

## SONDAGENS ATOVS UTILIZANDO ICI NA AMÉRICA DO SUL

ELIZABETH SILVESTRE ESPINOZA <sup>1</sup>

WAGNER FLAUBERT <sup>1</sup>

JUAN CEBALLOS <sup>1</sup>

<sup>1</sup> CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos  
Rodovia Presidente Dutra Km. 40- Cachoeira Paulista  
CEP. 12630-000, São Paulo  
{elizabeth,wagner,ceballos}@cptec.inpe.br

**Abstract** At Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, we implement the ICI (Inversion Coupled with Imager), development by MeteoFrance, the retrieval give profiles temperature and moisture locally for NOAA-16 that receive at DAS (Divisão de Satélites Atmosféricos) do CPTEC/INPE. In this paper we show the first results of the ICI before operationalization to use in Data Assimilation in Numerical Weather Prediction at CPTEC. We compare the fields of moisture and Temperature obtain with ICI with the fields analysis of Global Model running at CPTEC, this comparison is for 850 hPa, 500 hPa e 300 hPa levels, for the region that pass the NOAA-16 in South America and received in the Station of Cachoeira Paulista. The results show that ICI retrievals fields is very close to the fields analyses of the Global Model at CPTEC for all the levels, showed differences the ICI have a good results, the difference between the retrievals obtained by ICI and the values of the Model are small, for moisture like , and for temperature almost.

**Keywords:** ATOVS soundings products, ICI, remote sensing, data assimilation.

### 1. Introdução

Na América do Sul, existe uma rede escassa de estações de altura que forneçam informação sobre a estrutura vertical da atmosfera, sendo que esta informação é de grande importância para a Meteorologia no aprimoramento das previsões numéricas do Tempo. Este processo é realizado através de Sistemas de Assimilação que utilizam dados Meteorológicos em tempo real de tal forma a fornecer condições iniciais melhoradas aos Modelos Numéricos de Previsão de tempo. Atualmente no CPTEC, esta em fase experimental dois Sistemas de Assimilação para os Modelos Regional e Global, Espinoza et al. (2002), Herdies et al. (2002)

Os satélites Meteorológicos proporcionam informação em tempo real da atmosfera em forma de radiancias as que passando por um processo de inversão são convertidas em variáveis meteorológicas, Espinoza (2000). O CPTEC na DSA (Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais) conta com uma estação de recepção de dados do NOAA-16 em tempo real, que são processadas com o ICI, de tal forma a fornecer campos de Temperatura e Umidade. O ICI foi desenvolvido pela METEOFRENCE, Carvalho (2001), e implementado e adaptado para as condições do Brasil no CPTEC. O ICI é utilizado atualmente em vários centros Meteorológicos com esta finalidade, e tem se resultados favoráveis, Borbas et al. (2000), Wu et al. (2000) Lavanant et al. (1996). Neste trabalho mostra-se os primeiros resultados obtidos com o ICI no CPTEC/INPE, comparados com os campos de análise do Modelo Global do CPTEC/INPE, isto em vista de que os horários de passagem do satélite NOAA, não concorda com os horários de radiossondagens existentes no Brasil, esta primeira avaliação tem como finalidade a utilização destes campos de retrieval, no processo de Assimilação de Dados para Modelo de Previsão Numérica do Tempo, no CPTEC, atualmente em fase de experimental, utilizando dados do NOAA-14.

Neste Trabalho são apresentados distribuições horizontais nos níveis de 850 hPa, 500 hPa e 300 hPa, de temperatura e umidade específica comparando os resultados obtidos pelo ICI como as análises do Modelo global CPTEC/INPE. Na forma de campos médios, bias e rms, durante o mês de agosto de 2002. Mostra-se também perfis verticais de temperatura do ar e

temperatura do ponto de orvalho de estações de radiossondagem comparadas com os perfis obtido com o ICI a partir de NOAA-16.

## 2. Metodologia

Os principais dados utilizados foram:

Foram utilizadas, sondagens remotas obtidas utilizando o ICI no horário da passagem do satélite NOAA-16 (06:00 UTC), para o mês de agosto de 2002 e os campos de análise do modelo Global de Previsão Numérica do Tempo do CPTEC, os quais são obtidas a cada 6 horas durante o dia, sendo estes campos considerados como campos padrão.

A metodologia se reduz a avaliação dos campos horizontais em diferentes níveis verticais da atmosfera, esta avaliação foi realizada considerando a área de cobertura e o horário da passagem do satélite de tal modo a selecionar no Modelo global CPTEC/INPE a mesma região e horários similares, aplicando-se no caso interpolações de tal modo a os dados serem compatíveis. Esta comparação foi realizada para 3 níveis padrões de pressão: 850 hPa, 500 hPa e 300 hPa, de tal forma a mostrar os resultados considerando a estrutura vertical da atmosfera. Em diferentes níveis da atmosfera. As variáveis comparadas foram temperatura e umidade específica.

## 3. Resultados e Discussão

Os campos Médios obtidos para temperatura e Umidade Específica foram obtidos para todos os níveis de pressão, tanto para o Modelo Global (será chamado modelo) como para o ICI. Na **figura 1**, são mostrados os campos médios de Temperatura nos níveis de 850 hPa, 500 hPa e 300 hPa, as do lado esquerdo correspondem aos campos do ICI e as do lado direito correspondem aos campos do modelo, Observa-se que em todos os níveis os campos obtidos pelo ICI são similares a os campos dados pelo Modelo, em toda a extensão horizontal da passagens do satélite. No níveis baixos, 850 hPa, existe uma ligeira diferença na região oeste, isto pode ser devido à presença da Cordilheira do Andes, que apresenta uma grande variabilidade topográfica e portanto altera os balanços atmosféricos na vertical. É observada também uma ligeira diferença no nível de 300 hPa, na região noroeste, esta diferença pode ser devida às condições de contorno, pois as passagens não coincidem com os campos de análise do modelo e na inicialização do ICI estas condições de contorno podem ser ajustadas a área de passagem do satélite, considera-se também que estes campos médios foram interpolados de tal forma obter grades compatíveis entre o ICI e o Modelo, o que pode ocasionar pequenas diferenças.

Na **figura 2**, mostra-se os campos médios de umidade específica, similar à **figura 1**, do lado esquerdo para o ICI e do lado direito para o Modelo, pode-se se observar que de modo geral os campos são similares, em distribuição horizontal, como nos valores, da mesma forma como foi observado para temperatura, ressaltando que o ICI localiza bem os núcleos de máximos e mínimos de umidade e como foi observado de temperatura. São observadas diferenças na região sudeste, em todos os níveis, esta região esta localizada na interface entre as latitudes médias a altas, e uma região constantemente afetada por fenômenos meteorológicos, tais como frentes provenientes da região sul, que afetam diretamente os campos de umidade atmosférica, como causa principal das chuvas por exemplo, isto faz com que a representação dos campos de umidade não tenha boa performance nesta região. Na região noroeste do Brasil, a similaridade dos campos é maior, isto pode-se ser explicado devido a que a região

norte do Brasil, região amazônica é considerada de umidade estável, o que permite obter campos de umidade mais representativos da realidade.

De modo geral, os campos médios mostrados nas figuras 1 e 2, nos permitem concluir que utilizando o ICI, pode-se representar adequadamente uma distribuição horizontal, considerando localização de núcleos máximos e mínimos, assim como dos valores numéricos que representam a distribuição, dos campos de umidade específica e temperatura. considerando a estrutura vertical da atmosfera, este resultados corroboram os obtidos por Carvalho, (2001), para algumas estações de radiossondagem localizadas no Brasil. Sendo que este trabalho mostra a variação vertical considerando a distribuição horizontal

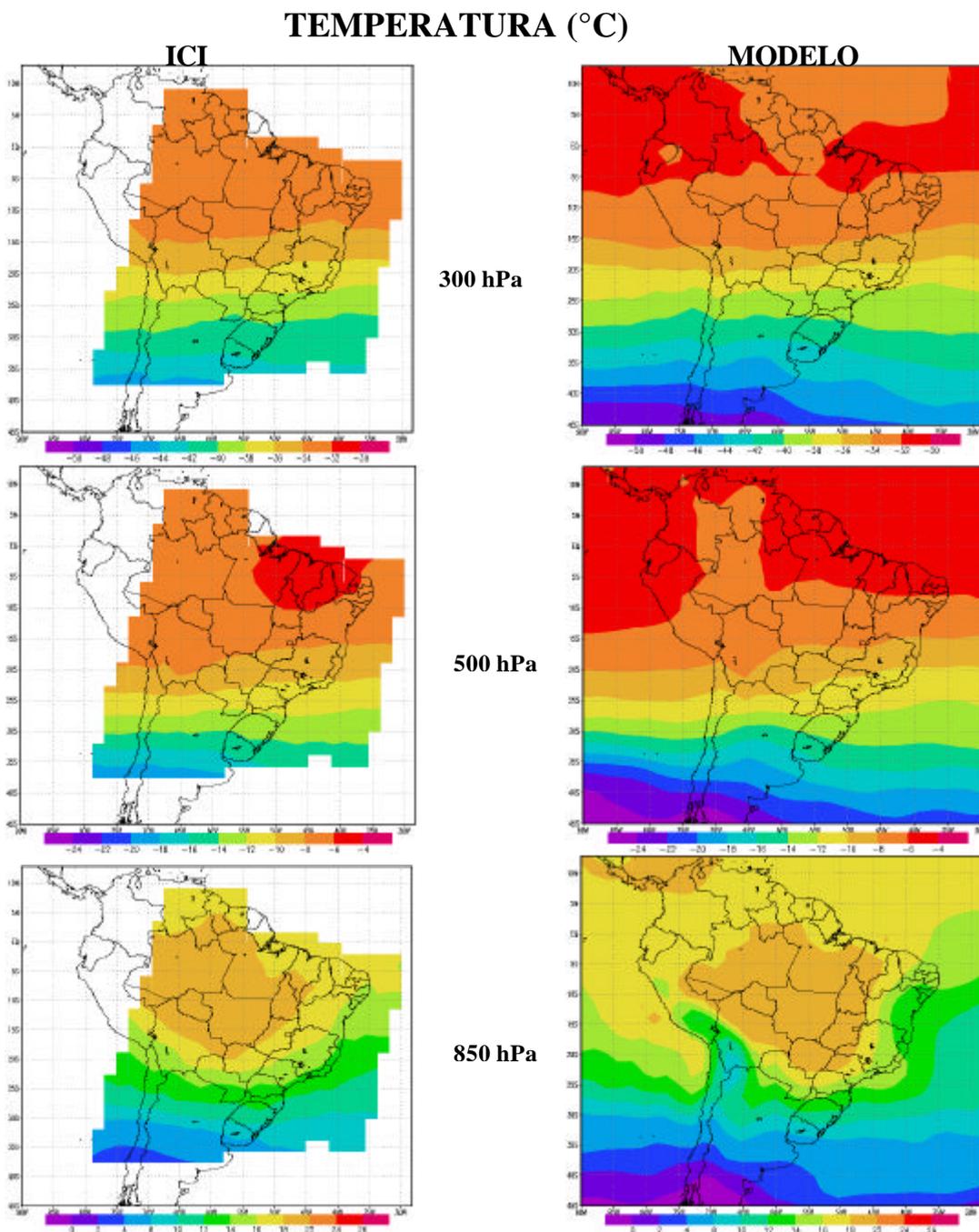


Figura 1. Campos Médios de Temperatura, obtidos pelo ICI e pelo Modelo.

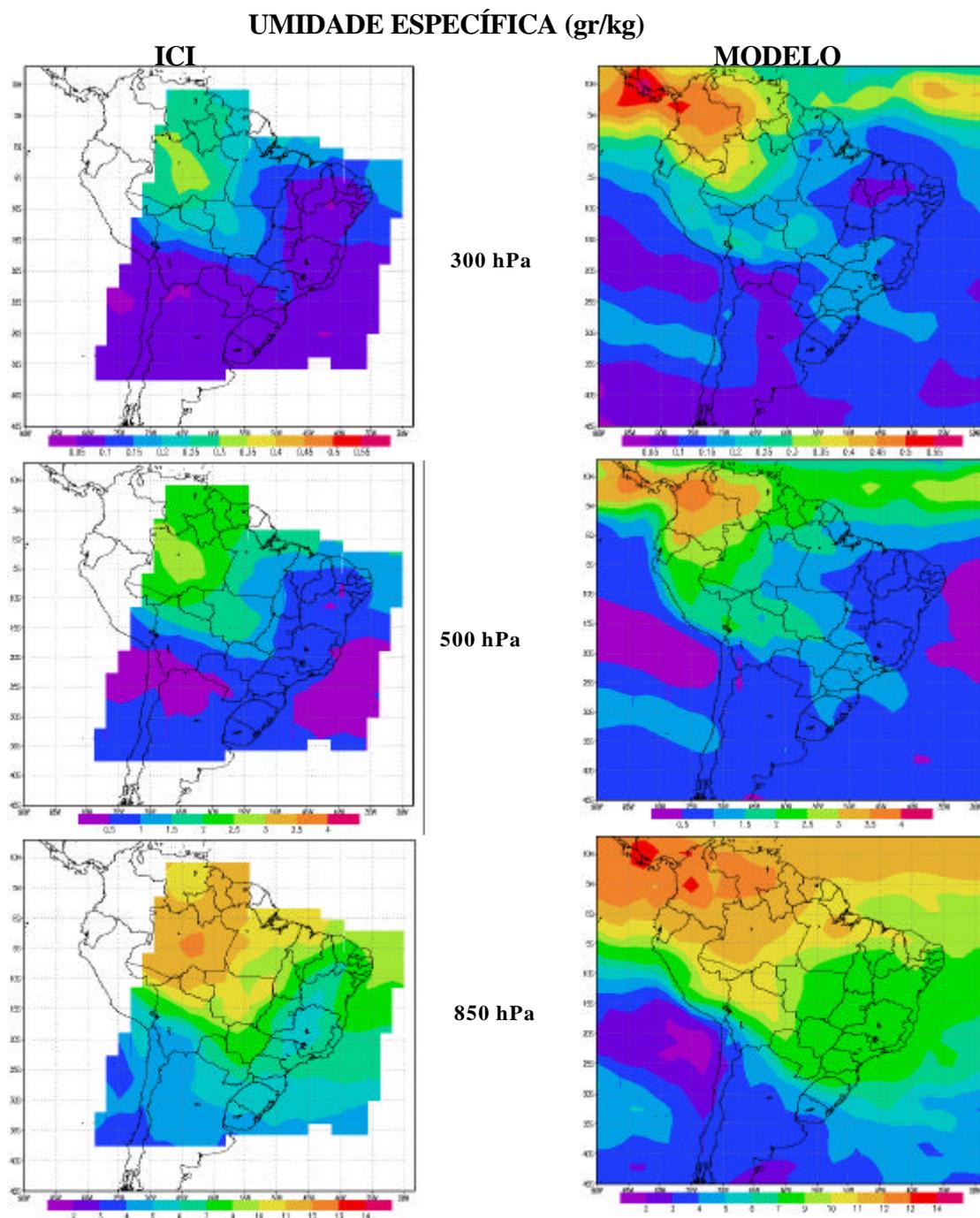


Figura 2. Campos Médios de Umidade Específica, obtidos pelo ICI e pelo Modelo.

Os campos de BIAS, diferenças entre os campos de análise e os campos do ICI são mostrados na **figura 3**. A **figura 3.a** (acima) são os campos de BIAS para temperatura para o mês de agosto, e a **figura 3.b** (abaixo) são os campos de bias de umidade específica também para o mês de agosto. No caso da temperatura é observado que os maiores valores do bias são localizados em níveis baixos, nível de 850 hPa, isto pode ser explicado devido a que os níveis baixos estão mais próximos da superfície onde existem grandes variações de pequena escala que não podem ser bem representadas pelos modelos, neste caso pode-se observar para o caso do ICI, por isto os valores de bias em níveis baixos flutua entre  $3^{\circ}$  a  $-3^{\circ}$ , localizados em pequenas regiões. Em regiões perto da Cordilheira dos Andes e região nordeste, o ICI tende a

superestimar as temperaturas. Nos níveis de 500 hPa e 300 hPa, as diferenças diminuem sendo estas de  $-1.5^{\circ}$  a  $1.5^{\circ}$ , em toda a região da passagem do satélite, isto devido a que nestes níveis não existe o efeito da superfície, e a atmosfera em termos de temperatura e mais homogênea.

Com respeito ao bias para umidade específica, **da figura 3.b**, pode-se dizer que as diferenças são pequenas, sendo que como no caso da temperatura existe uma maior diferença nos níveis baixos, 850 hPa, pelos efeitos já descritos anteriormente, e levando em consideração que existe uma relação direta entre temperatura e umidade atmosférica. No nível de 850 hPa, as diferenças flutuam entre  $-3$  a  $3$  kg/kg, sendo que o nível de 850 esta perto da superfície, como acontece no caso da temperatura, sofre então os efeitos da topografia e da superfície, podendo-se observar que existem núcleos com diferenças de até  $5$  kg/kg, nas regiões de transição no sudeste região afetada por fenômenos meteorológicos, e na região próxima a Cordilheira dos Andes. Nos níveis altos, 500 hPa e 300 hPa, as diferenças variam de  $-0.5$  a  $0.5$  e de  $-1$  a  $1$  respectivamente, sendo distribuídas estas diferenças de maneira homogênea em toda a região da passagem.

De modo geral respeito aos bias obtidos, podemos concluir que considerando a distribuição horizontal por níveis não existe grandes diferenças entre os campos obtidos pelo ICI com respeito aos do Modelo, exceto em níveis baixos e em regiões e grande variabilidade atmosférica como é o caso das latitudes de transição de médias para altas latitudes.

Para melhor visualizar as diferenças entre os retrievals obtidos pelo ICI e os campos de análise do modelo, foram calculados valores de rms entre o ICI e o modelo, sendo que os campos de análise do modelo serviram como padrão de comparação. Os valores de rms estão mostrados na **figura 4**, sendo que figura 4.a (acima) rms para temperatura e figura 4.b (abaixo) rms para umidade específica. Analisando os rms para temperatura pode-se observar que os valores máximos estão localizados ao norte da Argentina, sendo que nos níveis de 850 hPa e 500 hPa, estes valores chegam até  $3.5$ , enquanto que os no nível de 300 hPa estes valores diminuem, nas outras regiões os valores flutuam entre  $0$  a  $2$ . Para o caso da umidade específica os valores máximos de rms também são localizados ao norte da Argentina, correspondendo a mesma região de valores máximos de temperatura, como o esperado, nas outras regiões da faixa de cobertura do satélite os valores de rms são muito menores. Da avaliação do rms pode-se concluir, que devido a que existe uma correlação direta entre temperatura e umidade atmosférica, os valores de máximos valores de rms são localizados nas mesmas regiões, segundo, que os valores máximos de rms estão localizados em regiões de transição, regiões afetadas pela passagem de frentes frias, e mudanças de tempo constantes durante o mês de agosto. Também pode-se concluir que segundo a variação de rms, o ICI representa bem os campos de temperatura e umidade na maior parte da passagem do satélite e em todos os níveis exceto em níveis próximos a superfície.

A figura 5, mostra a distribuição vertical de temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho, para duas estações meteorológicas que tiveram dados de radiossondagens no horário da passagem do satélite, observa-se que a temperatura e bem representada pelo ICI em toda a estrutura vertical da atmosfera. A temperatura do ponto de orvalho, que esta relacionada diretamente com o conteúdo de umidade na atmosfera, não é bem representada pelo ICI, as falhas são devidas principalmente ao fato de não recuperar as inversões na vertical, estas inversões são variações locais, motivo pelo qual apresenta certa dificuldade de recuperação, pois o ICI faz o processo de recuperação considerando o campo horizontal como um todo e não pontualmente. Por isto o ICI representa a variação vertical da temperatura do ponto de orvalho como uma média da variação vertical observada na distribuição da radiossondagem.

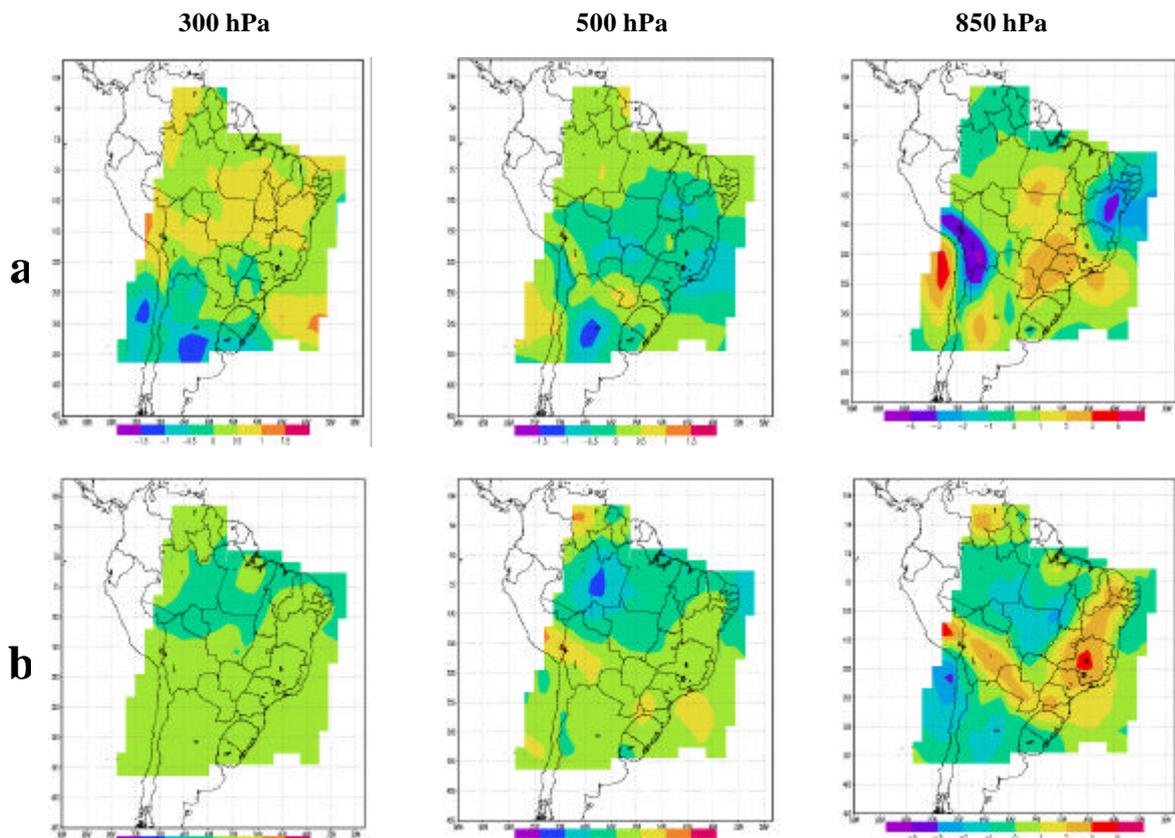


Figura 4. BIAS entre o ICI e o Modelo: (a) Temperatura, (b) Umidade Específica.

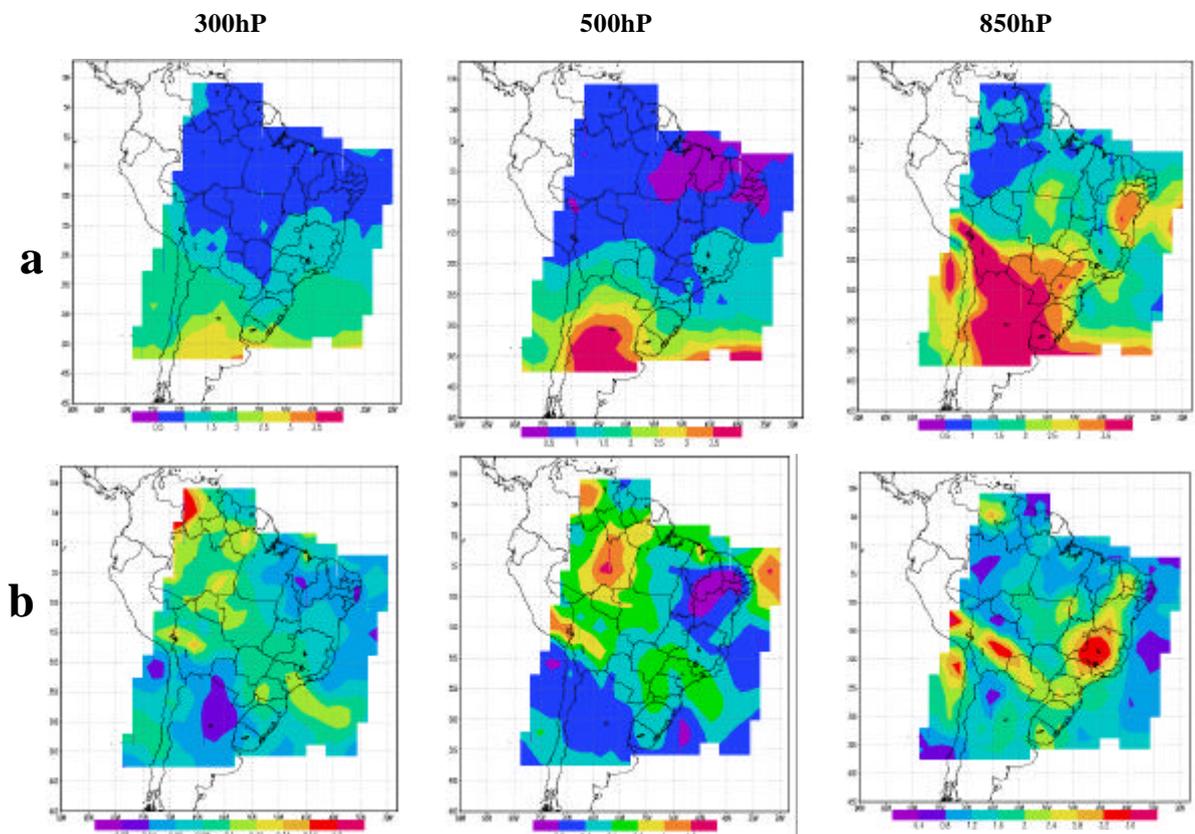


Figura 5. Root Mean Square: (a) Temperatura, (b) Umidade Específica

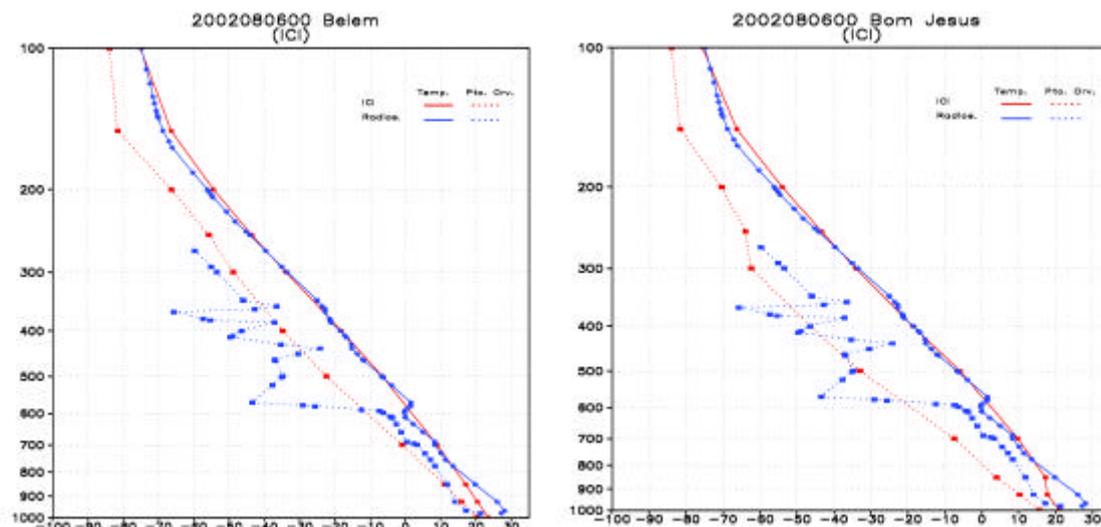


Figura 6. Perfis verticais de Temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho, para duas Estações meteorológicas do Brasil.

#### 4. Conclusões

Considerando as avaliações realizadas pode-se concluir que:

Os campos médios mostrados entre o ICI e as análises do Modelo Global, mostram que o ICI esta muito próximo das simulações obtidas pelo modelo Global do CPTEC, assim como também pode-se mostrar que as diferencias existentes entre o ICI e o modelo são de valores pequenos, como mostrado nos valores do RMS, isto nos leva a concluir que o ICI esta pronto para recuperar variáveis meteorológicas a partir da radiâncias fornecidas pelo satélite, neste caso NOAA-16, e deve-se ser testado experimentalmente de forma operacional.

O Perfis verticais mostram que o ICI não consegue recuperar as inversões da temperatura de ponto de orvalho, diretamente ligado a umidade, mas proporciona uma distribuição vertical média.

Finalmente pode-se concluir que o ICI esta recuperando de maneira satisfatória parâmetros meteorológicos a partir de radiâncias fornecidas pelo satélite NOAA-16, e que o próximo passo seria testa-los na Assimilação de Dados em Modelos de Previsão Numérica do Tempo no CPTEC/INPE, sendo que a direta aplicação da obtenção destes retrievals.

#### 5. Referências Bibliográficas

Borbás E. Szenyan, R. Randriamampianina. Current status for operational processing of TOVS data at the Hungarian Meteorological Service., International TOVS Studies Conference, ITSC-10, 1999.

Carvalho J., Remote Sounding over Brazil using the ATOVS system. International TOVS Studies Conference. ITSC-12, Melbourne, Australia, 2002.

Espinoza E.S. Impact of ATOVS sounding in analysis in South America. International TOVS Studies Conference, ITSC-12, Melbourne Australia, 2002.

Espinoza, E.S. Assimilação de Informação de Satélite em Modelos de Previsão Numérica do Tempo, Utilizando um Sistema Estatístico em Espaço-físico. Tese de Doutorado PI(INPE-8308-TDI/767), 2000.

Espinoza E.S, Bonatti, J.P, Herdies, D., Aravequia, J.A., Bustamante, J., Gomes, J., Cintra R., Ferreira, S. e Flaubert, W. Sistema de Assimilação Eta/RPSAS. SPO-18 (2208-1) XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 4-9 agosto de 2002.

Herdies, D.L., Ferreira, S.H., Bonatti, J.P, Cintra R., da Silva, A., O Sistema de Assimilação de Dados Atmosféricos Global do CPTEC/INPE. SPO-81 (2688-1). XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 4-9 de agosto de 2002.

Lavanant L., P. Brunel, G. Rochard. TOVS sounding products at the CMS. The ICI model. IRS'96. 1996

Lavanat L., Brunel, P., Rochard G., Tabrot, T., NOAA-15 sounding profiles retrieved with the ICI scheme. International TOVS Studies Conference, ITSC-10, 1999.

Wu X., Lavanant L., Brunel P., Zhang W. USING ICI at the National Satellite Meteorological Center of China, International TOVS Studies Conference, ITSC-11, 2000.