



(c)

Figura 2 - Temperatura da superfície (°C) para o caso de formação de geada no sul do Brasil na madrugada de 18/04/96: (a) observada, (b) previsão de 18 h do modelo regional FSU e (c) previsão de 18 h do modelo global do CPTEC. As áreas sombreadas em b e c representam o campo de OLR (W/m<sup>2</sup>).

## Conexões entre Assimilação de Dados e Previsão de Ensemble

Michael K. Tippett

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, INPE, SP, Brasil

Ricardo Todling

Universities Space Research Association, NASA/GSFC/DAO, Greenbelt, MD, USA

Stephen E Cohn

Data Assimilation Office, NASA/GSFC, Greenbelt, MD, USA

Dan Marchesin

Instituto de Matemática Pura e Aplicada, RJ, Brasil

### Abstract

In this paper, we study the connections between ensemble forecasting and data assimilation. In particular, we investigate the possibility of representing forecast error covariances with a limited-member ensemble as proposed by some operational weather prediction centers. Some mathematical results and numerical experiments will be presented at the conference.

### Introdução

O problema de assimilação de dados atmosféricos é aquele de gerar uma estimativa do estado da atmosfera em um determinado tempo, por intermédio da combinação de uma previsão, fornecida por um modelo atmosférico, e observações do estado da atmosfera no mesmo instante de tempo. A qualidade desta estimativa, ou análise, é um fator chave para a geração de previsões precisas. Matematicamente, assimilação de dados pode ser descrita por teoria de estimação. Para sistemas lineares, com propriedades estatísticas conhecidas, o filtro de Kalman (FK) fornece a análise ótima (e.g., [1]). Em aplicações práticas de assimilação de dados atmosféricos, a dinâmica é não linear e o número de graus de liberdade  $n$  do sistema é excessivamente alto ( $O(10^6)$ - $O(10^7)$ ), proibindo uma implementação viável do FK, ou de qualquer uma de suas extensões não lineares. A etapa computacional proibitiva do FK é aquela correspondente à obtenção da covariância dos erros de previsão, que corresponde a um número de operações de ponto flutuante de ordem  $n^2$ . Este alto custo computacional, assim como vários outros fatores, servem de motivação para o desenvolvimento de métodos sub-ótimos que correspondem a aproximações do FK [1,2].

### O Método de Monte Carlo

No caso geral, o problema de determinar a estatística de erros de previsão pode ser resolvido por meio do método de Monte Carlo. Em tal método um "ensemble" de previsões é gerado e a estatística de erros do "ensemble" é calculada diretamente. Na prática, no entanto, o número de membros necessários de modo a construir um "ensemble"

representativo torna este método tão inviável quanto as extensões não lineares do FK. Ainda assim, se restringirmos o número de membros no "ensemble" a um número computacionalmente tratável, é possível usar a idéia do método de Monte Carlo de modo a construir métodos aproximados de previsão e assimilação de "ensemble" [4]. Neste caso, é fundamental que os membros do "ensemble" sejam representativos da distribuição estatística do sistema.

## Perturbações iniciais

Um esquema para tratar este problema no contexto de previsão é o chamado método de "geração de modos de crescimento" (GMC; [4], o qual foi desenvolvido, e é utilizado operacionalmente, pelo National Centers for Environmental Prediction, dos Estados Unidos. Outra possibilidade é a utilização de vetores singulares [5], usados no sistema de previsão de ensemble do Centro Europeu de Previsão de Tempo. Espera-se que esse conjunto de perturbações, dados pelos modos de crescimento ou pelos vetores singulares, sejam representativos dos erros nas análises.

## Conclusões

A possibilidade de utilizar o método do GMC ou de vetores singulares, para estimar parte da covariância de erros de previsão, utilizada em assimilação de dados, é reconhecido por vários pesquisadores na área. Nesse trabalho, temos como objetivo principal encontrar os pontos comuns entre alguns dos métodos de assimilação de dados avançados, propostos recentemente na literatura [1,2], e os métodos de GMC e vetores singulares. Alguns resultados matemáticos e exemplos de aplicações em um modelo simples serão discutidos durante a conferência.

## References

- [1] Todling, R. and S. Cohn, 1994: Suboptimal schemes for atmospheric data assimilation based on the Kalman filter. *Mon. Wea. Rev.* 122, 2530-2557.
- [2] Cohn, S.E., and R. Todling, 1996: Approximate data assimilation schemes for stable and unstable dynamics. *J. Meteorol. Soc. Japan* 74, 63-75.
- [3] Houtekamer, P. L., L. Lefaivre, J. Derome, H. Ritchie, and H.L. Mitchell, 1996: A system simulation approach to ensemble prediction. *Mon. Wea. Rev.*, 124,1225-1242.
- [4] Toth, Z. and E. Kalnay, 1993: Ensemble forecasting at NMC: The generation of perturbations. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 74, 2317-2330.
- [5] Molteni, F., R. Buizza, T.N. Palmer, and T. Petroliaigis, 1996: The ECMWF ensemble prediction system: Methodology and validation. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 122, 73-119.

# Estudo de Modelagem da Variação da Precipitação na Amazônia

*Luiz Kondraski de Souza  
Vadlamudi B. Rao  
Sérgio H. Franchito  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE*

## Abstract

Climate modification caused by human influency such as deforestation, reforestation, urbanization, etc, may have significant impact local and global climate. In particular, on tropical forest regions, like Amazon forest, the indiscriminate deforest may have major impact on climate, causing precipitation, evapotranspiration and of the air temperature variations in the region. A primitive equation Statistical Dynamical Model (SDM) (Franchito e Rao, 1992) is used to conduct experiments related to climate modification due to human activity (deforestation). This paper the model is hemispheric (only the southern hemisphere is consider), and includes parametrization of diurn cycle solar radiation. The results of the modelling study showing that in all months of the year, when the tropical forest is replacing by grassland, there is a decrease in the surface net radiation ( due to the increase of the surface albedo and, consequently, reduction in the solar radiation absorbed by grassland), a decrease in the evapotranspiration ( due to the increase of both the net radiation and the surface water availability), and a decrease in the precipitation and the ascending motion of the Hadley cell. It was also noted that there is an increase in the surface temperature indicating that the heating effect due decrease on evapotranspiration overcomes the effect of the surface albedo increase. The results obtained with this simple model agree qualitatively with those from General Circulation Models, showing the usefulness of this kind of model in studies of climate change, particulary in the determination of the relationship of "cause-effect".