

Avaliação da precipitação sobre a América do Sul com os dados de reanálise MERRA e NCEP-GFSR

Marília Guedes do Nascimento¹, Dirceu Luis Herdies², Carlos Frederico de Angelis³

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Cachoeira Paulista, SP, Brasil.

marilia.guedes@cptec.inpe.br; dirceu.herdies@cptec.inpe.br, carlos.angelis@cptec.inpe.br

ABSTRACT: This paper seeks to know better the rainfall behavior in two different reanalysis data (MERRA and NCEP-GFSR) for the South America, with emphasis on the Amazon Basin and the La Plata Basin regions. This evaluation was done comparing these two datasets with data from the 3B42 algorithm for the period of 10 years (1999-2008) through the spatial correlation and the average difference between them. This study is relevant, primarily because no validation was held for these two datasets for South America, and also because through the results is expected to have an idea of what will be the best given be used in studies of water balance for the whole of South America, for example. The results showed a good spatial correlation with both MERRA and NCEP-CFSR data, making them able to represent the main patterns of weather systems over South America, having only difficulties to quantify accurately the amounts of precipitation. The difference between these reanalysis and TRMM data can conclude that the best data sets for use, especially over the the Amazon Basin and the La Plata Basin regions, are the NCEP-CFSR data, because the difference found was very small.

Palavras-chave: Precipitação, MERRA, NCEP-GFSR, América do Sul.

1- INTRODUÇÃO

A precipitação apresenta um papel fundamental em diversos aspectos da vida humana, tais como suprimento de água para o consumo diário, para a agricultura, para geração de energia, entre outros. Além disso, a precipitação é um dos componentes críticos do balanço de umidade e energia.

Desde meados dos anos 70 tem sido realizados estudos em grande escala do balanço de umidade na região amazônica. Molion (1975), Salati e Marques (1984) e Salati (1987) tentaram quantificar as componentes do balanço de umidade e reciclagem de umidade pela combinação de observações e poucas estações de radiossondagem na Amazônia brasileira, bem como com modelos de balanço de umidade. Mais tarde, estudos usando uma variedade de conjuntos de dados observacionais, variando de dados de radiossondagem à reanálises globais, ou uma combinação de ambos, assim como modelos climáticos (Salati 1987; Matsuyama, 1992; Eltahir e Bras, 1994; Marengo et al., 1994; Vorosmarty et al., 1996; Rao et al., 1996; Costa e Foley, 1999; Curtis e Hastenrath, 1999; Zeng, 1999; Labraga et al., 2000; Leopoldo, 2000; Rocha, 2004; Roads et al., 2002; Marengo, 2004, 2005) tem quantificado estimativas do ciclo hidrológico, sua variabilidade em várias escala de tempo, e os impactos das forçantes atmosféricas locais ou remotas na variabilidade dos componentes do balanço de umidade, assim como o fechamento do balanço de umidade para toda a Amazônia.

Nestes tipos de estudos os dados de reanálise são muito importantes, visto que em lugares como a Amazônia ou em tantos outros lugares da América do Sul o acesso é muito restrito, tendo poucos dados observacionais.

As reanálises são compostas por dados observacionais e por resultados de modelos numéricos, buscando fornecer dados em quatro dimensões do sistema terrestre que engloba vários processos físicos e dinâmicos. Um ponto chave no que diz respeito às reanálises é o fato de que as saídas geradas a partir dos modelos fornecem dados que

não são observados facilmente, porém estes dados são consistentes com as análises dos dados observados. Este tipo de dado tornou-se uma ferramenta essencial no estudo do tempo e variabilidade climática nos últimos 15 anos.

Sendo assim, o objetivo inicial deste trabalho é conhecer melhor como se comporta a variável precipitação em dois diferentes conjuntos de reanálises para grande parte da América do Sul, com ênfase sobre a região da Bacia Amazônica e Bacia do Prata. Com os resultados encontrados espera-se ter uma idéia de qual será o melhor dado a ser utilizado, por exemplo, em estudos de balanço hidrológico para toda a América do Sul.

2- DADOS E METODOLOGIA

Com o objetivo de melhor conhecer o comportamento da precipitação nos conjuntos de reanálises MERRA e NCEP-CFSR, será feita uma comparação para o período de 10 anos (1999- 2008) destes dados com os dados do algoritmo 3B42.

Depois de realizada esta comparação para estes dez anos pretende-se ter uma idéia de como estes dados de reanálise representam a precipitação sobre a região de estudo, e assim poder utilizá-los com mais clareza e para um maior período, visto que até o momento nenhuma validação para a América do Sul foi feita para estes dois conjuntos de dados.

Os dados MERRA (Modern Era Retrospective-analysis for Research and Applications) possuem uma resolução temporal de 6 horas, com um espaçamento de grade de $2/3^\circ$ de longitude e $1/2^\circ$ de latitude, contabilizando uma grade horizontal com 540 pontos em x e 361 pontos em y. Além disso, o MERRA possui 42 níveis verticais de pressão, ou 72 níveis seguindo o terreno, que vão da superfície até a estratosfera (0,01 hPa). Os dados de reanálises do NCEP-CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) que foi gerado para o período de 31 anos (1979-2009) em janeiro de 2010, possui 64 níveis de pressão, que vão da superfície até 0,26 hPa, com espaçamento horizontal de $0,5^\circ$ e resolução temporal de 1 hora.

Também são utilizados neste trabalho dados do algoritmo 3B42, que são estimativas de precipitação derivadas de medidas de infravermelho, porém usando dados microondas passivo e dados obtidos do satélite TRMM para calibração. Estes dados possuem resolução temporal de 3 horas e espaçamento horizontal de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ na área entre as latitudes 50° N e 50° S, cobrindo praticamente todo o globo. Para maiores detalhes veja Nascimento (2008).

3-RESULTADOS

Os resultados mostrados neste trabalho procuram quantificar as incertezas existentes entre os dados de precipitação das reanálises MERRA e NCEP-CFSR, e estimativas de precipitação obtidas através do TRMM para o período de 1999 a 2008. Analisar as possíveis diferenças entre estes tipos de dados sobre a América do Sul possibilita ter um melhor conhecimento de erros sistemáticos, e desta forma fazer com que haja uma melhor análise, por exemplo, do balanço de umidade sobre esta área de estudo.

Kalnay et al (1996) classificaram a precipitação como sendo muito próxima aos dados presentes nas reanálises e objeto de grandes incertezas. Sendo assim, médias anuais foram utilizadas para avaliar os dados de precipitação MERRA e NCEP-CFSR através do cálculo das diferenças e correlação espacial entre observações e reanálises. Considerando as diferentes resoluções espaciais dos dados utilizados, todos os dados foram transformados para a resolução de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$.

O novo modelo numérico e sistema de assimilação de dados GEOS5, utilizado nas reanálises MERRA, além de utilizar os dados de observações convencionais (radiossondagens, estações de superfície, observações de aviões e navios), são também assimilados dados de radiação e vento recuperados de satélites, dados de radiância TIROS/TOVS e AIRS (Rienecker et al, 2007).

Bosilovich et al (2008) comparando os dados de precipitação gerados pelo sistema GEOS5 com dados do GPCP e CMAP sobre grande parte do globo, exceto a América do Sul, encontrou que as reanálises GEOS5 possuem certas diferenças na precipitação sobre os trópicos, mas quando comparada com as demais reanálises (NCEP, JRA, ERA-40), os dados GEOS5 estão mais próximos dos dados observados.

Analisando os dados MERRA para todo o período (1999 – 2008) observa-se uma boa correlação espacial entre as reanálises e os dados TRMM (0,75) (Figura 1a). As diferenças médias sobre a AS mostram que as reanálises MERRA superestimam os valores de precipitação, com média de -0,48 mm/dia com relação aos dados TRMM. Percebe-se também que os dados MERRA tendem a superestimar os valores de precipitação sobre grande parte da região equatorial, principalmente sobre o oceano Atlântico tropical, e subestimar os valores de precipitação sobre a região sul do Brasil.

Os resultados obtidos para os dados NCEP-CFSR para o período de estudo apresentam uma correlação espacial ainda maior com os dados TRMM (0,77) (Figura 1b). Apesar de sobre o continente as diferenças entre estes dados terem sido bem pequenas, as diferenças médias sobre a área selecionada mostram que as reanálises NCEP-CFSR superestimam os valores de precipitação, com média de -0,88 mm/dia com relação aos dados TRMM. Os dados NCEP-CFSR tendem também a superestimar os valores de precipitação sobre parte da região equatorial, principalmente sobre o oceano Atlântico Tropical. De uma maneira geral este dado se mostra muito bom para ser utilizado em estudos sobre a Bacia Amazônica e Bacia do Prata.

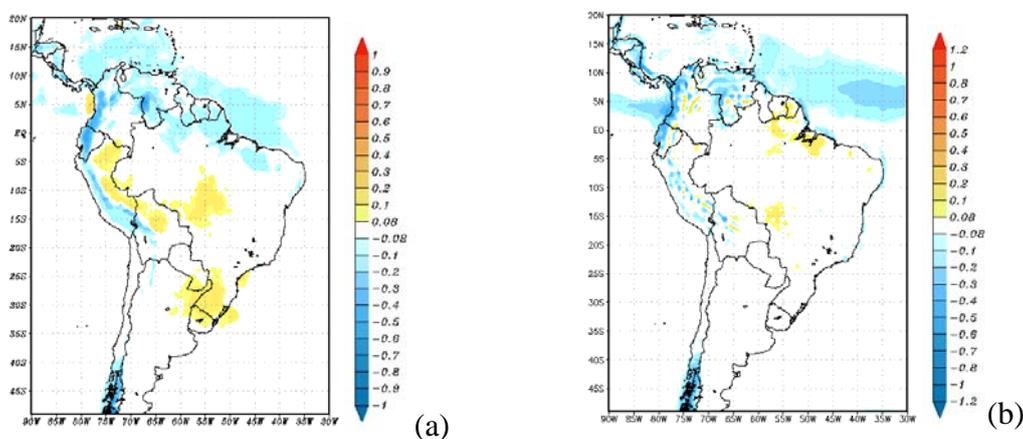


Figura 1 – Diferença de precipitação em mm/h para o período de 1999 a 2008 (a) para os dados TRMM – MERRA e (b) TRMM – NCEP-CFSR.

Observando a Tabela 1 é possível destacar que entre o período de 1999 a 2008 para a região da Bacia do Prata os dados de reanálises MERRA subestimaram a precipitação em 498,26 mm/ano, em outras palavras, para este período, os dados MERRA subestimaram a precipitação em 39,60 %. Analisando os dados de reanálises NCEP-CFSR, esta subestimativa observada para o conjunto de dados anterior foi consideravelmente menor, 190,14 mm/ano. Para este período a precipitação na região da Bacia do Prata, a partir dos dados NCEP-CFSR foi subestimada em torno de 15,11%, menos da metade encontrado com os dados MERRA. Interessante destacar que para o

período do inverno (JJA), estação que menos choveu, com precipitação média de aproximadamente 571,69 mm/ano, os dados de reanálises se comportaram de maneira bem discrepante, ou seja, os dados MERRA apresentaram sua maior subestimativa (57,01%) e os dados NCEP-CFSR apresentaram sua menor subestimativa (4,94 %). Comportamento também discrepante foi observado para o período do verão (DJF), estação que mais choveu neste período, com uma precipitação de aproximadamente 1925,94 mm/ano, ou seja, os dados MERRA apresentaram sua menor subestimativa (30,44%) e os dados NCEP-CFSR apresentaram sua segunda maior subestimativa (18,86%), sendo que a maior subestimativa da precipitação com este conjunto de dados ocorreu durante a primavera (SON) (22,62%).

Tabela 1 – Comportamento da precipitação na região da Bacia do Prata para o período de 1999-2008

	TRMM-MERRA (mm/ano)	MERRA (%)	TRMM-NCEP (mm/ano)	NCEP (%)
1999-2008	498,26	39,60	190,14	15,11
Verão	586,27	30,44	363,29	18,86
Outono	537,38	41,92	85,38	6,66
Inverno	325,94	57,01	28,24	4,94
Primavera	543,43	43,34	283,66	22,62

Na Tabela 2 também é mostrado o comportamento da precipitação com os dados de reanálise MERRA e NCEP-CFSR em relação aos dados TRMM para o período de estudo, mas neste caso para a região da Bacia Amazônica. É observado que para o todo o período os dados MERRA e NCEP superestimaram a precipitação para esta região, embora em proporções menores para o conjunto de dados NCEP-CFSR, ou seja, a precipitação foi superestimada em torno de 24,14% e 4,81 % para os dados MERRA e NCEP-CFSR, respectivamente. Analisando sazonalmente, pode-se observar que para os dois conjuntos de dados de reanálises, a precipitação foi subestimada nas estações inverno e primavera. Nestas duas estações foram observadas as menores taxas de precipitação com 1315,56 mm/ano durante o inverno e 1662,51 mm/ano na primavera. Observou-se também que a precipitação foi superestimada em ambos conjuntos de dados nas estações que mais choveram neste período, verão (2976,91 mm/ano) e outono (2904,86 mm/ano).

Tabela 2 – Comportamento da precipitação na região da Bacia Amazônica para o período de 1999-2008

	TRMM-MERRA (mm/ano)	MERRA (%)	TRMM-NCEP (mm/ano)	NCEP (%)
1999-2008	-24,14	-1,09	-106,55	-4,81
Verão	-78,87	-2,65	-316,62	-10,64
Outono	-122,86	-4,23	-517,69	-19,68
Inverno	26,51	2,02	327,53	24,90
Primavera	78,68	4,73	134,60	8,10

4- CONCLUSÕES

Considerando-se que nenhuma validação para estes dois conjuntos de dados de reanálises foi realizada até o momento para a América do Sul, podemos afirmar que trabalhos como este são de relevância para que em pesquisas ou projetos posteriores possam se ter idéia das incertezas e do comportamento da precipitação e qual deveria ser o conjunto de dados mais indicado a ser utilizado

Pode-se concluir que a boa correlação espacial observada, tanto com os dados MERRA quanto com os dados NCEP-CFSR, torna-os capazes de representar as principais características dos sistemas precipitantes sobre a AS, possuindo apenas dificuldades em quantificar corretamente os volumes de precipitação. Segundo Ruane e Roads (2007) as freqüentes diferenças nos valores de precipitação em alguns dados de reanálise estão diretamente relacionadas com a parametrização dos processos convectivos.

Através da diferença realizada entre estes dados de reanálises e os dados TRMM pode-se concluir que os melhores conjuntos de dados a serem utilizados, principalmente sobre a região da Bacia Amazônica e Bacia do Prata, são os dados NCEP-CFSR, pois a diferença encontrada foi muito pequena.

Interessante destacar que para a região da Bacia Amazônica, tanto os dados MERRA quanto os dados NCEP-GFSR, subestimaram a precipitação nas estações que apresentaram os menores índices pluviométricos (inverno e primavera), entre os anos de 1999 a 2008. Já nas estações que apresentaram os maiores índices pluviométricos (verão e outono) a precipitação foi superestimada pelos dois conjuntos de dados de reanálises. Para a região da Bacia do Prata a precipitação foi subestimada durante todas as estações do ano para ambos conjuntos de dados, porém durante o verão (inverno) os dados NCEP-GFSR (MERRA) subestimaram mais.

4- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOSILOVICH, M.G., CHEN, J., ROBERTSON, F.R., ADLER, R.F., Evaluation of Global Precipitation in Reanalyses, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 47, p. 2279-2299, Setembro, 2008.
- COSTA, M., FOLEY, J. Trends in the hydrologic cycle of the Amazon basin. *Journal of Geophysical Research*, 104:14189–14198, 1999.
- CURTIS, S., HASTENRATH, S. Trends of upper-air circulation and water vapor over equatorial South America and adjacent oceans. *International Journal of Climatology* 19:863–876, 1999.
- ELTAHIR, E. e BRAS, R., 1994, Precipitation recycling in the Amazon basin. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 120:861-880.
- KALNAY, E., and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437–471.
- LABRAGA, J. C., FRUMENTO, O., LOPEZ, M. The atmospheric water vapor in South America and the tropospheric circulation. *Journal of Climate*, 13:1899–1915, 2000.
- LEOPOLDO, P.L.: O Ciclo Hidrológico em bacias experimentais da Amazônia Central. P.87-117, 2000, in *Amazônia: Um ecossistema em transformação*. Eds. E. Salati, M.L.Absy, R.L. Victoria. INPA, Manaus, 2000.
- MARENGO, J. A., MILLER, J.A., RUSSELL, G., ROSENZWEIG, C., ABRAMOPOULOS., F. Calculations of river-runoff in the GISS GCM: impact of a new land surface parameterization and runoff routing on the hydrology of the Amazon River. *Climate Dynamics*. 10: 349-361, 1994.
- MARENGO, J. A.; SOARES, W.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the Low- Level Jet east of the Andes as derived from the NCEP/NCAR reanalyses: characteristics and temporal variability. *Journal of Climate*., v. 17, n. 12, p. 2261–2280, Jun. 2004.
- MARENGO, J. A., The characteristics and variability of rainfall across the Amazon basin: Spatial and temporal variability. *Climate Dynamics*, 24, 11-22, 2005.
- MATSUYAMA, H. The water budget in the Amazon river basin during the FGGE period. *J Meteorol Soc Jap* 70:1071–1083, 1992.

MOLION, L.C.B, A climatonic study of the energy and moisture fluxes of the Amazon basin with considerations of deforestation effects. PhD thesis, University of Wisconsin, 1975.

NASCIMENTO, M.G. Análise dos impactos dos Jatos de Baixos Níveis sobre a Bacia do Prata. Dissertação de Mestrado em Meteorologia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 216 pp, 2008.

RAO, V. B., CALVALCANTI, I. F. A., HADA, K. Annual variation of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America. *Journal of Geophysical Research*, v. 101, n. D21, p 26539-26551, Nov 1996.

RIENECKER, M. M., and Coauthors, 2007: The GEOS-5 Data Assimilation System—documentation of versions 5.0.1 and 5.1.0. NASA GSFC Tech. Rep. Series on Global Modeling and Data Assimilation NASA/TM-2007-104606, Vol. 27, 92 pp.

ROADS, J., KANAMITSU, M., STEWART, R. CSE water and energy budgets in the NCEP-DOE reanalyses. *Journal of Hydrometeorology*. 3:227–248, 2002.

RUANE, A. C., and J. O. ROADS, 2007: 6-hour to 1-year variance of five global precipitation sets. *Earth Interactions*, 11. [Available online at <http://EarthInteractions.org>.]

SALATI, E.. The forest and the hydrological cycle. In: *The Geophysiology of Amazonia*. John Wiley and Sons, New York, 273-296, 1987.

SALATI, E., MARQUES, J., *Climatology of the Amazon region*. Em: Sioli, H. (ed.), *The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*, Junk Publishers, 1984.

VOROSMARTY, C., WILLMOTT, C., CHOUDHURY, B., SCHLOSS, A., TEARNS, T., ROBERTSON, S., DORMAN, T. Analysing the discharge regime of a large tropical river trough remote sensing, ground climatic data, and modeling. *Water Resour Res* 32:3137– 3150, 1996.

ZENG, N. Seasonal cycle and interannual variability in the Amazon hydrologic cycle. *Journal of Geophysical Reserch*. 104:9097–9106, 1999.

Agradecimentos: Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP-Ref. Nº 2008/09969-6) na realização deste trabalho.