

INTERCOMPARAÇÃO DAS SONDAGENS AIRS/AMSU E MODIS DO SATÉLITE AQUA SOBRE A CIDADE DE NATAL-RN: CAMAPNHA SHADOZ ENTRE 2002 E 2006

Rodrigo Augusto Ferreira de Souza¹
Jurandir Ventura Rodrigues¹
Rita Valéria Andreoli¹
Juan Carlos Ceballos¹

RESUMO: Um conjunto de 55 radiossondas lançadas na cidade de Natal (RN) durante o experimento de campo SHADOZ, coincidentes com as passagens do satélite AQUA, foi utilizado para fornecer uma validação preliminar dos perfis de temperatura e umidade inferidos por dois diferentes sistemas de sondagem: o AIRS/AMSU e o MODIS. Comparações entre as sondagens por satélite e as radiossondas revelam uma boa concordância para os perfis de temperatura com o sistema AIRS/AMSU, com valores de Erro Médio Quadrático (EMQ) de 1 K, exceto próximo à superfície e acima de 200 hPa onde há uma ligeira degradação. Para o sensor MODIS o EMQ atinge valores superiores a 2 K abaixo de 600 hPa. Para os perfis de umidade, ambos os sistemas atingiram valores de EMQ inferiores 2 g/kg, com melhor desempenho das sondagens AIRS/AMSU (da ordem de 0,5 g/kg) para estimativas próximas à superfície (abaixo de 700 hPa).

ABSTRACT: A set of 55 radiosondes over Natal (RN) of the SHADOZ campaign, coincident with the AQUA satellite overpass matches have been selected to provide preliminary validation of the temperature and moisture profiles retrieved using two different sounding systems: the AIRS/AMSU and the MODIS. Comparisons between satellite retrievals and radiosondes show a good agreement in the AIRS/AMSU temperature profiles, with values of the Root Mean Square (RMS) lower than 1 K, excepted for a slight degradation at the surface and above of 200 hPa. For the MODIS sensor the RMS reach values bigger than 2 K below of 600 hPa. Concerning the moisture profiles, both of them have RMS lower than 2 g/kg, with better performance to AIRS/AMSU near the surface (below of 700 hPa).

Palavras-chave: AIRS, MODIS, Perfis atmosféricos.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de modelos de tempo e de clima requer monitoramento preciso dos perfis atmosféricos de temperatura e de umidade, assim como da concentração de gases minoritários e

¹ Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), Rod. Presidente Dutra, km40, Cachoeira Paulista, SP, 12630-000, (12) 3186-9372, rodrigo@cptec.inpe.br, rita@cptec.inpe.br, jurandir@cptec.inpe.br, ceballos@cptec.inpe.br

aerossóis. Até pouco tempo atrás, o monitoramento contínuo das mudanças na concentração destes constituintes atmosféricos em escala global era precário. No entanto, nos últimos anos alcançou-se um progresso considerável na inferência de perfis atmosféricos a partir de dados de satélites. Um acontecimento de importância histórica ocorreu no dia 4 de maio de 2002, com o lançamento da plataforma AQUA. Esse satélite conta com o sistema de sondagem mais avançado já desenvolvido até hoje (Aumann et al., 2003). Basicamente, esse sistema de sondagem é constituído pelos seguintes instrumentos: o “Atmospheric Infrared Sounder” (AIRS), a “Advanced Microwave Sounding Unit” (AMSU) e o “Humidity Sounder for Brazil” (HSB, atualmente inativo). Ele incorpora os avanços dos sensores AMSU do NOAA além dos avanços providos pelo AIRS com relação ao “High Resolution Infra Red Radiation Sounder” (HIRS), que dispõe de apenas 20 canais no infravermelho. Com os 2378 canais do sondador AIRS tem-se um aumento significativo na quantidade de informação sobre a atmosfera.

Além disso, o AQUA transporta outro sensor com tecnologia de última geração, o “Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer” (MODIS). Apesar deste sensor não ser essencialmente um sondador atmosférico, ele possui alguns canais espectrais que também são encontrados em sondadores atmosféricos que operam a bordo dos satélites da série NOAA. Desta forma, é possível utilizar as informações destes canais para inferir perfis verticais de temperatura e de umidade, dentre outras variáveis atmosféricas, com o objetivo de utilizá-las em conjunto com outras informações de satélites meteorológicos para aprimorar os resultados de modelos de PNT (Previsão Numérica de Tempo), principalmente no Hemisfério Sul onde existe um baixo número de dados convencionais (radiossondagens).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é apresentar a aplicação do sensor MODIS na inferência de perfis atmosféricos e comparar seu desempenho com o sistema de sondagem AIRS/AMSU. As análises foram realizadas para a cidade de Natal (RN) com dados do experimento de campo denominado “Southern Hemisphere ADditional OZonesondes” (SHADOZ).

2. DADOS E METODOLOGIA

Um conjunto de 55 radiossondas lançadas durante o experimento de campo SHADOZ, realizado em Natal, no período de setembro de 2002 a junho de 2006 é utilizado para validar os perfis de temperatura e umidade inferidos a partir de dados do sistema de sondagem AIRS/AMSU (versão 4.09 do modelo de inversão da NASA, Susskind et al., 2003) e MODIS (versão 5 do modelo de inversão estatístico da Universidade de Wisconsin, Smith e Woolf, 1976). Os perfis verticais inferidos por satélite localizados num raio de até 100 km do sítio experimental e dentro de um intervalo de 1 hora do lançamento da radiossonda são considerados nas análises. Para facilitar os cálculos, os perfis de temperatura e de umidade das radiossondas foram degradados para valores médios em uma camada vertical de 1 km, e interpolados para os mesmos 28 níveis padrões de

pressão das sondagens AIRS/AMSU e 20 níveis de pressão para as sondagens MODIS. As diferenças médias (sondagens por satélite menos radiossondas - Viés) e o Erro Médio Quadrático (EMQ) são então calculadas para cada um desses níveis. Vale salientar, que a seleção dos perfis verticais inferidos pelo sistema de sondagens AIRS/AMSU leva em consideração as condições de nebulosidade parcial (até 50% no pixel), enquanto os perfis MODIS foram gerados apenas para pixels de céu livre de nuvens. Exemplos de perfis individuais de temperatura e umidade de radiossondas (original e modificado) e dos sistemas de sondagem remota são ilustrados na Figura 1.

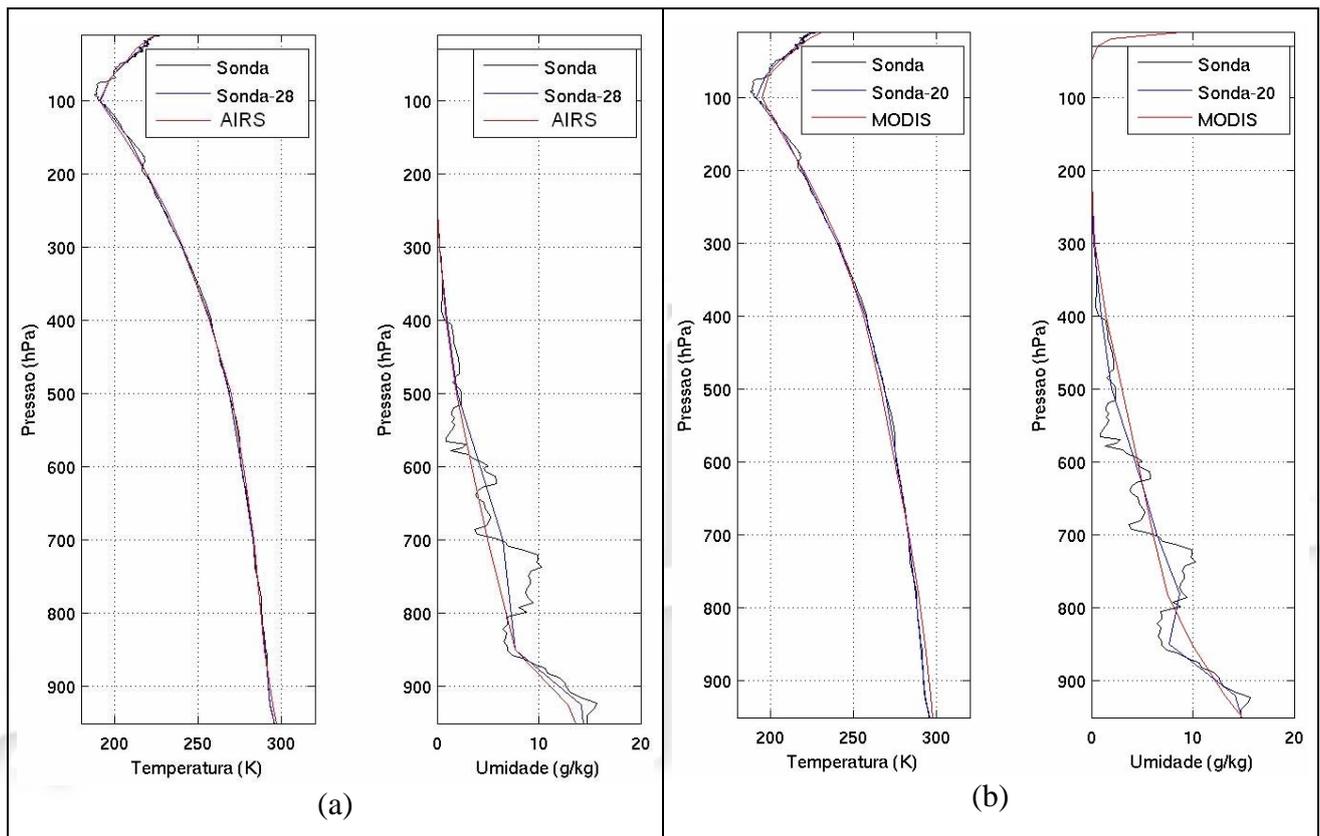


Figura 1 - Exemplos de perfis de temperatura e umidade inferidos por satélite (vermelha) versus os perfis da radiossonda original (preta) e degradada em 28 e 20 níveis de pressão para os sensores AIRS/AMSU (a) e MODIS (b), respectivamente (azul).

3. RESULTADOS

As Figuras (2a e 2b) mostram o viés e o EMQ entre os perfis de temperatura inferidos por satélite, para o sistema de sondagem AIRS/AMSU (em azul) e para o MODIS (em vermelho), e os perfis de temperatura das radiossondas do experimento SHADOZ. Nota-se claramente que os EMQ para os perfis de temperatura do AIRS/AMSU são inferiores aos do MODIS. Para níveis de pressão acima de 850 hPa o EMQ é inferior a 1 K para o AIRS/AMSU, e superior a 2 K para a camada entre 850 e 600 hPa para o MODIS. Próximo à superfície (950 hPa) os EMQ para os perfis AIRS/AMSU e MODIS atingem 1,5 K e 3,5 K, respectivamente. Em relação ao viés, os valores

oscilaram entre ± 1 K acima de 850 hPa, com ligeiro viés negativo para os perfis MODIS e positivo para os perfis AIRS/AMSU.

O viés e o EMQ entre os perfis de umidade inferidos por satélite e os dados de radiossondagens são apresentados na Figuras 3a e 3b, respectivamente. Os resultados encontrados para os diferentes instrumentos analisados mostram valores maiores de EMQ próximos à superfície, com valores próximos de 1,2 g/kg para o sistema AIRS/AMSU e de 1,7 g/kg para o MODIS. Além disso, o desempenho do sistema AIRS/AMSU em inferir perfis atmosféricos foi superior aos resultados do MODIS na camada atmosférica entre 600 e 950 hPa. Em relação ao viés, observou-se que em ambos os modelos de inversão houve uma subestimava da umidade na baixa troposfera (abaixo de 800 hPa). No entanto, esse viés não ultrapassou 2 g/kg.

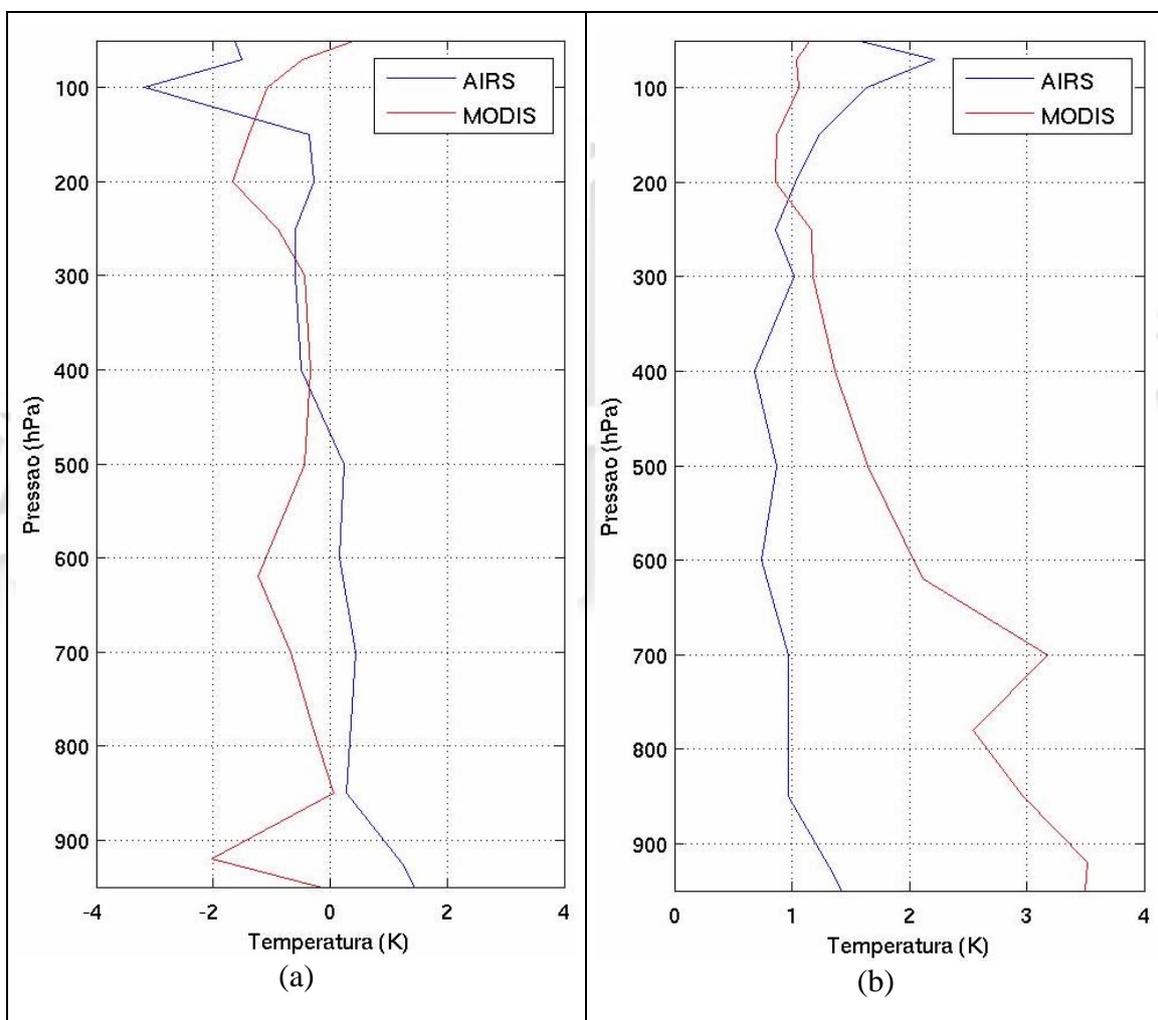


Figura 2 – Viés (a) e EMQ (b) entre os perfis de temperatura inferidos por satélite e os perfis de radiossondagens do experimento de campo SHADOZ.

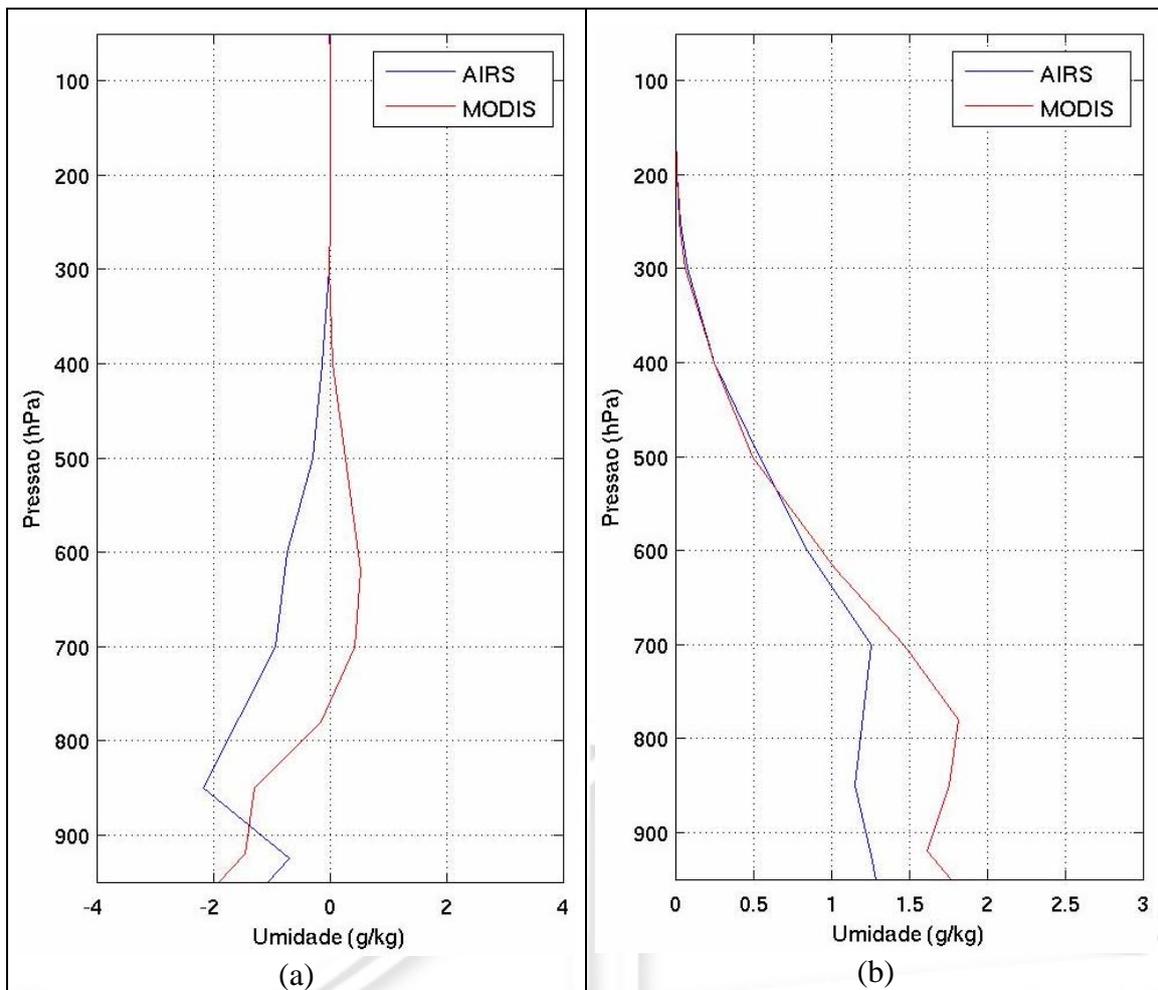


Figura 3 – Viés (a) e EMQ (b) entre os perfis de umidade inferidos por satélite e os perfis de radiossondagens do experimento de campo SHADOZ.

4. CONCLUSÕES

A comparação entre os perfis obtidos a partir de radiossondas e os do sistema de sondagem AIRS/AMSU mostra uma boa concordância entre os perfis de temperatura e de umidade, com EMQ similares aos encontrados sobre regiões continentais por Fetzer et al. (2005) e Divakarla et al. (2006). Por outro lado, o EMQ entre os perfis de radiossondas e o sistema MODIS atinge valores superiores a 2 K para níveis abaixo 600 hPa, com máximo em superfície da ordem de 3,5 K. Assim, as comparações com as radiossondas, mostram uma melhora considerável na precisão do erro com o sistema de sondagem AIRS/AMSU em relação àquela do sistema de sondagem MODIS, para ambos os perfis de temperatura e umidade. Isto provavelmente pode estar relacionado às características do sensor e ao modelo de inversão. Apesar do sensor MODIS não ser essencialmente um sondador atmosférico, ele possui alguns canais espectrais que também são encontrados em sondadores atmosféricos que operam a bordo dos satélites da série NOAA. Além disso, é importante observar que a metodologia utilizada para inferir perfis atmosféricos com o MODIS baseia-se na técnica de regressão estatística (Smith e Woolf, 1976). Essa metodologia é muito dependente do conjunto de dados utilizados para gerar os coeficientes de regressão do modelo

estatístico (conjunto de treinamento). Dependendo do conjunto de treinamento utilizado, o modelo estatístico pode apresentar desempenho variado para diferentes regiões do globo. Por outro lado, o modelo de inversão da NASA é um algoritmo híbrido que utiliza informações AIRS/AMSU para fazer a inferência de perfis atmosféricos, isto é, um modelo de regressão estatística acoplado a um modelo físico, que se baseia na solução da Equação de Transferência Radiativa (Susskind et al., 2003).

Uma característica do sensor MODIS é a possibilidade de combinar informações de canais espectrais localizados na região do visível e do infravermelho que possuem alta resolução horizontal, de 1 km no nadir, comparada com outros sondadores em órbita com resolução superior a 10 km, possibilitando dessa maneira inferência de perfis atmosféricos com alta resolução espacial. Por outro lado, uma limitação das sondagens MODIS é que os perfis são inferidos apenas em regiões de céu claro (livre de nuvens). No entanto, avaliar o nível de qualidade destes perfis é de grande importância para a comunidade científica, dado que esses perfis são utilizados como informação auxiliar para corrigir efeitos atmosféricos na geração de outros produtos MODIS, tais como as propriedades de aerossóis, entre outros. Além disso, esses perfis podem ser utilizados em conjunto com outras informações de satélites meteorológicos para aprimorar os resultados de modelos de PNT, principalmente no Hemisfério Sul onde existe escassez de dados convencionais.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dra. Neusa Maria Paes Leme pela disponibilidade das radiossondas lançadas durante o experimento SHADOZ, que muito contribuíram para a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aumann, H. H.; Chahine, M. T.; Gautier, C.; Goldberg, M. D.; Kalnay, E.; Mcmillin, L. M.; Revercomb, H.; Rosenkranz, P. W.; Smith, W. L.; Staelin, D. H.; Strow, L. L.; Susskind, J. AIRS/AMSU/HSB on the Aqua mission: design, science objectives, data products and processing systems. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 2, p. 253-264, 2003.
- Divakarla, M. G.; et al. Validation of atmospheric Infrared Sounder temperature and water vapor retrievals with matched radiosonde measurements and forecasts. **Journal Geophysical Research**, 111, D09S15, doi:10.1029/2005JD006116, 2006.
- Fetzer, E.; et al. Validation of AIRS/AMSU/HSB core products for Data Release Version 4.0. **JPL D-31448**, 2005.
- Smith, W. L.; Woolf, H. M. The Use of Eigenvectors of Statistical Covariances Matrices for Interpreting Satellite Sounding Radiometer Observations. **Journal of Atmospheric Science**, v.33, n.5, p. 1127-1140, 1976.
- Susskind, J.; Barnett, C.; Blaisdell, J. Retrieval of atmospheric and surface parameters from AIRS/AMSU/HSB data in the presence of clouds. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.41, n.2, p. 390-409, 2003.