

## Transporte de Gases Traços Emitidos por Queimadas no Brasil Central Utilizando o Modelo RAMS

Saulo Ribeiro de Freitas (1)  
Maria Assunção F. Silva Dias (2)  
Karla Maria Longo(1)  
Paulo Artaxo (3)

(1) Centro Universitário de Palmas - Universidade do Tocantins  
(2) Departamento de Ciências Atmosféricas - Universidade de São Paulo  
(3) Departamento de Física Aplicada - Universidade de São Paulo

### Abstract

Forest and savanah fires represent a major source of trace gases to the atmosphere. The diffusion and advection of these gases from fires in Central Brazil is studied using a limited area model with two nested grids. A source of CO<sub>2</sub> has been modeled and introduced in one grid point of the finer resolution grid. The case presented refers to a few days during July 1993 when a mid-latitude frontal system approached from the south. The source of heat and CO<sub>2</sub> is introduced and the CO<sub>2</sub> is followed through the combined analysis of trajectories and fields of concentration. There is indication of long range transport to the south and upper levels through the action of the approaching front. Also, part of the CO<sub>2</sub> is carried to the west and over the Andes by the mean flow enhanced by local circulation.

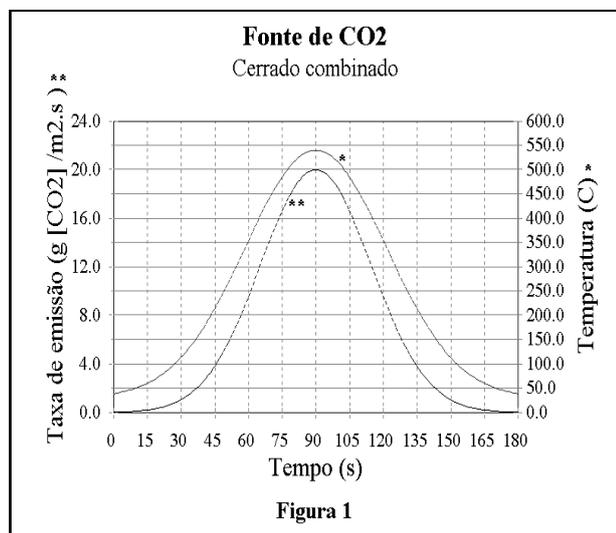
### 1. Introdução

Fogos em florestas tropicais e cerrados constituem uma grande fonte de material particulado e gases traços para a atmosfera. O transporte desses poluentes em escala regional e em grande escala depende basicamente da estrutura atmosférica e das condições de turbulência. A situação climatológica no Brasil Central nos meses de seca (junho a setembro) é caracterizada por pressões altas, baixa pluviosidade e ventos calmos. No entanto, situações transientes como as proporcionadas por frentes frias que passam pelo sul e sudeste do Brasil provocam perturbações no campo do vento e na estabilidade atmosférica. Linhas de instabilidade da Amazonia também podem ocasionar perturbações que levam a um transporte vertical acentuado de poluentes. Os Andes em particular, e a topografia em geral, causam circulações locais que favorecem também um transporte vertical acentuado. Neste trabalho será apresentado um estudo preliminar do transporte de CO<sub>2</sub> a partir de um único foco de queimada localizado no estado de Tocantins.

### 2. Dados e Metodologia

A dispersão e advecção de CO<sub>2</sub> emitido por um foco de queimada são estudados utilizando o modelo 'Regional Atmospheric Modeling System - RAMS' (Tripoli e Cotton, 1982 e Pielke et alii, 1992). O modelo é configurado com três grades tridimensionais com resoluções de 80, 20 e 5 km, cobrindo, respectivamente, parte da América do Sul e Oceano Atlântico, parte da Amazônia e do Brasil Central e, por fim, parte do Estado do Tocantins onde está inserida a fonte térmica emissora. O modelo possui resolução

vertical variável começando com 200m e aumentando gradativamente até o topo que se situa a 13.5 km. São utilizadas as parametrizações de cumulus e de microfísica, radiação de onda curta e longa interagindo com a água condensada, solo-vegetação e turbulência. Apesar da introdução da parametrização de cumulus e da microfísica, o transporte convectivo de poluentes não será enfocado aqui. O período simulado corresponde de 00 UTC do dia 12 de julho de 1993 à 00 UTC do dia 20 de julho de 1993. Durante a simulação, o modelo assimila, em todos os pontos de grade, análises de resolução de 2.5 graus do National Centers for Environmental Prediction - NCEP disponíveis a cada 12 horas. Entre os horários das análises do NCEP o modelo interpola os valores e é guiado por eles com uma taxa mais forte nas bordas e mais suave no centro. A cada 2 horas, o campo de vento é armazenado para o cálculo de trajetórias 3D de massas de ar. O modelo numérico com suas grades aninhadas está sendo utilizado, então, como um poderoso interpolador espacial das análises globais de baixa resolução do NCEP. Mais detalhes sobre o cálculo das trajetórias pode ser encontrado em Freitas et alli. (1996).



A partir de dados experimentais foi modelada uma fonte térmica emissora de CO<sub>2</sub>. Ward e outros (1992) descrevem resultados de medidas de fatores de emissão de gases e material particulado emitidos por queimadas, quantidade de biomassa queimada, etc., obtidos no experimento BASE-B. Miranda e outros (1993) descrevem temperaturas de solo e ar medidas durante queimadas experimentais no cerrado do Brasil Central. A Figura 1 mostra a fonte térmica emissora de CO<sub>2</sub> que foi modelada. Esta fonte é inserida em um ponto da grade de maior resolução (5 km) e produz um

máximo de temperatura de 75 °C e 25 cm/s na velocidade vertical, para uma área queimada que corresponde a 10% da área da célula dessa grade

### 3. Resultados e Discussão

Às 18:00 UTC do dia 12 de julho é ligada a fonte gerando um pulso de calor e emitindo CO<sub>2</sub>. As Figuras 2a ( imagem IR do satélite METEOSAT - 15 de julho 1993 00 UTC) e 2b ( análise do NCEP - 14 de julho 1993 00 UTC 850 hPa) mostram uma frente fria atingindo o sudoeste do Brasil Central. Pode-se notar que a região convectiva encontra-se sobre o mar; sobre o continente a frente tem fraca atividade convectiva e é caracterizada por nuvens stratus. No campo do vento em 850 hPa na Fig. 2b a região de confluência associada à frente passa pelo sul de Minas Gerais e oeste de Goiás. Na Amazônia o escoamento nesse nível é de oeste/sudeste (notar que sobre os Andes o campo do vento foi interpolado).

As Figuras 3a, 3b e 3c mostram um conjunto de trajetórias iniciadas nas vizinhanças da fonte no instante da queimada e com uma duração de até 7 dias. As altitudes acima do nível do mar estão indicadas nas Figuras 3a,b; o intervalo de tempo entre os pontos das trajetórias é de 24 horas. Observa-se basicamente três tipos de movimento que podem

ser vistos na Figura 3c: A) movimento para noroeste em baixos níveis, B) movimento, também em baixos níveis, atingindo o norte da Argentina, C) movimento inicialmente para noroeste e para cima e, após passar por um escoamento anti-ciclônico em 700 hPa (não mostrado), para sudeste até uma altitude de aproximadamente 6000 m acima do nível do mar.

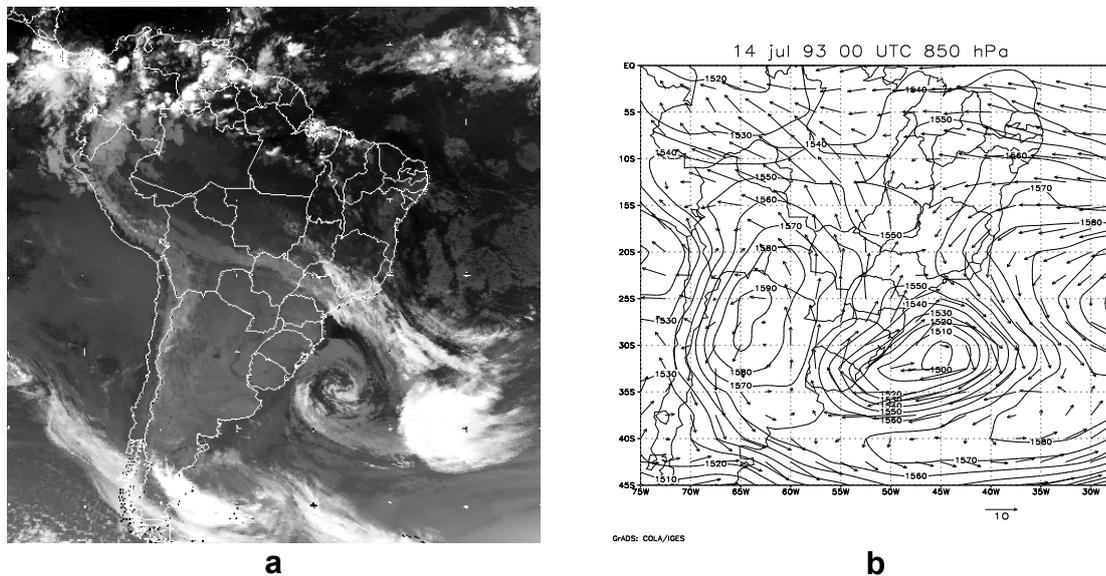


Figura 2

A Figura 3d mostra a pluma de CO<sub>2</sub> às 4:00 UTC do dia 18 ( 5 ½ dias após a emissão). A Figura 3e mostra as isolinhas de concentração de CO<sub>2</sub> ao nível do solo e num plano vertical colocado na região de levantamento do movimento C), às 8:00 UTC do dia 20. Nesse plano vertical observa-se a presença de dois máximos de concentração aproximadamente a 1.2 e 3.8 km (coordenada vertical em sigma-z) que estão relacionados ao transporte pelo movimento B) e pelo movimento C). A Figura 3f mostra a evolução temporal do perfil vertical de CO<sub>2</sub> para a latitude 23.6 °S e longitude 43.1 °W. O máximo ocorre por volta das 12 UTC do dia 19.

Comparando as trajetórias com a situação sinótica de grande escala da Figura 2, pode-se notar que o movimento C) ocorre por interferência do escoamento associado à região frontal. O movimento ascendente inclinado associado à frente fria em superfície ocorre ao longo da esteira transportadora quente num plano isentrópico e permite que os poluentes emitidos próximo à superfície sejam carregados para níveis médios e altos da troposfera em latitudes subtropicais. Nessas altitudes, e tratando-se do inverno, os ventos são relativamente intensos e se encarregam de transportar os poluentes para longe da sua região de origem e até o Atlântico Sul.

O movimento B) por outro lado refere-se a parcelas de ar que movimentaram-se um pouco mais para sul no início de suas trajetórias conseguindo evitar o efeito da esteira transportadora e permanecendo em níveis baixos num movimento para sul. Nota-se que esse movimento atinge altitudes de aproximadamente 1000 m após 7 dias.

O movimento A) refere-se a parcelas de ar que inicialmente se dirigiram para oeste e permaneceram nessa direção até atingir os Andes. Ibañez (1995) mostra através de

Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, vol. 2, 1996

simulações numéricas do escoamento atmosférico na região dos Andes peruanos que as circulações locais forçadas pelo aquecimento diurno das encostas pode provocar um levantamento acentuado e até levar parcelas de ar para o lado ocidental das montanhas. A passagem sobre as montanhas conforme mostrado em Freitas et alli. (1996) ocorre na camada limite planetária local e as trajetórias atingem o Pacífico Tropical leste.

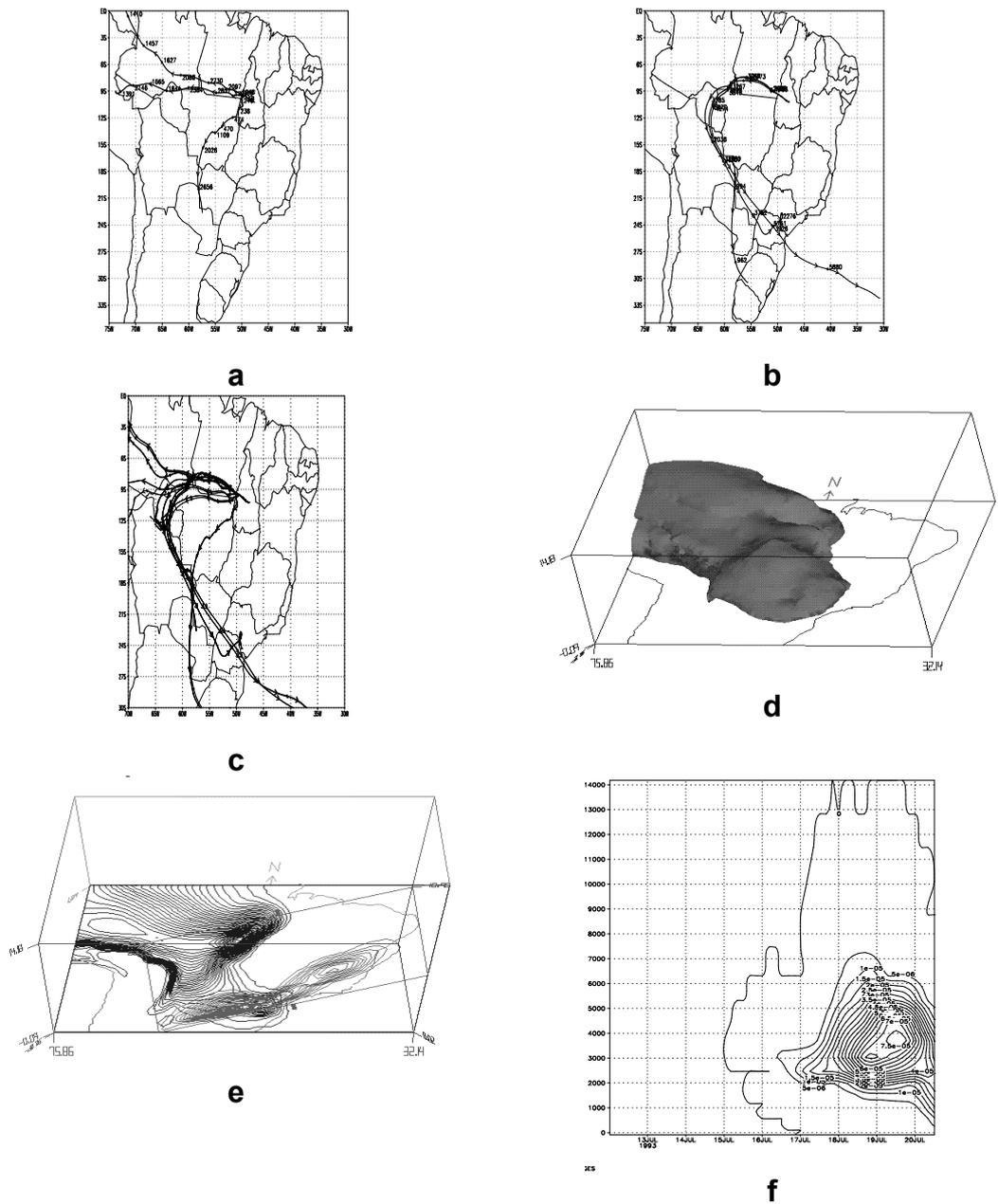


Figura 3

A Figura 3 e,f mostra que a dispersão do CO<sub>2</sub> é coerente com os tres movimentos descritos acima. Os valores de concentração de CO<sub>2</sub> observados à distância da fonte são muito pequenos comparados com os emitidos já que se trata de uma única fonte que atua por apenas 3 minutos. O próximo passo é utilizar os focos de queimada observados na imagens do satélite NOAA 11 obtidas no INPE pelo Dr. Alberto Setzer, para gerar uma

distribuição espacial de fontes de CO<sub>2</sub> próxima à observada o que permitirá analisar de uma forma mais quantitativa o impacto a longa distância dos gases emitidos por queimadas no Brasil Central.

Agradecimentos - A pesquisa aqui relata foi financiada pela FAPESP e pelo CNPq.

#### Referências

- Freitas, S. R., K. M. Longo, M. A. F. Silva Dias and P. Artaxo (1996): Numerical modeling of air mass trajectories from the biomass burning areas of the Amazon Basin. Aceito para publicação nos Anais da Academia Brasileira de Ciências.
- Ibañez, J. D.(1995): A influência dos Andes nas circulações locais do Peru. Tese de Mestrado, IAG/USP.
- Miranda, A. C., H. S. Miranda, I. F. O. Dias, and B. F. S. Dias (1993), Soil and air temperatures during prescribed cerrado fires in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, **9**,313-320.
- Ward, D. E. , R. A. Sussot, J. B. Kauffman, R. E. Babbitt, D. L. Cummings, B. Dias, B. N. Holben, Y. J. Kaufman., R. A. Rasmussen, A. W. Setzer (1992), Smoke and fire characteristics for cerrado and deforestation burns in Brazil: BASE-B experiment. *Journal of Geophysical Research*, **97**, 14601-14619.
- Pielke,R. A., W. R. Cotton, R. L. Walko, C. J. Tremback, W. A. Lyons, L. D. Grasso, M. E. Nichols, M. D. Moran, D. A. Wesley, T. J. Lee, and J. H. Copeland (1992) A comprehensive meteorological modeling system - RAMS. *Meteor. Atmos. Phys.*, **49**, 69-91.
- Tripoli G.J. and W.R. Cotton (1982), The Colorado State University three-dimensional cloud/mesoscale model - 1982. Part I: General theoretical framework and sensitivity experiments. *J. Res. Atmos.*, **16**, 185-219.