

# RESULTADOS PRELIMINARES DA UTILIZAÇÃO DO ESQUEMA VARIACIONAL UNIDIMENSIONAL (1DVAR) PARA RECUPERAÇÃO DE PERFIS DE TEMPERATURA E UMIDADE

*Eliane Gonçalves Larroza<sup>1</sup>, José A. Aravéquia<sup>1</sup>, Dirceu L. Herdies<sup>1</sup>, Luis F. Sapucci<sup>1</sup>, Márcio A. E. de Moraes<sup>1</sup>, Wagner F. A. Lima<sup>1</sup> e Rodrigo A. F. de Sousa<sup>1</sup>*

## RESUMO

A assimilação de valores de radiâncias nos modelos de previsão numérica de tempo (PNT) já vem sendo adotado em grandes centros de Previsão de Tempo, com o intuito de suprir a falta de dados em regiões onde as observações são escassas. Uma das formas utilizadas para isso é com o emprego do esquema de Análise Variacional Uni-dimensional (1DVAR) utilizar de forma conjunta previsões de curto prazo de modelo de Previsão Numérica de Tempo e observações de radiâncias de satélite. O presente trabalho apresenta os resultados preliminares da utilização do esquema 1DVAR para recuperação de perfis de temperatura e umidade, a serem futuramente assimilados nos modelos de PNT do CPTEC-INPE. Nesse processo foi utilizado de forma conjunta previsões de curto prazo do modelo regional ETA e observações de radiâncias do HIRS. Uma análise de qualidade dos perfis gerados foi realizada ao comparar com os perfis de radiossondagens realizadas em de 18 localidades espalhadas pelo território brasileiro. Os resultados são preliminares, mostrando uma necessidade de uma análise mais profunda. O esquema tem como proposição, um método alternativo para a assimilação de radiância para o CPTEC.

## ABSTRACT

The assimilation of radiances has been developed in the numerical weather prediction (NWP) Centres to provide supplemented information in areas with sparse radiosonde observations. One of the proposed alternatives is the One Dimensional Variational associated with short range numerical predictions and satellite radiances. Preliminary results of applying 1DVAR to temperature and humidity profile retrieval are presented on this study as candidate for use into CPTEC/INPE NWP. Humidity and temperature profiles from 1DVAR model were compared to the profiles from radiosonds for 18 different sites over all Brazilian territory. The results present in this study are only preliminary and they suggest that a more comprehensive analysis is necessary to be done. The propose scheme will provide a good contribution to CPTEC as an alternative radiance assimilation system.

**Palavras-Chave** – 1DVAR, radiâncias, assimilação de dados.

## INTRODUÇÃO

A assimilação de valores de radiâncias nos modelos de previsão numérica de tempo (PNT) já vem sendo adotado em grandes centros de Previsão (como por exemplo, no Centro Europeu de Previsão de Tempo à Médio Prazo – European Centre of Medium-Range Weather Forecast, ECWMF), no intuito de suprir a falta de dados em regiões onde as observações são mais escassas. Uma das formas para isso é a utilização do esquema conhecido como “análise variacional uni-

---

<sup>1</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), Rod Presidente Dutra, km40-Cachoeira Paulista-SP, CEP:12630-000. Tel. (12) 3186-8463. Email: elarroza@cptec.inpe.br; araveq@cptec.inpe.br; dirceu@cptec.inpe.br; sapucci@cptec.inpe.br; demoraes@cptec.inpe.br; wagner@cptec.inpe.br; rodrigo@cptec.inpe.br

dimensional – 1DVAR” que foi desenvolvido no UK-MetOffice em conjunto com outras instituições para extrair informações do Television and Infrared Observation Satellite (TIROS) para uso no sistema de assimilação de dados operacional.

Esse esquema 1DVAR está baseado no princípio aplicado as análises do perfil atmosférico em um único ponto, usando um perfil de previsão em contrastes com os seus erros de covariância. Uma vez que o modelo fornece o *background* (informação preliminar) para o 1DVar, o valor da diferença entre as observações (radiâncias do satélite por exemplo) e o *first guess* do modelo de previsão (como por exemplo a temperatura, a umidade e o O3) representam o incremento introduzido por esse esquema. Esses incrementos são amplificados e repassados para a análise de interpolação ótima (IO) que por sua vez são usadas a seguir com outros dados para gerar incrementos suavizados de análise. Com o objetivo principal de disponibilizar uma forma alternativa de assimilar medidas de radiância, esse esquema 1DVAR tem sido atualmente implementado ao CPTEC. A proposta deste trabalho concentra-se na etapa inicial desse esquema que é utilizar o modelo 1DVAR, para obtenção de perfis de temperatura e umidade, coerentes com as previsões de curto prazo dos modelos de PNT do CPTEC. Para os primeiros testes realizados foi utilizado o First Guess do modelo regional ETA e dados de radiância do satélite HIRS. Para acessar a qualidade dos perfis gerados uma comparação com perfis de radiossondagens é efetuada.

## METODOLOGIA E DADOS

Para efetuar os testes iniciais foi escolhida a data de 10 de julho de 2005, caracterizada por condição de céu claro, no horário das 12UTC que coincide com a passagem do satélite NOAA-14, HIRS/2 (19 canais infravermelhos, de frequências centradas em aproximadamente 670 a 2660  $\text{cm}^{-1}$  e um canal visível, a varredura em cada passagem é de 17,4km ([http://www.ccpo.odu.edu/SEES/vg\\_sat.htm](http://www.ccpo.odu.edu/SEES/vg_sat.htm))). Para efeito de avaliação a localidade dos perfis gerados com o 1DVAR foram baseadas nestas características e nos pontos de lançamento de radiossondas operacionais. Dessa forma foram selecionadas 18 localidades, como segue a Tabela 1.

Tabela 1: Localidades de radiossondas utilizadas como parâmetros de comparação nos testes 1DVAR. Data de 10 de Julho de 2005 às 12Z.			
Localidade	Sigla	Latitude (°)	Longitude (°)
Rio de Janeiro	RJ	-22.52	-42.75
São Paulo	SP	-23.16	-46.31
Curitiba	Cb	-25.69	-49.58
Porto Alegre	POA	-29.35	-50.79
Belém	Be	-1.05	-47.59
Campo Grande	CG	-20.72	-53.07
Confins	Co	-19.63	-58.48
Fóz do Iguaçu	FI	-25.92	-55.8
Porto Velho	PV	-8.7	-63.83
Manaus	Ma	-2.35	-59.8
Carolina	Ca	-6.86	-47.08
Florianópolis	Fr	-6.7	-43.26
Fortaleza	Fo	-3.71	-37.2
Florianópolis	Fl	-27.93	-45.32
Petrolina	Pe	-9.36	-40.8
Recife	Re	-8.26	34.62
Salvador	Sa	-12.73	-38.48
Bom Jesus da Lapa	BJL	-13.59	-43.45

Para gerar os perfis com o 1DVAR foram utilizadas informações de temperatura de brilho ( $T_b$ ) do sensor HIRS/2 (dados cedidos pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, DSA/CPTEC/INPE), do modelo de previsão ETA (com uma resolução horizontal de 40 km e vertical de 38 camadas (Mesinger et al., 1988; Black, 1994)) que roda operacionalmente no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE).

As variáveis de entrada do modelo variacional 1DVAR são: o campo de *Background* ( $X_B$ ) representado na Fig.1 (Temperatura (K), umidade (ln q),  $O_3$ (ppmv) e vento de superfície (m/s)); e as temperaturas de brilho  $T_b$ (K), também chamadas de observação, que foram calculadas seguindo equação do corpo negro (Liou, 1980) das radiancias fornecidas pelo HIRS.

Assim, o 1DVAR tem como objetivo minimizar a função de custo  $J$  do vetor de controle  $x$  dado por:  $J(x) = \frac{1}{2}(x - x_B)^T B^{-1}(x - x_B) + \frac{1}{2}(H(x) - y)^T R^{-1}(H(x) - y)$ , onde,  $x_B$  representa o *Background* estimado do vetor de controle, e  $y$  as observações;  $H$  é o operador observação,  $B$  é a matriz de covariância dos erros do *Background* e  $R$  é a matriz covariância dos erros do operador observação. O mínimo é encontrado através de um processo iterativo no qual envolve o cálculo do gradiente da função de custo com respeito à variável de controle (Bormann et al., 2004). Para este trabalho,  $y$  representa as temperaturas de brilho ( $T_b$ ) do sensor HIRS, o *Background* são os campos de temperatura e umidade provenientes do first guess do modelo ETA (gerados a cada 6hs), e o  $H$  é o código de transferência radiativa RTTOV7 (Matricardi and Saunders, 1999), que é chamado durante o processo de minimização, onde é neste operador que é transportado o *First Guess* para comparar com as radiancias observadas no satélite (na forma de  $T_b$ ). A figura 1 a seguir apresenta de forma esquemática e simplificada o processo descrito anteriormente.

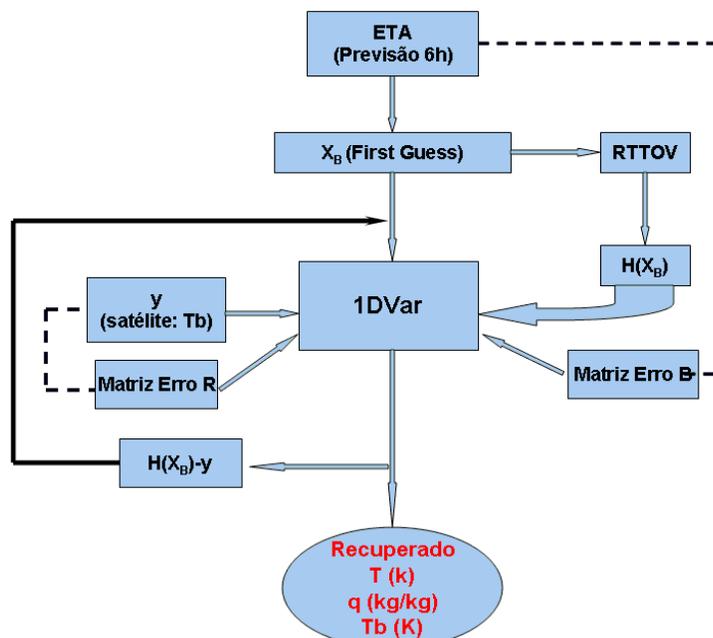


Fig.1: Esquema 1DVAR

## RESULTADOS

Os gráficos da figura 2 representam o erro médio da temperatura (Fig. 2a) e umidade (Fig. 2b) entre o 1DVAR, o ETA e a sondagem, para diferentes níveis de pressão considerando as 18 localidades citadas acima. Verifica-se que os valores do erro médio são mais acentuados entre o esquema 1DVAR e a sondagem se encontram praticamente entre os níveis de 700 e 600 hPa. Os valores mais elevados são interpretados como a maior sensibilidade do canal à temperatura, por exemplo o canal 11 do HIRS é mais sensível a temperatura nestes níveis atmosféricos (Smith et al. 1979). O erro médio da temperatura entre o 1DVAR e o ETA concentram-se em torno de 1 a 3K, apontando uma menor variabilidade entre eles. Melhoras nos resultados podem ser obtidas através da contribuição de mais níveis atmosféricos. Isto poderá ser feito com o uso do sensor AIRS que possui uma maior resolução espectral (2378 canais) se comparada com o HIRS(19 canais). Para os perfis de umidade, (figura 2.b), nota-se que os erros médios entre os resultados do 1DVAR e da sondagem é sempre menor que o erro médio entre o ETA (Background) e a sondagem, indicando que o esquema fornece informações úteis para serem inseridas na análise. O erro médio entre o ETA e a sondagem (que serve apenas como parâmetro de comparação), chega em torno de 10 g/kg (linha preta) nos primeiros níveis; caindo para aproximadamente 5g/kg ao passar pelo processo 1DVAR (curva verde).

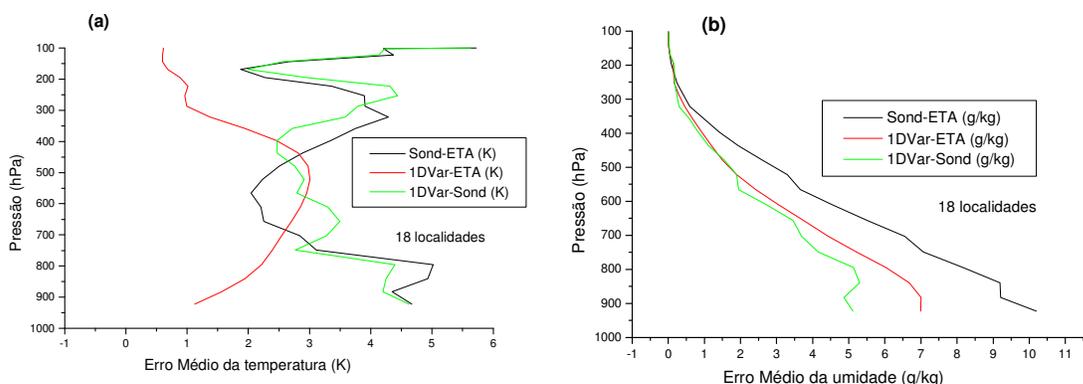


Fig.2: Erro médio da temperatura (a) e umidade (b).

Os gráficos da figura 3 representam o desvio padrão da temperatura e umidade. Pode se observar no gráfico 2b, que o "desvio padrão" para a umidade, quando comparado entre os perfis atmosféricos da própria sondagem e do próprio modelo ETA (sem passar por nenhum processo de recuperação) está em torno de 7 g/kg em 900 hPa. Este "desvio padrão do erro médio" fica em torno de 5g/kg neste mesmo nível ao comparar ETAx1DVAR, chegando a 3,5 g/kg quando comparado 1DVARxSONDAGEM (curva verde). Este resultado apresenta uma melhora quando passado pelo processo 1DVAR, mesmo considerando um número pequeno de observações (18 localidades) para efetuar os testes preliminares.

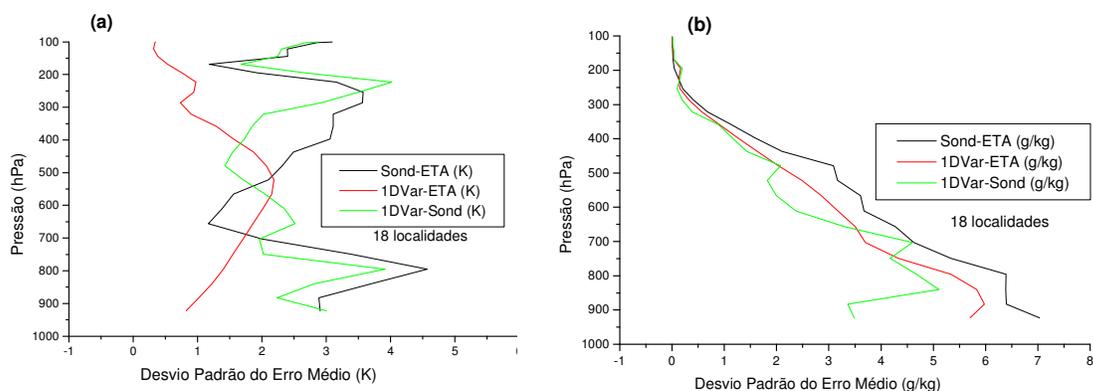


Fig.3: Desvio padrão do erro médio para a temperatura (a) e umidade (b).

É importante ressaltar que adotando a condição de céu claro e que ao mesmo tempo coincidissem com a passagem do sensor HIRS, restaram apenas 18 localidades no território brasileiro para efetuar os testes preliminares dentro de tais características, para o mês de julho de 2005. Dando continuidade a este trabalho, futuramente outros testes serão efetuados, utilizando dados de radiossondagens do experimento SALLJEX (dentro do período de 15/01 a 15/02/2005), os quais coincidem com os horários de passagem do sensor AIRS (06 e 18UTC). Como o sensor AIRS (2378 canais), apresenta uma melhor representabilidade dos perfis atmosféricos de temperatura e umidade, por considerar um número maior de camadas atmosféricas quando comparado com o HIRS (19 canais), este poderá melhorar consideravelmente os resultados finais, se comparados com os testes preliminares. Como testes futuros estes novos perfis atmosféricos recuperados pelo 1DVAR e utilizando as informações do AIRS, serão então assimilados pelo RPSAS para verificar o impacto na previsão.

Collard (2004) verificou que o impacto causado pelas observações desse sensor (AIRS) ao serem assimilados operacionalmente em modelos de previsão, causaram uma melhora em torno de 0,5% o qual é um resultado considerado satisfatório, devido à natureza conservadora de sua implementação.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou os resultados preliminares dos primeiros testes com o uso do sistema 1DVAR para a recuperação de perfis de temperatura e umidade, visando serem futuramente assimilados nos modelos de previsão numérica de tempo do CPTEC. Na bibliografia é encontrado vários trabalhos mostrando os benefícios desses processos. Estudos foram feitos sobre o processo de assimilação considerando técnicas variacionais, uma vez que a especificação prévia dos erros da previsão, da observação e da primeira estimativa, permite relacionar melhor os campos considerando a não-linearidade. McNally et al. (1993) implementaram a técnica variacional em uma

dimensão no ECMWF, para isto eles utilizaram a informação das radiâncias diretamente no DAS (Sistema de Assimilação de Dados), concluindo que a técnica 1DVAR é considerada suficiente para o processo de assimilação de dados recuperados; Eyre et al (1993) mostraram que a aproximação 1DVAR tem um impacto claro e consistente, beneficiando uma melhora da previsão no Hemisfério Norte e nos extra-tropicais; Gadd (1993) descreve o processo de assimilação de dados do TOVS (*TIROS Operational Vertical Sounder*) usando técnicas variacionais em modelos de PNT. Os resultados quanto a avaliação dos perfis gerados apresentaram tendência e dispersões as quais podem estar relacionadas com a baixa densidade da rede de sondagem espalhadas no Brasil. Apesar dos resultados obtidos não serem ainda satisfatórios, o desenvolvimento desse processo contribui com o tema, o qual é importante como uma alternativa adicional de assimilação de valores de radiância.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Black, T. L., 1994: The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. *Wea. and Forecasting*, 9, 265-278.
- Bormann, N.; Healy, S.; Matricardi, M., and Chevallier, F., 2004. Simulating infrared limb radiances from MIPAS in the ECMWF system. *Proceedings of the ECMWF workshop on Assimilation of High Spectral Resolution Sounders in NWP*, 1-10pp.
- Collard, A. D., 2004. Assimilation of AIRS Observations at the Met Office. *Proceedings of the ECMWF workshop on Assimilation of High Spectral Resolution Sounders in NWP*, 63-71.
- Collard, A., 2004. NWPSAF Met Office 1D-Var User Manual. V.3.1:23<sup>rd</sup>.  
[http://www.metoffice.com/research/interproj/nwpsaf/metoffice\\_1dvar/metoffice\\_1dvar\\_userguide.html](http://www.metoffice.com/research/interproj/nwpsaf/metoffice_1dvar/metoffice_1dvar_userguide.html).
- Eyre, J. R.; Kelly, G. A.; McNally, A.P.; Andersson, E.; and Person, A., 1993. Assimilation of TOVS radiance information through one-dimensional variational analysis. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **119**, 1427-1463.
- Gadd, A. J. Assimilation of TOVS data at the UK Met Office. *Developments in the use of Satellite Data in Numerical Weather Prediction*. v. 1, p. 43-58, Sept.1993. *Proceedings of a Seminar held at ECMWF*.
- Joiner, J. e Dee, P. Efficient methods to Assimilate Satellite Retrievals. Based on the Information Content, Part 2: Suboptimal Retrieval Assimilation. *Submetido ao Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Dec. 1999.
- Liou, K.-N., - 1980 - "An Introduction to Atmospheric Radiation" . Academic Press. Londres, 392pp.
- Matricardi, M., and R. Suanders, 1999. Fast radiative transfer model for simulation of infrared atmospheric sounding interferometer radiances. *Applied Optics*, 38, 5679-5691.
- McNally, A P, G A Kelly, J R Eyre e Andersson E. Experiments using onedimensional variational analysis of TOVS data at ECMWF. United Kingdom: ECMWF, 1994. 65 p. ECMWF, 1994. 65 p. (ECMWF. Technical Memo Nro. 188).
- Mesinger, F., Z. I. Janjic, S. Nickovic, D. Gavrilov, e D. G. Deaven, 1988: The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. *Mon. Wea. Rev.*, 116, 1493-1518.
- Saunders, R., Matricardi, M. and Brunel, P., 1999, "A fast radiative transfer model for assimilation of satellite radiance observations – RTTOV-5", *ECMWF Research Department Technical Memorandum 282 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Reading, UK, 1999)*.
- Silva, B. B., 2004. Balanço de radiação com dados AVHRR/NOAA-14. **Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIROPS-N**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004, p. 143-164.