos

Agradecemos ao grupo de Física da Alta Atmosfera do INPE pela disponibilização dos dados utilizados neste estudo. Agradecemos também ao CNPq por ter fomentado este trabalho através da concessão de bolsa de Iniciação Científica.

Referências

- ADRIANA CASTREGHINI DE FREITAS PEREIRA – Aula 3: Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. Disponível em: <http://www4.fct.unesp.br/docentes/cartto/adriana/Foto&Senso/Foto&Senso Aula3.pdf>. Acesso 8 de agosto de 2010.
- WIKIPÉDIA - Temporada de queimadas na Austrália de 2008-2009. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Temporada_de_queimadas_na_Austrália_de_2008-2009. Acesso 9 de agosto de 2010.
- Rolph, G.D., 2010. Real-time Environmental Applications and Display sYstem (READY). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD. Disponível em: <http://ready.arl.noaa.gov>. Acesso 10 de agosto de 2010.
- Draxler, R.R. and Rolph, G.D., 2010. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD. Disponível em : <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>. Acesso 10 de agosto de 2010.
- Google Earth disponível em: <http://earth.google.com/intl/pt-PT/>. Acesso 10 de agosto de 2010.
- Saulo Freitas, Fumaça nas alturas. Disponível em: <http://www.agencia.fapesp.br/materia/6438/especiais/fumaca-nas-alturas.htm> . Acesso 19 de Agos de 2010.