

## O SISTEMA DE ASSIMILAÇÃO DE DADOS ATMOSFÉRICOS GLOBAL DO CPTEC/INPE

Dirceu L. Herdies, Sergio H. Ferreira, José P. Bonatti, Rosângela Cintra e  
Arlindo da Silva

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE  
Rodovia Presidente Dutra, km 40  
12630-000 -Cachoeira Paulista - SP

e-mail: [dirceu@cptec.inpe.br](mailto:dirceu@cptec.inpe.br), [henrique@cptec.inpe.br](mailto:henrique@cptec.inpe.br), [bonatti@cptec.inpe.br](mailto:bonatti@cptec.inpe.br),  
[rcintra@cptec.inpe.br](mailto:rcintra@cptec.inpe.br), [dasilva@dao.gsfc.nasa.gov](mailto:dasilva@dao.gsfc.nasa.gov)

### ABSTRACT

*At the Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), a new analysis system is being tested for possible use as the operational global data assimilation system. This analysis system is called Physical-space Statistical Analysis System (PSAS) and was developed at Data Assimilation Office at National Aeronautics Space Administration (DAO/NASA). Preliminary results have been encouraging with favorable features include analysis increments the same order of the operational system and some improvement of 2 day forecasts.*

### INTRODUÇÃO

Em previsão numérica de tempo (PNT) são necessários dois ingredientes básicos: um estado inicial da atmosfera, definido pelas observações, e a necessidade de um modelo físico da atmosfera que possa ser integrado no tempo através de um procedimento numérico. Na derivação do estado inicial, a partir de um conjunto de dados observacionais incompletos no espaço-tempo, diversos centros de previsão utilizam a técnica de assimilação intermitente de dados. Este é um procedimento cíclico onde os resultados de uma integração curta, tipicamente de 6 h é usado como “first guess” (FG), que combinado com as últimas observações disponíveis formam o novo estado inicial para a próxima integração do modelo. A combinação do FG com as observações é chamado de fase de análise, e a saída da análise no senso estatístico é o estado inicial ótimo para ser usado na previsão do modelo, sendo esse um dos maiores e mais importantes problemas associado a previsão numérica de tempo - a determinação da condição inicial (Lorenz 1986).

Em 2001 foi finalizada a adaptação e implementação do sistema de análise Physical-space Statistical Analysis System - PSAS (Da Silva et al. 1995, Cohn et al 1998) desenvolvido no Data Assimilation Office da National Aeronautics Space Administration (DAO/NASA), baseado no modelo regional ETA e denominado ETA/RPSAS (Cintra e Aravéquia 1998, Tippet 1998, Espinoza et al. 2002). Desde sua fundação em 1994 o CPTEC roda operacionalmente o modelo global espectral CPTEC/COLA (desenvolvido no Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies – COLA), com resolução de aproximadamente 200 km na horizontal e 28 níveis na vertical. O modelo é inicializado com as análises geradas no National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Essas análises utilizam o Sistema de Interpolação Estatística– SSI (Parrish and Derber 1992). A partir de 2002 iniciou-se a fase de testes da adaptação e implementação do PSAS baseado no modelo global.

Esse artigo descreve os resultados iniciais que foram gerados utilizando o sistema de análise PSAS que está sendo modificado e implementado no Sistema de Assimilação de Dados

Atmosféricos Global do CPTEC e compara com os resultados obtidos com a utilização das análises geradas pelo NCEP. Na próxima seção é descrito o sistema e os dados utilizados. Na seção 3 é feita uma comparação entre a análise operacional utilizada (NCEP) e a do PSAS, na última seção são resumidos os principais resultados e planos para trabalhos futuros.

## DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A proposição desse documento é apresentar o novo Sistema de Análise que se encontra em fase de testes no CPTEC/INPE, assim como mostrar os primeiros resultados que foram gerados utilizando esse sistema. O Modelo de Circulação Geral do CPTEC/COLA será utilizado como base do Sistema de Assimilação de Dados Atmosféricos Global do CPTEC (SADAG-CPTEC), que está montado segundo a estrutura apresentada no fluxograma da Figura 1.

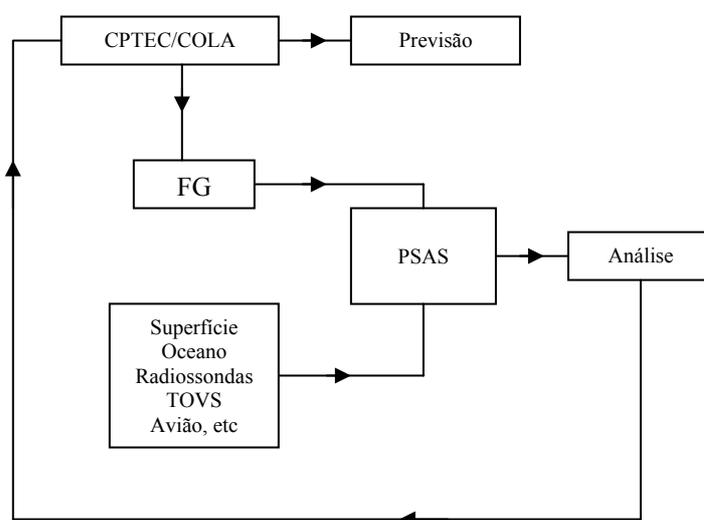


Figura 1 – Fluxograma do Sistema de Assimilação de Dados baseado no modelo Global CPTEC/COLA e usando o PSAS para o sistema de análise.

Inicialmente é gerada uma previsão de 6h (FG), que é combinada com os dados observacionais (dados de superfície, dados de oceano, dados de radiossondagens, dados de TOVS, de avião, etc) utilizando o sistema de análise PSAS, para então ser gerada uma nova estimativa do estado da atmosfera naquele dado instante de tempo (Figura 1). Essa nova estimativa, ou análise, servirá de base para a nova rodada do modelo e é chamada de condição inicial, para a partir de então começar o ciclo de previsões de médio prazo (5-7 dias). Devido ao fato do sistema estar em desenvolvimento, nesse artigo apresentaremos apenas os resultados da rodada estática, onde todos os FG's são gerados com o atual sistema de análise operacional SSI-NCEP. Em Cintra et al. 2002 é feita uma revisão completa da formulação do sistema de análise PSAS.

## COMPARAÇÃO ENTRE AS ANÁLISES NCEPxPSAS

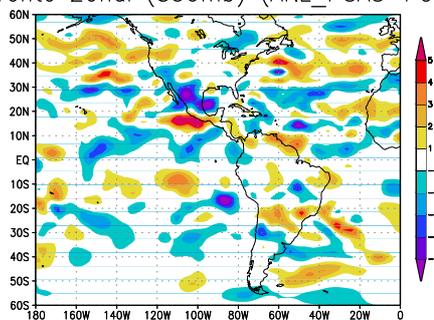
O sistema descrito na seção anterior encontra-se em fase inicial de testes de validação e otimização (Cintra et al. 2002) para posteriormente entrar em uma nova fase de testes na qual irá rodar ciclicamente (onde todos os FG's serão gerados ciclicamente utilizando o PSAS como sistema de análise) e em paralelo a versão operacional. Nesta seção serão apresentados os resultados iniciais, com ênfase nas diferenças do sistema operacional. Essa seção será dividida

em 2 partes, com a primeira apresentando as comparações entre os dois sistemas de análises, operacional e PSAS. Essas comparações serão feitas utilizando o mesmo campo de FG gerado pelo modelo. Na segunda parte será feita uma comparação entre as previsões de 48 h, tendo como condição inicial as análises geradas pelos dois sistemas.

**a) Análise Operacional x PSAS**

Nas Figuras 2 e 3 são mostrados os incrementos (análise – FG) de vento zonal e de temperatura para o nível de 850 hPa para o dia 27/09/2001 as 12:00 Z. O FG utilizado como controle foi gerado utilizando o atual sistema operacional. Os resultados apresentados para esse dia são tipicamente encontradas em qualquer dia e qualquer nível. Os incrementos apresentados nas Figuras 2 e 3 foram gerados utilizando as análises (PSAS e operacional) das 12:00 Z, subtraída da previsão operacional de 6 h, gerada a partir das 06:00 Z do dia 27/09/2001. Os incrementos de vento zonal gerados pela diferença entre as análises e o FG são semelhantes (Figura 2), com a análise gerada pelo PSAS apresentando as maiores diferenças na região oeste dos Estados Unidos e Atlântico Sul.

Vento Zonal (850mb) (ANL\_PSAS-FG)



Vento Zonal (850mb) (ANL\_NCEP-FG)

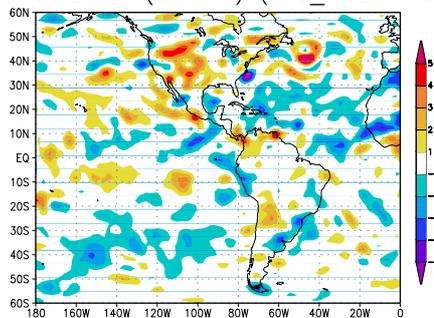


Figura 2 – Incrementos de análise (análise – controle) de vento zonal para a) análise gerada pelo PSAS e b) para a análise gerada pelo sistema operacional SSI. Os incrementos foram gerados utilizando com controle o FG produzido pelo sistema operacional.

No campo de temperatura as maiores diferenças aparecem no hemisfério sul e assim como no campo de vento, podem estar associadas ao tipo de dados utilizado na geração da análise. No caso da análise gerada pelo PSAS foram utilizados os dados disponíveis na rede do GTS (Global Telecommunication System) mais os dados de TOVS-TIROS Operational Vertical Sounder (Figura 4), e no caso da análise gerada pelo SSI-NCEP além desses dados, diversas redes locais (MESONET's) e outros dados não convencionais (ACARS – Aircraft Communication, Addressing, and Reporting System, SSM/I – Special Sensor Microwave Imager, etc.) são utilizados.

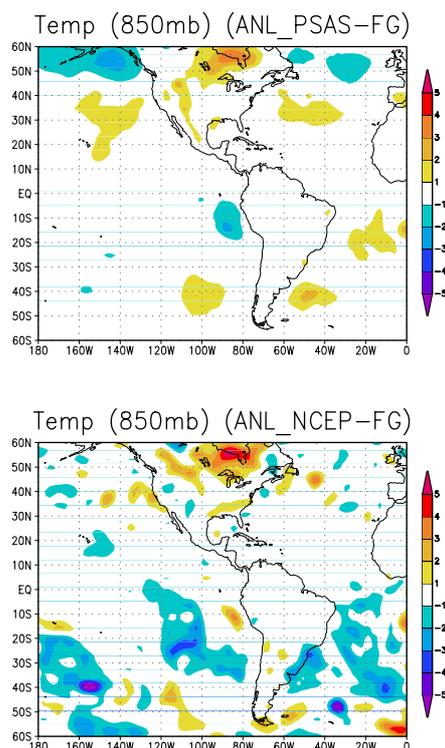


Figura 3 – Incrementos de análise (análise – controle) de temperatura para a) análise gerada pelo PSAS e b) para a análise gerada pelo sistema operacional SSI. Os incrementos foram gerados utilizando com controle o FG produzido pelo sistema operacional.

### b) Resultados de Previsão

Um dos maiores e mais importantes problemas associado a previsão numérica de tempo está ligado a determinação da condição inicial. Entretanto, modelos de previsão são imperfeitos e sujeitos a melhorias, então se tenta definir a melhor análise possível, excluindo a possibilidade da análise corrigir os erros de previsão do modelo. O mais importante teste para verificar a qualidade da análise é verificar a precisão da previsão. Dois dias de previsão foram produzidos utilizando os resultados da previsão operacional e uma nova previsão foi gerada a partir da análise gerada com o PSAS. Ambas as previsões foram comparadas com a análise operacional. A Figura 5 apresenta os resultados da previsão de 48 h gerada a partir da condição inicial gerada pelo PSAS subtraído do experimento de controle, que é a análise operacional, e a previsão gerada pelo atual sistema operacional subtraído o experimento de controle.

Apesar de ambas as previsões apresentarem erros, quando comparados à análise operacional, da ordem de 15 K (no campo de temperatura), os padrões de erros são praticamente iguais, ou seja os resultados de ambas previsões são muito similares, reforçando o que foi dito acima de que não se pode esperar que a análise irá corrigir as imperfeições do modelo. Entretanto, é importante ressaltar que os resultados apresentados pela previsão feita com o PSAS podem ser considerados muito bons, pois levam a desvantagem de estarem sendo comparados com a análise gerada pelo mesmo sistema que gerou a outra previsão, e assim mesmo apresentarem erros da mesma ordem.

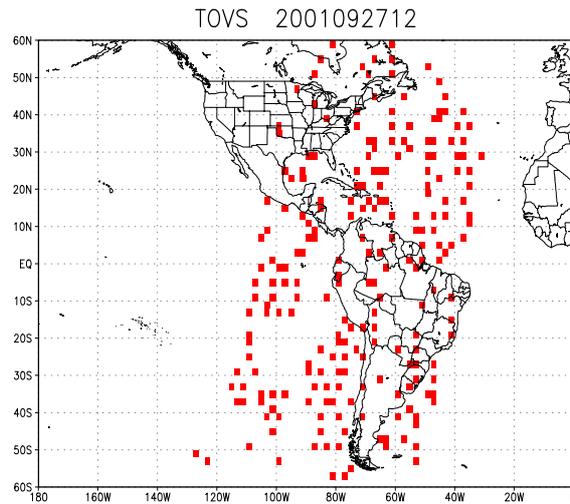


Figura 4 – Dados TOVS utilizados na geração da análise do PSAS das 12:00 Z do dia 27/09/2001. Os pontos em vermelho indicam as localidades onde os dados foram aceitos pelo sistema de análise.

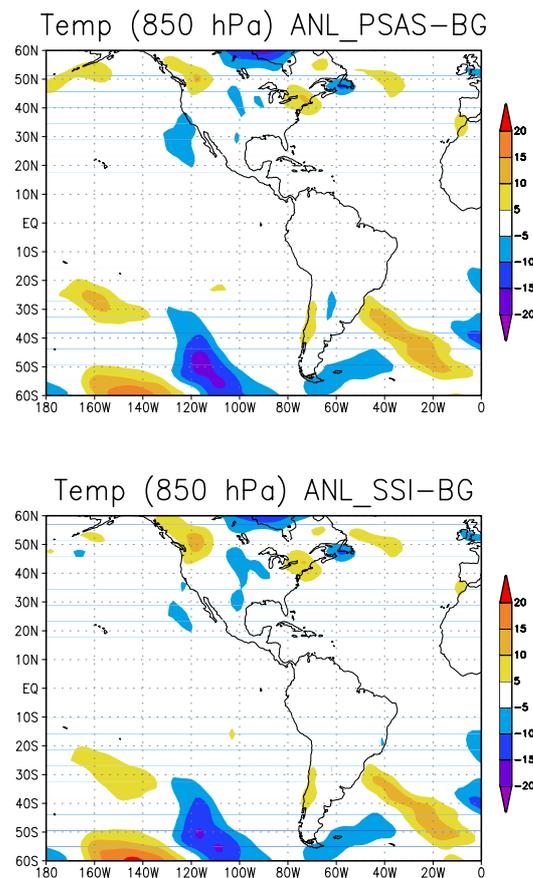


Figura 5 – Erros observados nas previsões de 48 h geradas pelo modelo do CPTEC/COLA, usando como condição inicial a análise do PSAS em a) e a condição inicial gerada pela análise operacional em b). Ambas são subtraídas do análise gerada pelo sistema operacional.

## CONCLUSÕES E PLANOS FUTUROS

Este trabalho teve como objetivo principal apresentar o novo sistema de assimilação de dados dos CPTEC, o SADAG-CPTEC, e os primeiros resultados gerados a partir desse sistema. O sistema aqui apresentado se encontra em fase de adaptação e implementação, entretanto os resultados preliminares já são comparáveis ao atual sistema operacional, e até certo ponto favoráveis ao novo sistema, pois o mesmo é gerado localmente e traz mais independência ao CPTEC em relação a outros Centros de Meteorologia de onde é proveniente a atual análise operacional, assim como abrirá novas linhas de pesquisa na área de assimilação de dados.

O SADAG-CPTEC apresentou resultados similares no que diz respeito à geração da condição inicial que e um bom desempenho na previsão de 48 h, com a desvantagem de estar comparando as previsões com a análise gerada pelo atual sistema operacional.

Os próximos passos deste trabalho serão dados no sentido de validar as rodadas cíclicas e paralelas ao sistema operacional. Em uma etapa posterior será dada ênfase à utilização de dados gerados localmente, tais como Plataformas de Coleta de Dados – PCD's, e dados de redes locais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cintra, R. e Aravéquia, J. A., 1998: Apresentação do Método de Geração de Dados para Assimilação do Modelo ETA/CPTEC. **Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Brasília – DF.
- Cintra, R., D. L. Herdies, J. N. Tamaoki, 2002: Otimização do Sistema de Assimilação de Dados Atmosféricos PSAS para o Modelo Global do CPTEC. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Foz do Iguaçu - PR.
- Cohn, S. E., A. da Silva, J. Guo, M. Sienkiewicz, D. Lamich, 1998: Assessing the Effects of the Data Selection with the DAO Physical-space Statistical Analysis System. **Mon. Wea. Rev.**, 126, 2913-2926.
- Da Silva, A , J. Guo, 1996: *Documentation Of Physical-Space Statitical Analysis System (PSAS) - PART I: The Conjugate Gradient Solver*. **DAO Office Note 96-02**, NASA/ Goddard Space Flight Center 66pp.
- Espinoza E.S., R. Cintra, D. L. Herdies, J.A. Aravéquia, J. P. Bonatti, J. Bustamante, J.L. Gomes, S. H. S. Ferreira e W. F. A. Lima, 2002: Sistema de Assimilação ETA/RPSAS. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Foz do Iguaçu– PR.
- Lorenc, A., 1986: Analysis Methods for numerical weather prediction. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 112, n. 474, 1177-1194.
- Parrish, D. F., J. C. Derber, 1992: The National Meteorological Center's Spectral Statistical-Interpolation Analysis System. **Mon. Wea. Rev.**, 120, 1747-1763.

Tippett, M. K. A, 1998: Forecast Wind Error Model for Use with PSAS. **Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Brasília – DF.