

MODELAGEM DO TRANSPORTE ATMOSFÉRICO DE CO₂ RESULTANTE DA QUEIMA DE BIOMASSA DE FONTE ISOLADA NO NORTE DE MATO GROSSO

Igor Trosnikov¹, Ralf Gielow², João Andrade de Carvalho Jr³, Carlos Alberto Gurgel Veras⁴, Ernesto Alvarado⁵, David Victor Sandberg⁶, José Carlos dos Santos⁷

1. CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista, SP igor@cptec.inpe.br
2. LMO/CPTEC/INPE, São José dos Campos, SP ralf@cptec.inpe.br
3. FEG/UNESP, Guaratinguetá, SP joao@feg.unesp.br
4. ENM/UnB, Brasília, DF gurgel@enm.unb.br
5. U W, Seattle, WA alvarado@u.washington.edu
6. USDA FS, Corvallis, OR sandberg@fsl.orst.edu
7. LCP/INPE, Cachoeira Paulista, SP jcsantos@cptec.inpe.br

Abstract

A coupled numerical Transport-Eta Mesoscale model was used for the determination of the transport of CO₂ from a slashed Terra Firme Amazonian forest controlled burning with an area of 9 ha, effected on August 31, 1998 in the region of Alta Floresta, MT, with an emission of 2052 Mg CO₂ during 144 min. The path of the resulting CO₂ plume was computed for 78 hours, and reached the coast of Santa Catarina as a compact mass. Its concentration, following the wind, was modified by mesoscale diffusion, with values that agreed well with the ones obtained through Taylor's similarity theory.

1 - Introdução

Nas regiões tropicais estima-se que 1,8 a 4,7 Pg (1 Pg = 10¹⁵ g) de carbono são lançados anualmente à atmosfera através da queima biomassa (Crutzen and Andreae, 1990). Globalmente, a queima de biomassa é reconhecida agora como uma fonte importante de CO₂, gases traços e partículas de aerossol para a atmosfera (Hao et al., 1990), os quais influenciam o clima global e regional de diversas formas. Em escala regional, destaca-se a queima de biomassa associada ao desmatamento na Amazônia (ver, p. ex., Kaufman et al., 1989, 1990).

Neste trabalho, utiliza-se um modelo lagrangiano de transporte atmosférico, acoplado ao modelo ETA de mesoescala, para determinar as trajetórias e concentrações de espécies químicas emitidas por uma queimada controlada. O modelo é aplicado para acompanhar a dispersão da emissão de CO₂ oriunda de uma queimada controlada de derrubada de floresta amazônica de Terra Firme, realizada em 31 de agosto de 1998, na Fazenda Caiabi (9° 57' 45" S, 56° 20' 40" W), situada na região de Alta Floresta, MT. Esta queimada é parte de um conjunto de experimentos realizados e analisados por Carvalho et al (2001).

2 - Metodologia

Modificou-se o modelo de transporte de Trosnikov e Nobre (1998) para ser compatível e acoplado com o modelo ETA de mesoescala (Mesinger, 1984; e Mesinger et al., 1988), este último escolhido por representar bem a velocidade vertical em regiões com encostas íngremes, como é o caso dos Andes na América do Sul. A coordenada vertical eta e a grade horizontal do tipo E de Arakawa foram utilizadas na versão acoplada ao modelo de transporte. Os procedimentos numéricos de interpolação e cálculo do deslocamento da parcela de ar também foram modificados.

Como condição inicial e de contorno lateral, o modelo utiliza dados da análise global do Modelo Global do CPTEC, enquanto os valores das emissões de CO₂ são obtidos observacionalmente em queimadas controladas.

Durante a integração sincronizada, o modelo de transporte acessa a cada 48 minutos os valores do vento, temperatura, altura geopotencial e parâmetros verticais de turbulência computados com o modelo ETA do CPTEC, cujo incremento de tempo é de 96 s, com uma grade superficial de 40 km.

3 - Resultados e discussões

Aplicou-se o modelo para determinar a trajetória e concentrações do fluxo de CO₂ emitido na superfície, oriundo de uma queimada controlada, descrita por Carvalho et al. (2001), realizada no Sítio C da Fazenda Caiabi (9° 57' 45" S, 56° 20' 40" W), situada na região de Alta Floresta, MT.

A queimada ocorreu em 31 de agosto de 1998, com início às 18:40 UTC. Durante aproximadamente 144 minutos, em área de 9 ha, foram emitidos 2052 Mg de CO₂, ou seja, 22,8 kg m⁻². Portanto, a intensidade da emissão de CO₂ para a atmosfera (S_f) foi, em média, igual a 0,00264 kg m⁻² s⁻¹. Assim, a intensidade da emissão de CO₂ para a atmosfera, S_q, na célula em que se localiza a queimada, é dada por:

$$S_q = S_f \frac{A_f}{A_g}$$

onde S_f é a intensidade da emissão de CO₂ da área de fogo A_f, situada dentro da célula de área A_g; S_q é a única fonte de CO₂ considerada.

O cálculo foi realizado até 78 horas após a queimada. O CO₂ injetado na atmosfera deslocou-se como uma massa compacta por longa distância, diminuindo sua concentração por causa da dispersão de mesoescala. A Figura 1 mostra a concentração de CO₂ na superfície 925 hPa após decorridas 6 horas e 40 minutos desde o início da queimada, cuja localização é indicada por um círculo cheio. Na primeira etapa, o deslocamento do excesso de CO₂ tinha como rumo o Sul, com uma pequena componente Leste.

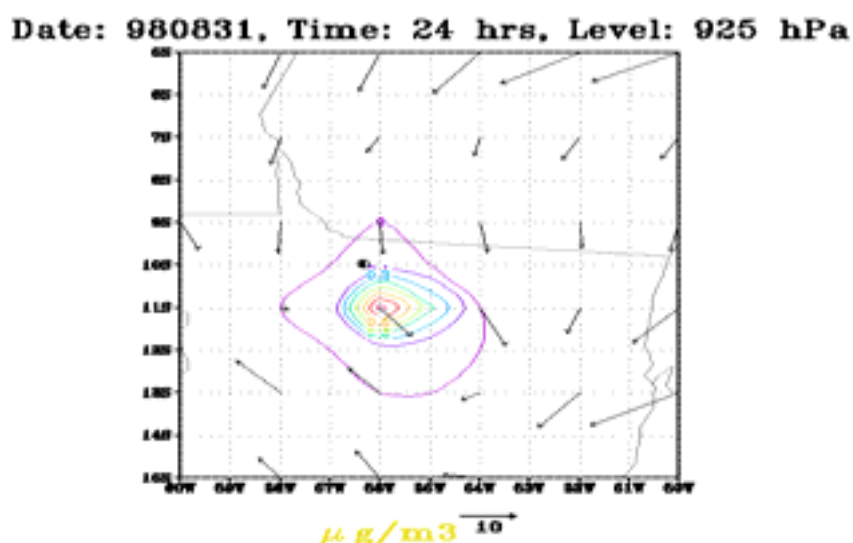


Figura 1: Excesso de CO₂ na superfície de 925 hPa após decorridas 6 horas e 40 minutos desde o início da queimada, demarcada pelo círculo.

CO₂ Excess at 850 hPa

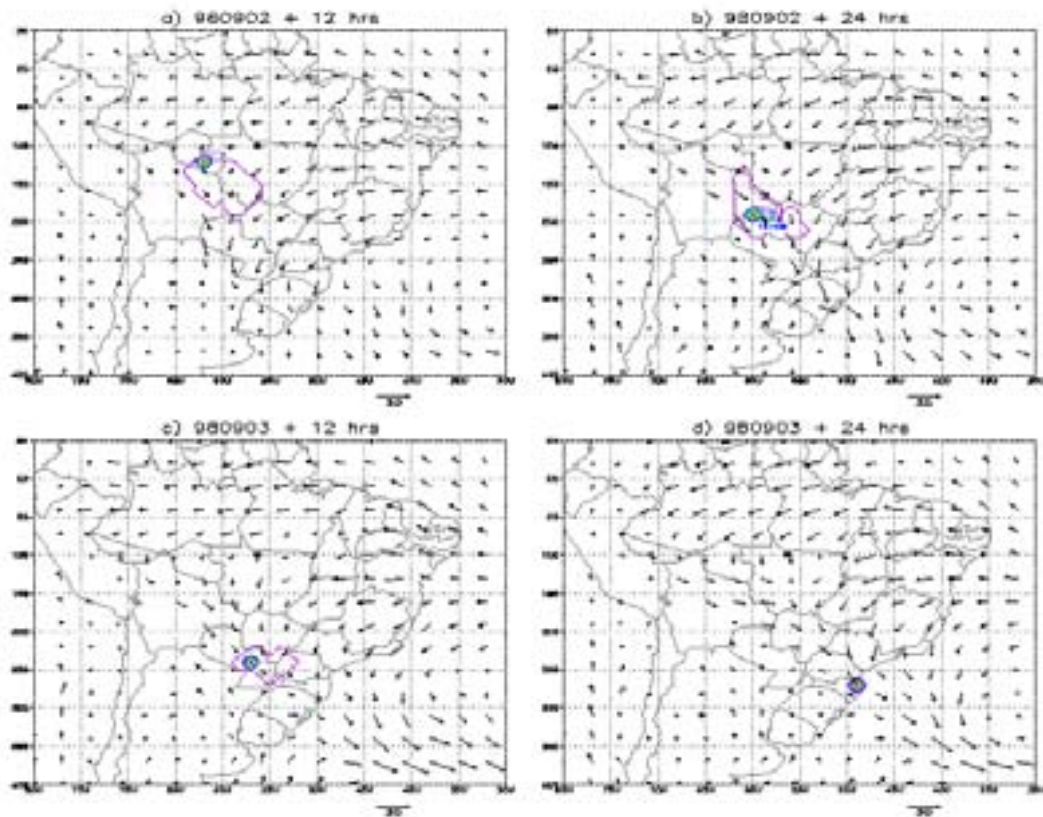


Figura 2: Deslocamento, na superfície de 850 hPa, durante o 3^o e 4^o dias, do CO₂ injetado pela queimada marcada pelo círculo (9° 57' 45" S, 56° 20' 40" W).

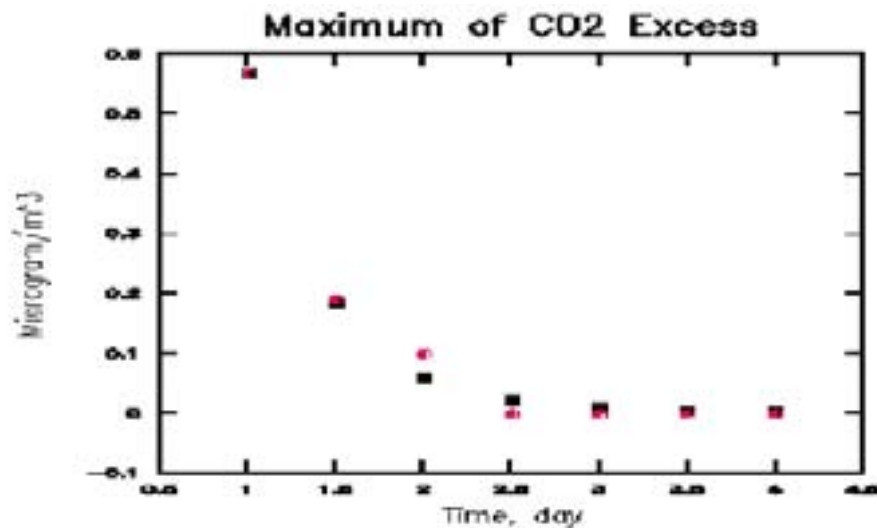


Figura 3: Concentração máxima de excesso de CO₂ conforme o modelo (círculos vermelhos) e segundo a teoria de Taylor (quadrados pretos).

Durante os dois dias seguintes, o deslocamento foi mais complexo, mas a trajetória do máximo acompanhava o campo do vento, conforme mostra a Figura 2. A concentração máxima do excesso de CO_2 em diferentes instantes é mostrada na Figura 3, onde os círculos vermelhos foram determinados pelo presente modelo, e os quadrados pretos de acordo com a teoria da semelhança de Taylor (1921). Note-se a boa concordância entre ambos, o que significa que a dispersão de mesoescala do CO_2 na atmosfera segue a lei de difusão $3/2$ (Gifford, 1977).

A Figura 4 mostra as trajetórias dos três primeiros máximos de excesso de CO_2 , no nível de 850 hPa, definidos por concentrações de CO_2 mais altas que as em 8 pontos circundantes mais próximos. O acompanhamento cessa quando as concentrações de CO_2 forem menores que 0,001 vezes o máximo absoluto, razão pela qual a segunda e a terceira trajetórias são menores. Não obstante, a costa de Santa Catarina é alcançada no quarto dia após a queimada.

Trajectories at 850 hPa

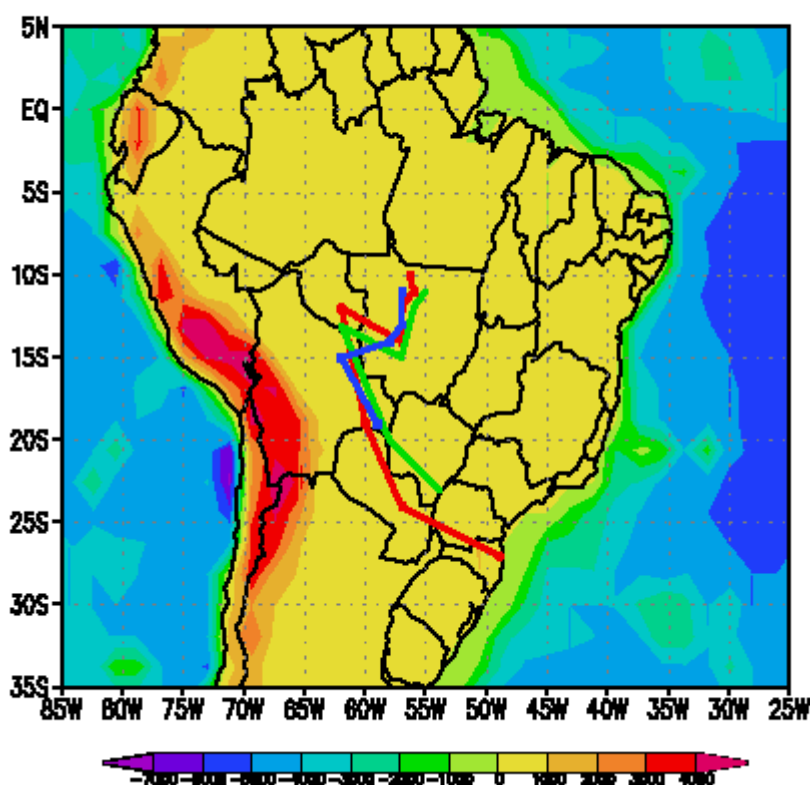


Figura 4: Trajetórias dos primeiros três máximos em excesso de CO_2 na superfície 850 hPa. O primeiro máximo é a linha vermelha, o segundo a verde e o terceiro a azul.

4 - Conclusões

Determinou-se o transporte do excesso de CO_2 produzido por uma queimada controlada isolada no Norte de Mato Grosso, de curta duração, utilizando um modelo

acoplado de Transporte -Previsão ETA. A trajetória resultante, quatro dias após a queimada, alcançou a costa atlântica de Santa Catarina, vindo de Noroeste. Outrossim, as concentrações de CO₂ computadas são coerentes com as estimadas pela teoria da semelhança de Taylor, seguindo o vento.

Agradecimentos - À FAPESP (Proc.1998/00104-9) e ao PNW/USDA (Proc. 99-5147-1) pelo apoio, ao CNPq pela Bolsa PCI a Igor Trosnikov, à Família Riva - proprietária da Fazenda Caiabi e ao seu administrador Antônio Costa Correia pelo apoio, ao CNPq (Proc. CMC-005/01) e ao IBAMA pela autorização para realizar a queimada.

Referências

Carvalho Jr, J.A., F. S. Costa, C.A.G. Veras, D.V. Sandberg, E.C. Alvarado, R. Gielow, A.M. Serra Jr, J.C. Santos, Biomass fire consumption and carbon release rates of rainforest-clearing experiments conducted in northern Mato Grosso, Brazil, *J. Geophys. Res.*, **106**, No. D16, 17877-17887, 2001.

Crutzen, P.M., and M.O. Andreae, Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycle, *Science*, **250**, 1669-1678, 1990.

Gifford, F. A., Tropospheric relative diffusion observations, *J. Applied Meteorology*, **16**, No. 3, 311-313, 1977.

Hao, W.M., M.H. Liu, and P.J. Crutzen, Estimates of annual and regional release of CO₂ and other trace gases to the atmosphere from fires in the tropics, based on the FAO statistics for the period 1975-1980. In *Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges*, edited by J.G. Goldammer. Ecological Studies **82**, 440-462 (?) Berlin-Heidelberg: Springer, 1990.

Kaufman, Y.J., C.J.Tucker, and I.Fung, Remote sensing of biomass burning in the tropics, *Advanced Space Res.*, **9**, 265-268, 1989.

Kaufman, Y.J., A.Setzer, C.Justice, C.J.Tucker, and I.Fung, Remote sensing of biomass burning in the tropics. In *Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges*, edited by J.G. Goldammer. Ecological Studies **82**, 440-462(?)Berlin-Heidelberg: Springer, 1990.

Mesinger, F., A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. *Rivista di Meteorologia Aeronautica*, **44**, No. 1-4, 195-202, 1984.

Mesinger, F., Z. I. Janjic, S. Nicovuc, D. Gavrilov, and D. G. Deaven, The step-mountain coordinate: Model description and performance for case of Alpine lee cyclogenesis and for case of an Appalachian redevelopment, *Mon. Wea. Rev.* **116**, 1493-1518, 1988.

Taylor, G.I., Diffusion by continuous movements, *Proc. London Math. Soc.*, **20**, 196-211, 1921.

Trosnikov, I. V., and C. A. Nobre, Estimation of aerosol transport from biomass burning areas during the SCAR-B experiment, *J. Geophys. Res.*, **103**, No. D24, 32129-32137, 1998.