

Trajelórias do Ar e Dispersão de Mercúrio na Região de Alta Floresta-MT, Durante a Época de Queimadas.

Edson J. P. Rocha
Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, PA

Carlos A. Nobre

Igor Trosnikov

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP

Gilberto F. Fisch

Instituto de Atividades Espaciais - IAE/CTA, São José dos Campos, SP

Ralf Gielow

Regina C Santos-Alvalá

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP

Abstract

The trajectories of air parcels and the dispersion of contaminants originating in Alta Floresta-MT (09°52'S, 56°06'W, 288 m), during the dry burning season in this alluvial gold-mining region, which injects mercury in the atmosphere, are determined through a semi-lagrangian numerical scheme, following an isentropic surface. Data from the Atmospheric Boundary Layer Experiment in Alta Floresta-ECLAF, carried out from August, 15 to 30, 1995, together with NMC analyses for the region, were used. The region was under the influence of an anti-cyclone, that inhibited the convection, except on days 28 and 29, when an instability in the east occurred. The dominant direction of the wind, up to 500 m, was from the S-SE quadrant, with an average value of 4m/s at 250 m. The trajectories at the beginning of the period were directed towards NW, reaching Rondonia in four days, thus demonstrating that the air may carry mercury to non-mining areas during the calm dry burning season.

1 Introdução

A exploração do ouro na Amazônia, intensificada com a descoberta de Serra Pelada, é feita de maneira desordenada e sem nenhuma política ambiental, ou alternativa tecnológica para a sua produção. O uso do mercúrio no processo de extração do ouro é uma das principais fontes de poluição do meio ambiente, causando problemas à saúde dos habitantes da Região Amazônica. O mercúrio é lançado no meio ambiente tanto na forma líquida durante o processo de separação do ouro do material sólido, alcançando rapidamente a rede de drenagem, quanto na forma de vapor durante a "queima" ao ar livre do ouro amalgamado. O tempo de residência do mercúrio na atmosfera é da ordem de meses, sendo que aproximadamente 40% do total emitido deposita-se, rapidamente, a poucos quilômetros da fonte (Lacerda, 1990). Esta deposição pode ser seca, ou através da chuva. Assim, a contaminação da bacia hidrográfica onde está localizada a fonte poluidora pode ser determinada; entretanto, o mercúrio levado pelas correntes atmosféricas pode contaminar bacias hidrográficas vizinhas, ou mesmo, distantes, podendo nelas também atingir níveis preocupantes, dependendo da intensidade da fonte. Neste trabalho, durante a estação seca e de queimadas, a partir de Alta Floresta, MT (09°52'S, 56°06'W, 288 m), estudam-se as trajetórias do ar e, conseqüentemente, as direções tomadas pelo mercúrio gasoso arrastado, estimando-se também a sua dispersão a partir da fonte de emissão.

2 Dados e Metodologia

A trajetória de parcelas de ar, seguindo superfícies isentrópicas a partir de fontes localizadas na superfície do solo, é determinada através de um esquema numérico semi-lagrangiano de advecção descrito por Williamson e Rasch (1989) e por Staniforth e Côté (1991): As coordenadas de posição das parcelas de ar (x - zonal e y - meridional, sendo a vertical igual à altura da superfície isentrópica seguida) são obtidas pela integração, através de um esquema de Crank-Nicholson, das expressões lagrangeanas dos componentes zonal (u) e meridional (v) do vento. Deste modo, a posição de uma parcela de ar, cuja trajetória inicia na superfície do solo em x_0 e y_0 , é dada por:

$$x_d(t) = x_d(t - \Delta t) + \frac{\Delta t}{2} [u_d(t - \Delta t) + u_d(t)] \quad (1)$$

$$y_d(t) = y_d(t - \Delta t) + \frac{\Delta t}{2} [v_d(t - \Delta t) + v_d(t)] \quad (2)$$

onde o índice d refere-se à situação no instante t , enquanto d corresponde ao instante anterior, $t - \Delta t$, sendo Δt o intervalo de integração. para uma dada precisão, o incremento de tempo, neste esquema, pode ser bem maior que o de esquema euleriano correspondente, em razão de sua maior estabilidade numérica. no presente estudo, $\Delta t = 1$ hora.

Os componentes zonal e meridional do vento, bem como os perfis termodinâmicos necessários, em cada posição, são obtidos das análises feitas pelo National Meteorological Center - NMC, complementadas com as observações feitas por radiossondagens e balões cativos, durante o Experimento para o Estudo da Camada Limite de Alta Floresta - ECLAF (Santos-Alvalá et al, 1996), realizado em Alta Floresta, MT de 15 a 30 de agosto de 1995. Interpolações, quando

necessárias, são efetivadas através de splines cúbicos quase-monotônicos, os quais evitam oscilações (Bermejo e Staniforth, 1992)

A dispersão de contaminantes, no caso o mercúrio, é determinada de maneira semelhante (Brasseur e Madronich, 1992), partindo da equação da difusão atmosférica com fonte emissora, resultando na seguinte expressão numérica semi-lagrangiana:

$$\chi_a(t) = \chi_d(t - \Delta t) + \frac{\Delta t}{2} [D_d^\chi(t - \Delta t) + D_a^\chi(t - \Delta t)] + \frac{\Delta t S_\chi}{\rho} \quad (3)$$

onde χ é a razão de mistura do contaminante, ρ a massa específica do ar, S_χ a intensidade da fonte (massa de contaminante por unidade de volume por unidade de tempo), $D_\chi = K \nabla^2 \chi$ é o termo de dispersão turbulenta do contaminante, cuja difusividade aparente é K (área por unidade de tempo).

3 Resultados e Discussões

No período estudado, a área de Alta Floresta estava sob influência de um anticiclone, que inibia a formação de aglomerados convectivos e dificultava a dispersão de contaminantes na atmosfera. A direção predominante do vento foi do quadrante sul-sudeste na camada da superfície até 500m de altura, com velocidade média de 4 m/s no nível de 250 m, com baixo teor de umidade no ar (umidade específica média na superfície do solo igual a 7 g/Kg).

As trajetórias, durante três dias, de três parcelas de ar, a partir de Alta Floresta, são mostradas na Figura 1. A trajetória A, de rumo noroeste, foi obtida para o período de 20 a 22/08/95; a trajetória B, deslocando-se para o oeste, refere-se ao período de 23 a 25/08/95; e a trajetória C foi determinada para o período de 26 a 28/08/95. Observa-se que a parcela A atravessa a Amazônia, alcançando o noroeste da América do Sul e, provavelmente, entraria na circulação atmosférica do Hemisfério Norte. A parcela B atinge o Peru e, na proximidade dos Andes, poderia tomar os sentidos norte e/ou sul. A parcela C provavelmente alcançaria o sudeste do Brasil, entrando na circulação do anticiclone do Atlântico Sul. Estas diferentes trajetórias estão associadas à posição do centro do anticiclone de superfície que atuava no centro-oeste do Brasil, neste período (Rocha et al, 1996). Observa-se, portanto, que os particulados e gases lançados na atmosfera durante a época seca e de queimada na região de Alta Floresta, apesar da relativa calma atmosférica, são levados pelas correntes de ar e poderão entrar na circulação atmosférica dos dois hemisférios e, dependendo do tempo de dissipação destes contaminantes, poderão atingir regiões distantes da fonte emissora.

A dispersão atmosférica de contaminantes, no nível de 925 hPa, a partir de uma fonte emissora de intensidade constante, ativa por cinco dias iniciados em 20/08/95 e localizada em Alta Floresta, após 7 dias de início da emissão, é mostrada na Figura 2. Observa-se, no sétimo dia, que a dispersão ocorreu na direção oeste e, também, demandou os sentidos norte e sul, certamente devido ao efeito produzido pelos Andes. Portanto, em poucos dias, contaminantes como o mercúrio, emitidos na região de Alta Floresta, podem estar sendo depositados em bacias hidrográficas relativamente distantes.

Agradecimentos: A Ângela Y. Harada e Roberto F. M. Mendes pelo apoio computacional e gráfico; à FINEP pelo apoio através do Processo 66.94.0438.00.

5 Referências Bibliográficas

- Bermejo, R. and Staniforth, A. The conversion of semi lagrangian advection schemes to quasi-monotone schemes. **Monthly Weather Review**, 120:2622-2632, 1992.
- Brasseur, G. P. and Madronich, S. Chemistry-transport models. In: Tremberth, K. e. (ed) **Climate system modeling**. Cambridge, University Press, 1992. Chapter 15.
- Lacerda, L. D. Distribuição e comportamento do mercúrio no ambiente amazônico. Anais do Seminário Nacional **Riscos e consequências do uso do mercúrio**, realizado em Brasília de 12 a 15 de setembro de 1989. Rio de Janeiro, FINEP, IBAMA, MS e CNPQ, 1990. p. 80-90.
- Santos-Alvalá, R. C.; Gielow, R.; Rocha, e. J. P.; Angela Y. Harada, Fisch, G. F. Análise meteorológica de superfície da região de Alta Floresta, MT durante a estação seca de 1995 - Experimento ECLAF, **Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 1996.
- Staniforth, A. and Côté, J. Semi-lagrangian schemes for atmospheric models - A review. **Monthly Weather Review**, 119:2206- 2223, 1991.
- Williamson, D. and Rasch, P. Two dimensional semi-lagrangian transport with shape-preserving interpolation. **Monthly Weather Review**, 117:102-109, 1989.