

## AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO SOBRE A AMÉRICA DO SUL

Wagner F. A. Lima<sup>1</sup>, Eder P. Vendrasco<sup>1</sup>; Daniel Vila<sup>1,2</sup>; Carlos F. Angelis<sup>1</sup>; John Janoviak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (CPTEC/INPE) – Rodovia Presidente Dutra, km 39 – Cachoeira Paulista – São Paulo – Brasil. Email: [wagner.flauber@cptec.inpe.br](mailto:wagner.flauber@cptec.inpe.br).

<sup>2</sup> CICS/ESSIC-NOAA, University of Maryland College Park – Computer & Space Building – MD 20742

**ABSTRACT** - This paper evaluates different methods for estimating rainfall over South America in Winter and Summer of 2009. The estimation methods analyzed in this study are: Hidroestimador, 3B42RT, MSPPS, CMORPH, MIRS and NOGAPS. The evaluation of the algorithms was performed by comparing them with rain gauges data. The analysis showed that 3B42RT and CMORPH methodologies got better performance than the others for the studied period. Another important observation was the deficiency in estimating precipitation in the Northeastern Brazil in Winter.

**Palavra-Chave:** Estimativa de Precipitação; Hidroestimador, 3B42RT, MSPPS, CMORPH

### 1. INTRODUÇÃO

Na escala global, a precipitação tropical tem um papel muito importante no balanço de energia e na circulação atmosférica global (Laurent et al., 1998). Contudo, a escassez de medidas de precipitação *in situ*, particularmente sobre corpos d'água, dificulta o estudo adequado do papel da precipitação nos vários ramos que ela atua em escala global e regional. As informações são disponíveis somente para algumas regiões limitadas fazendo combinação de rede de pluviômetros e radar. Para grandes áreas, contudo, a infra-estrutura necessária para obter medidas *in situ* seria inviável nos dias atuais, tanto por questões financeiras como logística. Portanto, dados de satélite é uma importante fonte de informação das nuvens e da precipitação (Todd e Bailey, 1995). Por outro lado, a acurácia das estimativas de precipitação por satélite para altas resoluções temporais e espaciais ainda é limitada (Barret e Beaumont, 1994).

Medidas contínuas, em alta resolução temporal, são possíveis somente a partir de instrumentos montados em plataformas geoestacionárias. Esta restrição limita a informação a duas bandas do espectro eletromagnético, aquelas provenientes do infravermelho (IR) e do visível (VIS). Porém, a falta de informação do VIS à noite geralmente restringe as técnicas de monitoramento de precipitação geoestacionária ao IR. Também existem estimativas de precipitação por microondas a partir de sensores em satélites de órbitas polares ou equatoriais, além de combinação entre as diferentes técnicas e pluviômetros. Diversos métodos de estimativas de precipitação por satélite têm sido desenvolvidos nos últimos anos, alguns baseados em IR, como o Hidroestimador (Vicente, 1998), outros em microondas como o MSPPS (Ferraro, 2005), alguns com combinações de IR, microondas e pluviômetros, como o CMORPH (Joyce et al., 2004) e o 3B42RT (Huffman et al., 2003), além de algoritmos como do MIRS (Boukabara et al., 2006) que utiliza parâmetros de microfísica obtidos por satélite para estimar a precipitação. A eficácia dessas técnicas pode variar de acordo com sua finalidade e com os tipos de precipitação e região de aplicação.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar diferentes métodos de estimativas de precipitação por satélite sobre a América do Sul (AS). Os métodos avaliados foram: Hidroestimador, 3B42RT, MSPPS, CMORPH, MIRS e o modelo atmosférico NOGAPS (Rosmond, 1992).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para análise deste trabalho, foram utilizados os totais diários de precipitação da rede de PCD's e a rede pluviométrica reportadas com regularidade pelo "Global Telecommunication System" (GTS), e a precipitação diária provenientes de seis modelos de estimativa de precipitação (Hidroestimador, 3B42RT, CMORPH, MSPPS, MIRS e NOGAPS), disponíveis no site do Climate Prediction Center (CPC - [www.cpc.noaa.gov](http://www.cpc.noaa.gov)), para o verão e inverno de 2009.

Os dados provenientes de pluviômetros espalhados sobre a América do Sul foram interpolados para uma grade  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  usando uma técnica objetiva descrita em Chen et al., (2008). Os dados de estimativas de precipitação foram calculados em uma grade de  $0,25^\circ$  de latitude e longitude sobre a AS, compatível com os dados observacionais.

A avaliação considerou as estações de inverno e verão de 2009/2010, sendo a primeira estação determinada pelos os meses de junho a agosto de 2009 e a segunda definida pelos os meses dezembro/2009 a fevereiro de 2010. A escolha desses dois períodos deve-se a grande diferença nos regimes de precipitação sobre a região estudada, na qual apresenta maiores índices pluviométricos no verão, e baixos índices pluviométricos no inverno.

A avaliação dos algoritmos consistiu em comparar as estimativas de precipitação com os dados medidos pelos pluviômetros, aplicando uma avaliação discreta, isto é, se existe ou não eventos de precipitação. A ocorrência de eventos de chuva em um determinado lugar e tempo segue um processo de Bernoulli e, conseqüentemente, a estimativa da acurácia dos eventos de chuva pode ser conduzida pela análise da tabela de contingência. Os parâmetros típicos para avaliar de forma discreta a estimativa de precipitação são: Probabilidade de Detecção (POD), Falso alarme (FAR) e a Correlação (COR). Supondo N o número total de casos e,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  definidos para dois conjuntos de dados A (método de estimativa de precipitação) e B (pluviômetro) como abaixo:

|     |                 |                           |
|-----|-----------------|---------------------------|
| $a$ | Acerto Positivo | Precipitação em A e B     |
| $b$ | Falso Alarme    | Precipitação somente em A |
| $c$ | Não Detectado   | Precipitação somente em B |
| $d$ | Acerto Negativo | Sem precipitação          |

Portanto, define-se:

$$POD = \frac{a}{a+c} \quad ; \quad FAR = \frac{b}{a+c} \quad ; \quad COR = \frac{\sum (A_i - \bar{A})(B_i - \bar{B})}{\sqrt{\sum (A_i - \bar{A})^2 \cdot \sum (B_i - \bar{B})^2}}$$

## 3. RESULTADOS

Observa-se na figura 1 a distribuição espacial e a variabilidade temporal da correlação entre os diferentes métodos de estimativa de precipitação e os dados pluviométricos. A variação temporal refere-se a variabilidade diária da média espacial da correlação. De forma geral, os modelos possuem um melhor desempenho no inverno, principalmente na região sul e sudeste do Brasil e Uruguai. Os maiores valores de correlações foram observados nos modelos 3B42RT e CMORPH, em ambas as estações, com valores próximos de 0,55 (inverno) e 0,60 (verão). No período do inverno, observa-se que os modelos com menores correlações são Hidroestimador, MIRS e o MSPPS, principalmente no nordeste do Brasil. Esses modelos são muito limitados quando se trata de precipitação estratiforme já que eles têm como principal característica estimar chuvas convectivas, por exemplo, o Hidroestimador

utiliza o valor de temperatura de brilho de 241K como limiar para identificação de precipitação, ou seja, calcula a precipitação apenas para nuvens convectivas (topos frios). Os outros dois modelos utilizam frequências em microondas, onde o princípio do método é a interação da radiação eletromagnética com a partícula por espalhamento, ou seja, calcula a precipitação para nuvens com gelo e gotas grandes. Por outro lado, no período do verão o Hidroestimador tem uma pequena melhora na região do Nordeste do Brasil, enquanto que nos demais a melhora é mais significativa. Este fato ocorre porque na região do Nordeste, o desenvolvimento vertical das nuvens não atinge valores muito altos, são chamadas de torres quentes, com isso precipitação que cai na base da nuvem não condiz com a temperatura de brilho do topo da nuvem, princípio usado pelo Hidroestimador.

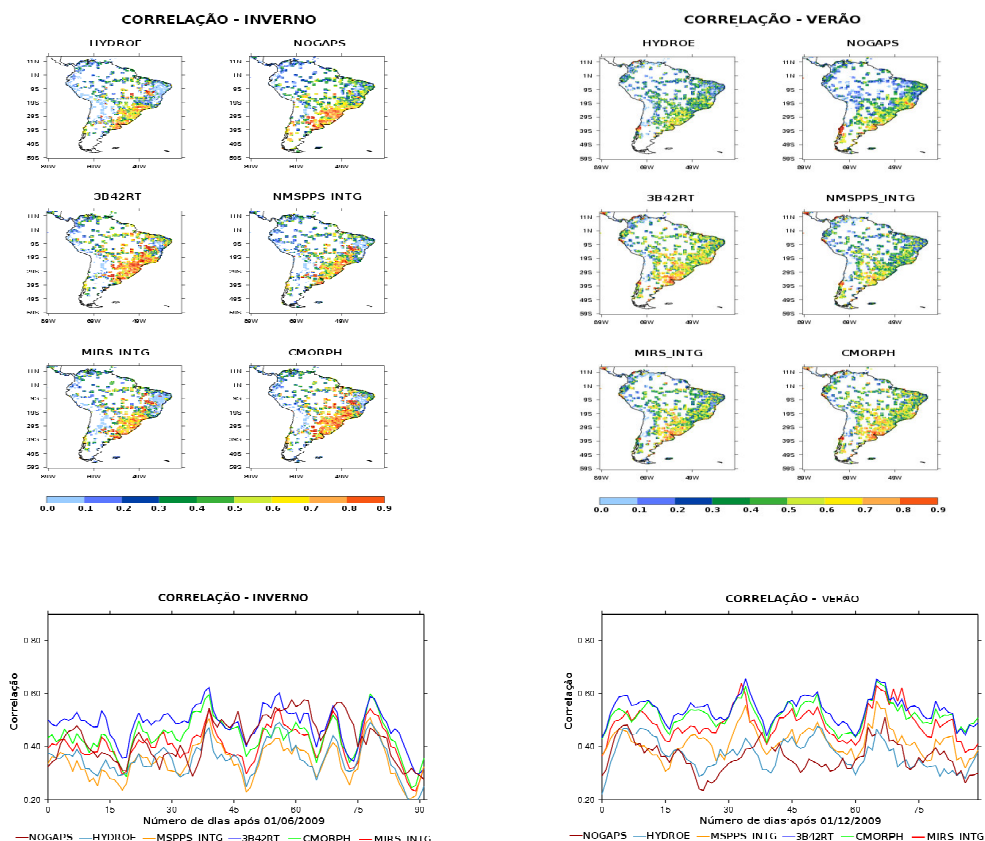


Figura 1 - Distribuição espacial e variabilidade temporal da correlação entre a precipitação observada e a estimada para o inverno e verão.

A distribuição espacial e a variabilidade temporal da POD são mostradas na figura 2 para o inverno e verão de 2009. Observa-se nesta figura que os maiores valores de POD ocorrem na estação de verão em todos os modelos. Os maiores valores são observados no modelo NOGAPS, com valores superiores a 80%, em ambas as estações. Os valores mais baixos de POD são observados na região nordeste do Brasil no período do inverno, para todos os modelos de estimativa precipitação por satélite, com exceção do NOGAPS. Isto é devido a maior ocorrência de chuvas estratiformes nesse período. O 3B42RT e CMORPH mostraram-se mais eficientes na detecção de precipitação entre os modelos de estimativa de precipitação por satélites. Por outro lado, o Hidroestimador apresentou maior deficiência.

A figura 3 mostra distribuição espacial e a variabilidade temporal do FAR para o inverno e verão de 2009. Os valores de FAR indicam que os modelos de precipitação por

satélite apresentam resultados semelhantes entre si e mais satisfatórios do que os modelos de previsão, em ambas as estações. No entanto, possuem uma grande deficiência na região nordeste do Brasil. Assim como foi verificado nos resultados anteriores. O modelo NOGAPS apresenta alto POD e alto FAR, esse fato indica que esse modelo superestima a precipitação, ou seja, os bons valores de POD, na verdade, apenas ocorrem porque o modelo está recorrentemente colocando mais precipitação do que realmente ocorre.

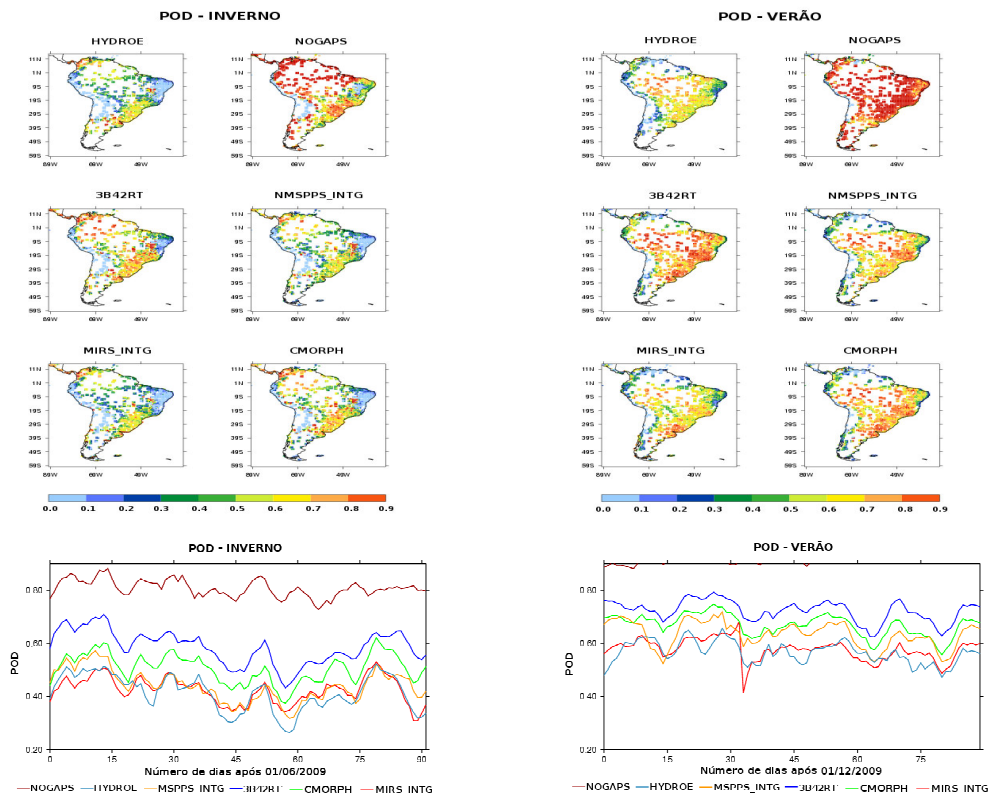
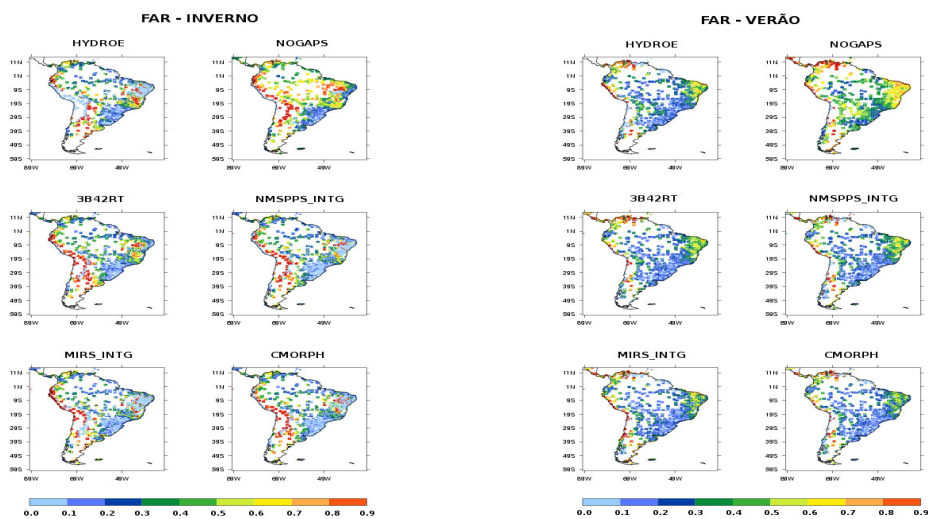


Figura 2 - Distribuição espacial e a variabilidade temporal da Probabilidade de detecção (POD) dos modelos de estimativa de precipitação.



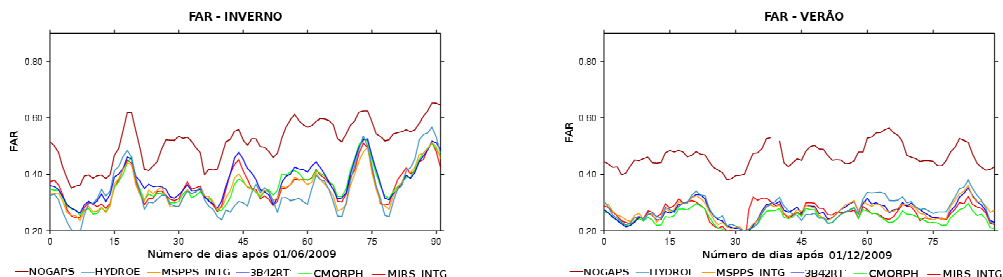


Figura 3 - Distribuição espacial e a variabilidade temporal do Falso Alarme (FAR) dos modelos de estimativa de precipitação.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos métodos de estimativa de precipitação Hidroestimador, 3B42RT, MSPPS, CMORPH, MIRS e NOGAPS sobre a América do Sul foi realizada para o inverno e verão de 2009. Os modelos 3B42RT e CMORPH mostraram-se mais eficiente do que os outros analisados, obtendo maiores POD e COR e menor FAR. Observou-se uma deficiência nas estimativas de precipitação por satélite na região do nordeste Brasil, principalmente no inverno. O NOGAPS, que é um modelo atmosférico, mostrou superestimar a ocorrência de precipitação, apresentando alto POD e FAR ao mesmo tempo.

Deste trabalho conclui-se que a estimativa de precipitação por satélite, apesar de extremamente importante dada a falta de informação de pluviômetros, ainda exige grande esforço para sua melhoria e, ao utilizar as informações já existente é de extrema importância conhecer bem o local a ser empregado o método de estimativa de precipitação para utilizar aquele que melhor se adapta à região de interesse.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrett, E. C.; Beaumont, M. J.: Satellite rainfall monitoring: an overview. *Rem. Sens. Rev.*, 11, pp. 23–48, 1994.
- Boukabara, S. A.; Weng, F., Ferraro, R., Zhao, L., Liu, Q., Yan, B., Yan, A., Li, W., Chen, N., Sun, H., Meng, T., Kleespies, C., Kongoli, Y., Han, P., Van Delst, J., Zhao and C. Dean. Presentation at the ITSC-15 conference in Maratea, Italy, on October 2006.
- Ferraro R., F. Weng, N. Grody, L. Zhao, H. Meng, C. Kongoli, P. Pellegrino, S. Qiu, C. Dean: NOAA Operational Hydrological Products Derived From the Advanced Microwave Sounding Unit. *IEEE, Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 43, 136-1049, 2005.
- Joyce J., Janoviak, P., Arkin, P., Xie: CMORPH: A Method that Produces Global Precipitation Estimates from Passive Microwave and Infrared Data at High Spatial and Temporal Resolution. *J. Hydrom.*, 5, 487–503, 2004.
- Huffman, G.J., R.F. Adler, E.F. Stocker, D.T. Bolvin, and E.J. Nelkin, 2003: Analysis of TRMM 3-Hourly Multi-Satellite Precipitation Estimates Computed in Both Real and Post-Real Time. Combined Preprints CD-ROM, 83rd AMS Annual Meeting, Poster P4.11 in: 12th Conf. on Sat. Meteor. and Oceanog., 9-13 February, Long Beach, CA, 6pp, 2003
- Laurent, H.; Jobard, I.; Toma, A.: Validation of satellite and ground-based estimates of precipitation over Sahel. *Atmos. Res.*, 47-48, 651-670, 1998.
- Todd, M. C.; Bailey, J. O.: Estimates of rainfall over the UK and surrounding seas from SSM/I using polarized corrected temperature algorithm. *J. Appl. Meteorol.*, 34, 1254-1265, 1995.
- Rosmond, T.: "The Design and Testing of NOGAPS". *Weather and Forecasting*, Vol. 7, No. 2, June, 1992.
- Vicente, G. A.: The operational GOES infrared rainfall estimation technique. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(9), 1883-1898, 1998.