

VALIDAÇÃO DAS SONDAGENS AQUA SOBRE A AMÉRICA DO SUL

Rodrigo Augusto Ferreira de Souza¹

Rita Valéria Andreoli¹

Jurandir Ventura Rodrigues¹

Juan Carlos Ceballos¹

Dirceu Luis Herdies¹

RESUMO: Um conjunto de 342 radiossondas lançadas durante os experimentos de campo RACCI e SALLJEX em diferentes regiões da América do Sul foi utilizado para fornecer uma validação preliminar dos perfis de temperatura e umidade inferidos pelo sistema de sondagem AQUA (modelo da NASA inversão versão 4.09). Comparações entre as sondagens AQUA e as radiossondas revelam uma boa concordância para os perfis de temperatura, com valores de Erro Médio Quadrático (EMQ) inferiores a 2 K, exceto próximo à superfície onde há uma ligeira degradação. Com relação aos perfis de umidade, verificou-se que o modelo de inversão subestima a umidade e que os EMQ encontrados atingiram valores ligeiramente superiores 2 g/kg próximo à superfície.

ABSTRACT: A set of 342 radiosondes over South America of the RACCI and SALJEX campaigns, coincident with the AQUA satellite overpass matches have been selected to provide preliminary validation of the temperature and moisture profiles retrieved using the AQUA sounding system (NASA inversion model, version 4.09). Comparisons between AQUA retrievals and radiosondes show a good agreement in the temperature profiles, with values of Root Mean Square (RMS) lower than 2 K, excepted for a slight degradation near the surface (between 950 and 900 hPa). Concerning the moisture profiles, the NASA inversion model underestimates the humidity and the RMS values were slightly bigger than 2 g/kg near the surface.

Palavras-chave: Satélite AQUA, Sondagens AIRS, Perfis atmosféricos.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, alcançou-se um progresso considerável na recuperação de perfis de temperatura e umidade a partir de sensores passivos no infravermelho e em microondas. Atualmente, esforços têm se concentrado no desenvolvimento de sondadores com alta resolução espectral, por exemplo, o “Infrared Atmospheric Sounding Interferometer” - IASI (possuindo mais de 8000 canais, com lançamento previsto para outubro de 2006) e o “Atmospheric Infrared Sounder” - AIRS (2378 canais). O AIRS, abordo do satélite AQUA, é o primeiro sondador avançado de radiação infravermelha operacional com essa característica. Além do AIRS, outros

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, dirceu@cptec.inpe.br

instrumentos compõem a plataforma AQUA e juntos formam o sistema de sondagem mais avançado lançado ao espaço, sem precedentes na história da meteorologia por satélites. Sua finalidade principal é obter perfis atmosféricos de temperatura e umidade, e dele espera-se prover melhoramentos substanciais, especialmente nas medidas de temperatura, em relação aos atuais instrumentos em operação (Aumann et al., 2003). No que se refere à qualidade dos perfis inferidos pelo sistema de sondagem AQUA, Divakarla et al. (2006) mostraram uma melhora de no mínimo 0,5 K (para uma camada vertical de 1 km) em relação à qualidade dos perfis de temperatura inferidos pelo “Advanced TIROS-N/NOAA Operational Vertical Sounder - ATOVS” (Reale, 2002), quando comparados com os dados de radiossondagens. Além disso, intercomparações diretas com radiossondas sobre regiões continentais mostram erros da ordem de 2 K (Fetzer et al., 2005). Porém, dados de radiossondas, particularmente, sobre a América do Sul não estão incluídos nesses estudos de validação. Conseqüentemente, avaliar o nível de qualidade dos perfis verticais de temperatura e de umidade nessa região é de grande importância para a Previsão Numérica de Tempo (PNT), principalmente, devido à escassez de dados convencionais nessa região.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é avaliar o desempenho do sistema de sondagem AQUA sobre a América do Sul. As análises são realizadas para dois diferentes experimentos de campo: O “Radiation, Cloud, and Climate Interactions/Large Scale Biosphere-Atmosphere” (RACCI/LBA) e o “South American Low Level Jet Experiment” (SALLJEX). Uma descrição do período e a localização dos dados utilizados, assim como da metodologia de avaliação são apresentadas na seção 2. Na seção 3, são apresentados os resultados das análises estatísticas, seguido pelas conclusões na seção 4.

2. DADOS E METODOLOGIA

Radiossondas lançadas durante os experimentos de campo RACCI, no período de setembro a outubro de 2002, e SALLJEX, no período de janeiro a fevereiro de 2003, são utilizadas para validar os perfis de temperatura e umidade inferidos a partir de dados do sistema de sondagem AQUA (versão 4.09 do modelo de inversão da NASA, Susskind et al., 2003). O experimento RACCI foi realizado no Estado de Rondônia nos sítios de Guajará-Mirim, Porto Velho, Ouro Preto e Rebio Jaru. O experimento SALLJEX envolve diversos países da América do Sul, dentre eles citam-se: Argentina, Bolívia, Brasil e Paraguai. Um total de 100 radiossondas lançadas em horários próximos às passagens do satélite AQUA sobre cada sítio experimental foram selecionadas durante o experimento RACCI, enquanto que durante o experimento SALLJEX o total de radiossondas disponíveis para a validação foi de 234. As distribuições espaciais dessas radiossondagens para os horários das 6 e 18 UTC e para cada um dos experimentos são apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Os perfis verticais inferidos por satélite que se encontravam num raio de até 100 km de cada sítio

experimental e dentro de um intervalo de 1 hora do lançamento da radiossonda foram considerados nas análises. Para facilitar as análises, os perfis de radiossondas foram interpolados para os mesmos 28 níveis padrões de pressão das sondagens AQUA. Exemplos de perfis individuais de temperatura e umidade de radiossondas e do sistema de sondagem AQUA são ilustrados na Figura 1. Para as comparações os perfis de temperatura e de umidade das radiossondas foram degradados para valores médios em uma camada vertical de 1 km, e as diferenças médias (sondagens AQUA menos radiossondas - Viés) e o Erro Médio Quadrático (EMQ) são então calculadas para cada uma dessas camadas. Vale salientar, que a seleção dos perfis verticais inferidos pelo sistema de sondagens AQUA leva em consideração as condições de nebulosidade parcial (até 50% no pixel).

TABELA 1 – Distribuição espacial das radiossondas selecionadas durante o experimento RACCI, para os horários das 6 e 18 UTC.

Local	Sítio	Hora (UTC)	Radiossondas
Rondônia	Guajará-Mirim	6	19
		18	17
	Ouro Preto	6	13
		18	18
	Porto Velho	6	5
		18	9
Rebio Jaru	6	9	
	18	10	
Total			100

TABELA 2 – Distribuição espacial das radiossondas selecionadas durante o experimento SALLJEX, para os horários das 6 e 18 UTC.

País	Sítio	Hora (UTC)	Radiossondas
Argentina	Resistência	06	44
		18	25
	Santiago	06	40
		18	25
Bolivia	Santa Cruz	06	13
		18	30
Brasil	Dourados	06	5
		18	6
	Rio Branco	06	2
		18	4
Paraguai	Mariscal	06	30
		18	18
		Total	242

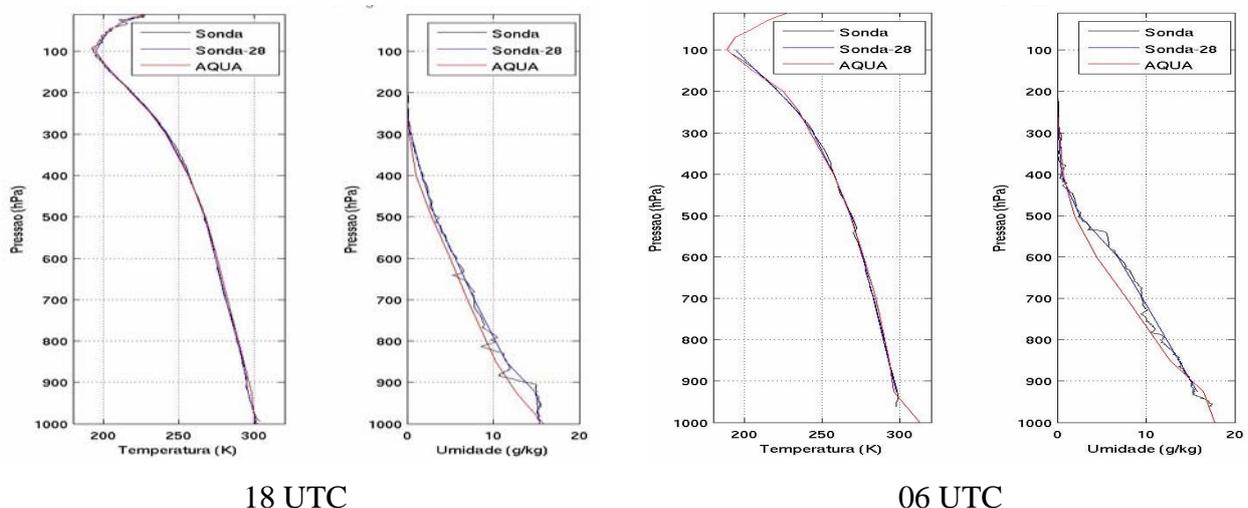


Figura 1 - Exemplos de perfis de temperatura e umidade inferidos por satélite (vermelho) versus os perfis da radiossonda original (preta) e degradada em 28 níveis de pressão (azul).

3. RESULTADOS

As Figuras (2a e 2b) mostram o viés e o EMQ entre os perfis de temperatura inferidos por satélite e as radiossondas para os experimentos RACCI e SALLJEX, respectivamente. Em geral, os EMQ para os perfis de temperatura, para ambos os experimentos são similares. Para níveis de pressão acima de 900 hPa o EMQ é inferior a 2 K. Por outro lado, próximo à superfície (950 hPa) o EMQ atinge o valor de 3 K. Em relação ao viés, os valores oscilaram entre ± 1 K, com ligeiro viés negativo em baixos níveis (abaixo de 900 hPa) e positivo na média troposfera. Para a umidade, o viés e o EMQ entre os perfis de umidade inferidos por satélite e os dados de radiossondagens dos experimentos RACCI e SALLJEX são apresentados na Figuras 3a e 3b, respectivamente. Nos dois experimentos analisados os EMQ apresentam os maiores valores entre 900 e 950 hPa (inferior a 3 g/kg). Em relação ao viés, observou-se que em ambos os experimentos o modelo de inversão subestima a umidade em toda a troposfera com um viés negativo mais pronunciado na camada entre 800 e 900 hPa (de aproximadamente 2 g/kg).

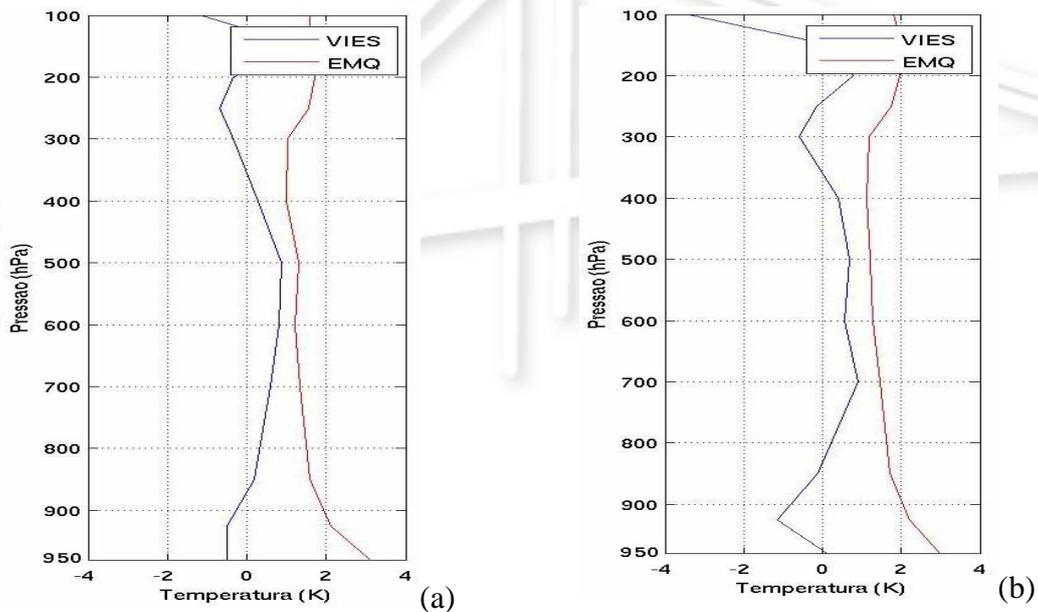


Figura 2 – Viés e EMQ entre os perfis de temperatura inferidos por satélite e os perfis de radiossondagens dos experimentos de campo RACCI (a) e SALLJEX (b).

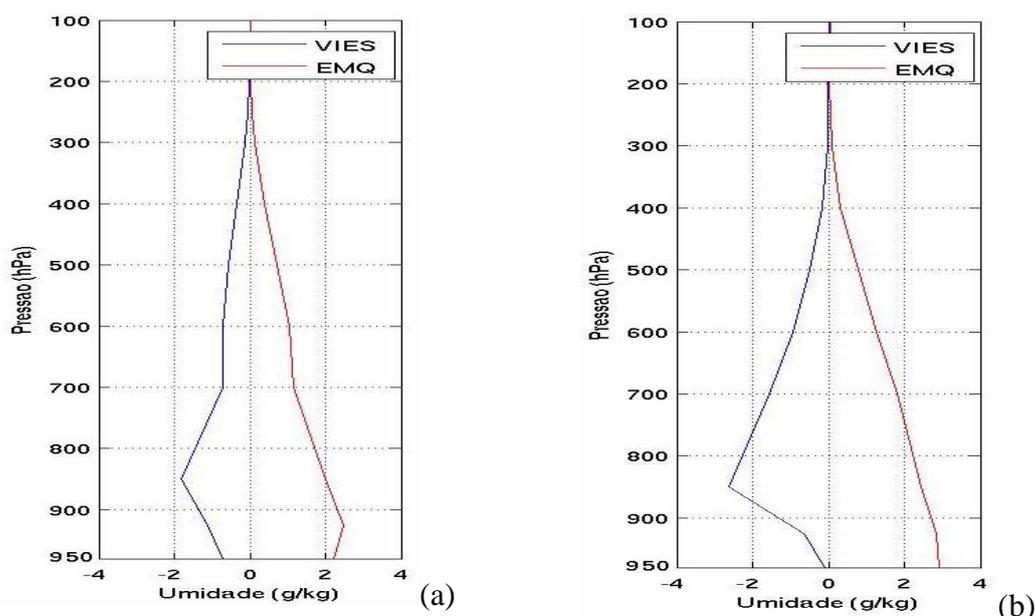


Figura 3 – Viés e EMQ entre os perfis de umidade inferidos por satélite e os perfis de radiossondagens dos experimentos de campo RACCI (a) e SALLJEX (b).

4. CONCLUSÕES

Este trabalho teve por finalidade analisar o desempenho do sistema de sondagem AQUA (modelo de inversão versão 4.09) em recuperar perfis verticais de temperatura e umidade em diferentes localidades e períodos sobre áreas continentais da América do Sul. Intercomparações entre as sondagens AQUA e as radiossondas revelam uma boa concordância entre os perfis de temperatura, com um EMQ similar ao encontrado sobre regiões continentais por Fetzer et al. (2005). Os maiores erros próximo à superfície revelam a dificuldade de inferir perfis nessa camada, e podem estar associados à heterogeneidade da superfície, como por exemplo, variações na sua emissividade espectral (Salisbury e D’Aria, 1992 e 1994). No caso da umidade, os EMQ atingiram valores ligeiramente superiores àqueles (2 g/kg) previstos por Susskind et al. (2003). Uma das dificuldades em se recuperar perfis verticais de umidade é a sua grande variabilidade espacial e temporal na atmosfera, particularmente em regiões tropicais. Essa grande variabilidade dificulta a comparação com dados observacionais, fundamental no processo de validação. Além disso, é importante observar que a seleção dos perfis utilizados nesse estudo considera condições de nebulosidade parcial (50%). Divakarla et al. 2006, examinando a diferença no EMQ para os perfis de temperatura global revela que os perfis sob condições de céu claro mostram uma melhora de 0,5 K próximo à superfície e de 0,3 K em outros níveis, quando comparados com perfis inferidos sob condições de nebulosidade. Similarmente, há uma melhora de 4% na qualidade dos perfis de umidade inferidos sob condições de céu claro quando comparados com àqueles inferidos sob céu nublado. Além disso, existe uma diferença de aproximadamente uma hora entre os dados de satélites e as radiossondas. Essa diferença pode ter sido suficiente para acarretar erros nas camadas

próximas à superfície, particularmente nos perfis de umidade, em particular sobre regiões tropicais. Finalmente, avaliar o nível de qualidade destes perfis é de grande importância para a PNT, principalmente, devido à escassez de dados convencionais no Hemisfério Sul. Outras análises estão sendo realizadas com dados de outros experimentos de campo e com os dados do modelo de PNT do Centro de Previsão de tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.

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.
- Reale, A L. NOAA operational sounding products for advanced-TOVS, **NOAA Tech. Rep. NESDIS 107**, 29pp. U.S. Dep. Of Commer., Washington, D. C., 2002.
- Salisbury, J. W.; Dária, D. M. Emissivity of terrestrial materials in the 8-14 μ m atmospheric window. **Remote Sens. Environ.**, 42, 83-106, 1992.
- Salisbury, J. W.; Dária, D. M. Emissivity of terrestrial materials in the 3-5 μ m atmospheric window. **Remote Sens. Environ.**, 47, 345-361, 1994.
- Susskind, J.; Barnet, 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.