

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO DO SATÉLITE TRMM PARA A BACIA DO RIO IPANEMA

*Rafael Silva Pereira de Santana*¹; *Wesley Matheus de Oliveira*²; *Cleber Henrique de Araújo Gama*³; *Daniele Feitoza Silva*⁴ & *Thiago Alberto da Silva Pereira*⁵

RESUMO – O fenômeno de precipitação é, de muitas maneiras, fundamental para sociedade humana. Dessa maneira, é muito importante conseguir mensurar a distribuição desses eventos no espaço e no tempo. Como solução para limitações das redes pluviométricas, em especial nas regiões com baixa densidade de pluviômetros, o uso de produtos de sensoriamento remoto via satélite vem sendo uma escolha frequente. O presente estudo tem por objetivo avaliar o desempenho do TRMM na região da Bacia do Ipanema, localizada nos estados de Alagoas e Pernambuco, tendo como referência os postos pluviométricos de Águas Belas, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema. Para tal, são analisados pluviogramas dos dados, parâmetros estatísticos de tendenciosidade e acurácia, e calculados os coeficientes de correlação de Pearson e eficiência de Nash-Sutcliffe. Os resultados mostram que o satélite tem a tendência de subestimar a precipitação na área de estudo.

ABSTRACT– Knowing the patterns of precipitation phenomenon is fundamental for the society. In this way, is very important to be able to measure the distribution of these events over space and time. As a solution for the limitations of the rain gauge networks, especially in regions with a low density of rain gauges, the use of products of remote sensing has been often selected. The present study aims to evaluate the TRMM performance on the Ipanema basin, located in the states of Alagoas and Pernambuco, taking as reference Águas Belas, Pão de Açúcar and Santana do Ipanemas pluviometric stations. We analyzed pluviographs, statistical parameters of bias and accuracy, and calculated the correlation coefficients of Pearson and efficiency of Nash-Sutcliffe. The results show that the satellite tends to underestimate precipitation in the study area.

Palavras-Chave –TRMM; sensoriamento remoto; estatísticas de desempenho

1) rafasantana05@gmail.com
2) wesleymatheus314@gmail.com
3) cleber.hag@gmail.com
4) pariconha@gmail.com
5) thiago_alb@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Dentro do ciclo hidrológico terrestre, o fenômeno de precipitação carrega especial importância. Estimativas precisas para a precipitação num determinado período e local têm o potencial para impactar, de forma mais que significativa, as sociedade e economia humanas desta região (SIMPSON, 1988). Contudo, dadas as dimensões do território brasileiro, nem sempre a densidade de medidores de chuva é suficiente para estima-las com precisão e representatividade espacial. No entanto, estimar, quantitativamente, a precipitação no tempo e no espaço se mostra uma tarefa de grande complexidade, sendo a irregularidade e imprevisibilidade desse fenômeno suas características mais marcantes, especialmente acentuadas em regiões tropicais e subtropicais (KUMMEROW *et al*, 2000). Por estar localizado dentro destas regiões, o Brasil é, intrinsecamente, um ambiente desafiador para se mensurar a chuva.

Existem diversos métodos para se quantizar o volume das precipitações. O mais comum é o uso de pluviômetros - aparelhos instalados à determinada altura da superfície do terreno que medem a quantidade de precipitação ocorrida nesse lugar dentro de um intervalo de tempo, fornecendo uma estimativa precisa, porém válida somente para uma pequena área (em média 25 km², de acordo com a Organização Mundial de Meteorologia). Também é possível o uso de sensores remotos, notoriamente, satélites de monitoramento climático, que fornecem estimativas para quantidade de precipitação em áreas (MENDELSON *et al*, 2007).

A região de interesse deste trabalho - a Bacia do Ipanema - apresenta uma rede pluviométrica insuficientemente densa, resultando em dados e estimativas de baixa qualidade para a distribuição tanto espacial quanto temporal da chuva (CHENG, 2008; MENDELSON *et al*, 2007). Em estudo realizado por Lima Sobrinho (2012), os dados da bacia demonstraram ser insuficientes para a definição dos valores de calibração para o modelo MGB-IPH, em que um dos motivos é a extensa área sem cobertura de postos pluviométricos, tornando-se bastante atrativo o uso do sensoriamento remoto como ferramenta para quantizar as precipitações na área.

Através da comparação das medições do satélite com as medições dos pluviômetros em solo, análises estatísticas de tendenciosidade e acurácia, e dos coeficientes de correlação de Pearson e eficiência de Nash-Sutcliffe, o presente estudo objetivou avaliar o desempenho do satélite TRMM em mensurar precipitações na região da Bacia do Ipanema.

METODOLOGIA

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Ipanema está inserida entre as coordenadas 8°18'04" e 9°52'24" de latitude sul, e 36°36'28" e 37°27'54" de longitude oeste. Possui nascente em território pernambucano, atravessa o estado de Alagoas e deságua na margem esquerda do rio São Francisco, compreendendo 34 municípios, sendo 18 no estado alagoano e 16 no estado pernambucano. Como características gerais, possui uma área de cerca de 7.845,1 km², sendo 6.174,3 km² em Pernambuco e 1.670,8 km² em Alagoas, apresentando uma extensão de 226 km (LIMA SOBRINHO, 2012).

Levantamento e preparo de dados do satélite

As imagens do satélite TRMM são disponibilizadas pelo banco de dados da NASA, em que foram selecionados os dados referentes ao produto 3b42 do satélite. Através das coordenadas geográficas de cada posto pluviométrico foi possível determinar qual pixel o posto está inserido, para os postos localizados próximo ao limite entre pixels foi analisado apenas o pixel o qual o mesmo está inserido, por simplicidade. Para a obtenção dos dados de precipitação, foi adaptado um algoritmo desenvolvido por Collischonn (2006), através do MATLAB, para extrair a estimativa da precipitação para a área desejada. Para o processamento dos dados foi elaborado um algoritmo através do software R, a fim de acumular a precipitação, disponibilizada a cada 3 horas, para nível mensal a cada ano em análise.

Levantamento de dados dos Pluviômetros

A seleção dos postos pluviométricos foi realizada a partir dos postos utilizados por Vieira (2016), em seu estudo acerca da Bacia do Ipanema. Dessa forma, foram selecionados os postos com disponibilidade temporal correspondente ao período dos dados de satélite. Os dados foram obtidos a partir do banco de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, disponíveis através do portal *hidroweb*. Portanto, extraiu-se os valores mensais de precipitação para o período de 1998 a 2018, referente a disponibilidade de dados do satélite TRMM.

Análise de desempenho

Para a comparação entre os dados de satélite e de pluviômetro, inicialmente foi realizada a análise visual dos dados, através da observação dos pluviogramas, que demonstram a tendência dos dados estimados em relação a variabilidade da chuva, assim como o desempenho do satélite para o

período em estudo. O segundo método para a análise dos dados foram os conceitos estatísticos de tendenciosidade e acurácia, e os coeficientes de correlação (Pearson) e eficiência de Nash-Sutcliffe.

A tendenciosidade pode ser representada pelo cálculo do erro médio, que segundo Walter e Moore (2005), indica se os valores estimados possuem a tendência em subestimar ou superestimar os dados reais, além de fornecer um valor médio para o erro no período em análise. A acurácia reflete a proximidade de uma grandeza estatística ao valor do parâmetro, ou valor verdadeiro, para o qual ela foi estimada, (Mikhail e Ackermann, 1976 apud Monico *et al*, 2009), e uma das formas de representar a acurácia é através da raiz quadrada do erro quadrático médio.

O coeficiente de correlação de Pearson expressa o grau e a direção dessa correlação, assumindo valores entre -1 e 1. Quando 0 significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra, e para os valores extremos significa a correlação perfeita negativa ou positiva entre as duas variáveis, respectivamente (Serrão *et al*, 2016). O coeficiente de Nash-Sutcliffe indica a eficiência nas previsões, e assume valores no intervalo de $-\infty$ a 1, dessa forma quanto mais próximo de 1 melhores serão as estimativas.

O erro médio e a raiz quadrada do erro quadrático médio podem ser obtidos através das equações 1 e 2, respectivamente:

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_j - A) \quad (1)$$

$$REQM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_j - A)^2} \quad (2)$$

Em que: A é o total dos valores observados, E_j é o valor da j-ésima estimativa e n o tamanho da série de dados.

O coeficiente de correlação de Pearson e o coeficiente de Nash-Sutcliffe são dados pelas equações 3 e 4, respectivamente:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

$$NS = 1 - \frac{\sum(y_i - x_i)^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Em que: x_i é o valor observado no instante i, y_i é o valor estimado no instante i, \bar{x} e \bar{y} são as média dos dados correspondente a cada amostra.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os postos selecionados para o estudo foram os de Águas Belas, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema. A fim de localizar os pixels em que os postos pluviométricos estão inseridos elaborou-se um mapa da área de estudo, conforme demonstrado na Figura 1.

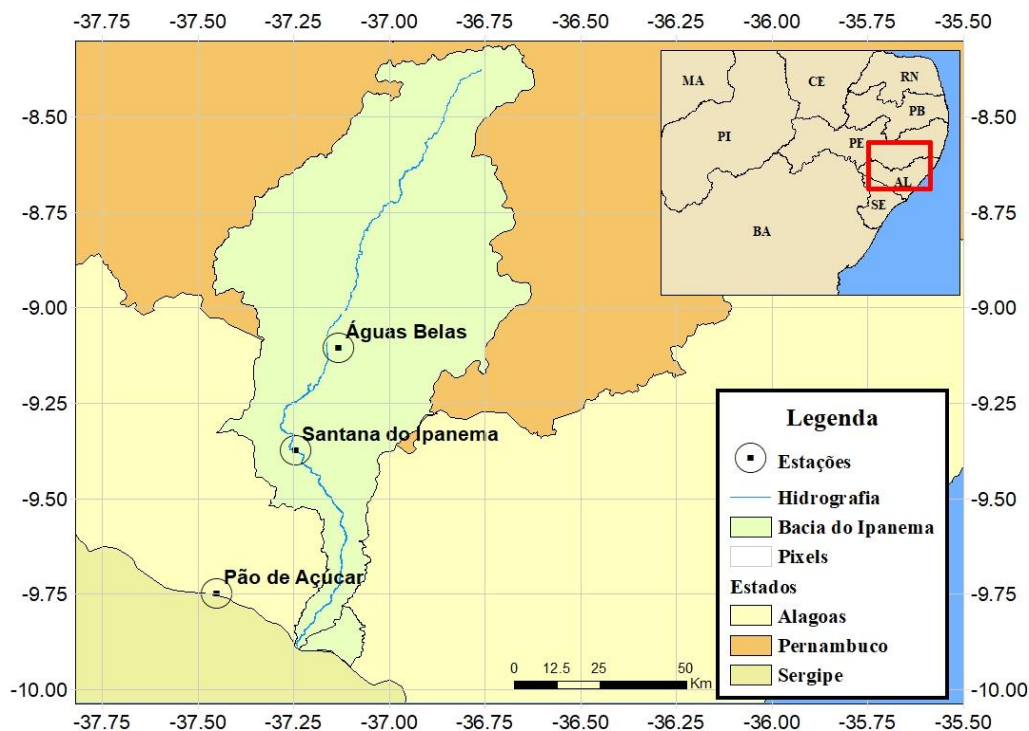


Figura 1 – Localização geográfica dos postos pluviométricos e dos pixels em análise

Dessa forma, as coordenadas geográficas dos postos e dos pixels utilizados para o estudo são apresentadas através do Quadro 1.

Quadro 1 – Coordenadas geográficas dos postos e pixels utilizados

Código	Nome do posto	Pluviômetro		Pixel	
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
937031	Águas Belas	-9,1056°	-37,1317°	-9° a -9,25°	-37° a -37,25°
937018	Pão de Açúcar	-9,7486°	-37,4497°	-9,5° a 9,75°	-37,25° a -37,5°
937032	Santana do Ipanema	-9,3728°	-37,2453°	-9,25° a -9,5°	-37° a -37,25°

Após extrair os dados de satélite, realizou-se a soma acumulada das precipitações mensais, para que então pudessem ser realizadas as comparações entre os dados estimados por sensoriamento remoto e obtidos por pluviômetros. As Figuras 2, 3 e 4 apresentam a variabilidade das precipitações, para o período de 1998 a 2018, dos postos pluviométricos e do satélite TRMM para as cidades de Águas Belas, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema, respectivamente.

O posto pluviométrico de Águas Belas apresentou falhas para os anos de 2006 e 2008, logo os dados de satélite para esses anos foram desconsiderados. Ao analisar a Figura 2, percebe-se que os dados estimados tendem a acompanhar o comportamento das precipitações observadas, com

tendência a subestimar os dados de superfície para a maior parte dos meses, já para os meses com maior índice pluviométrico o satélite demonstra uma tendência inversa, com uma superestimava mais elevada para o mês de janeiro de 2004, com a principal exceção para o mês de maio de 2009.

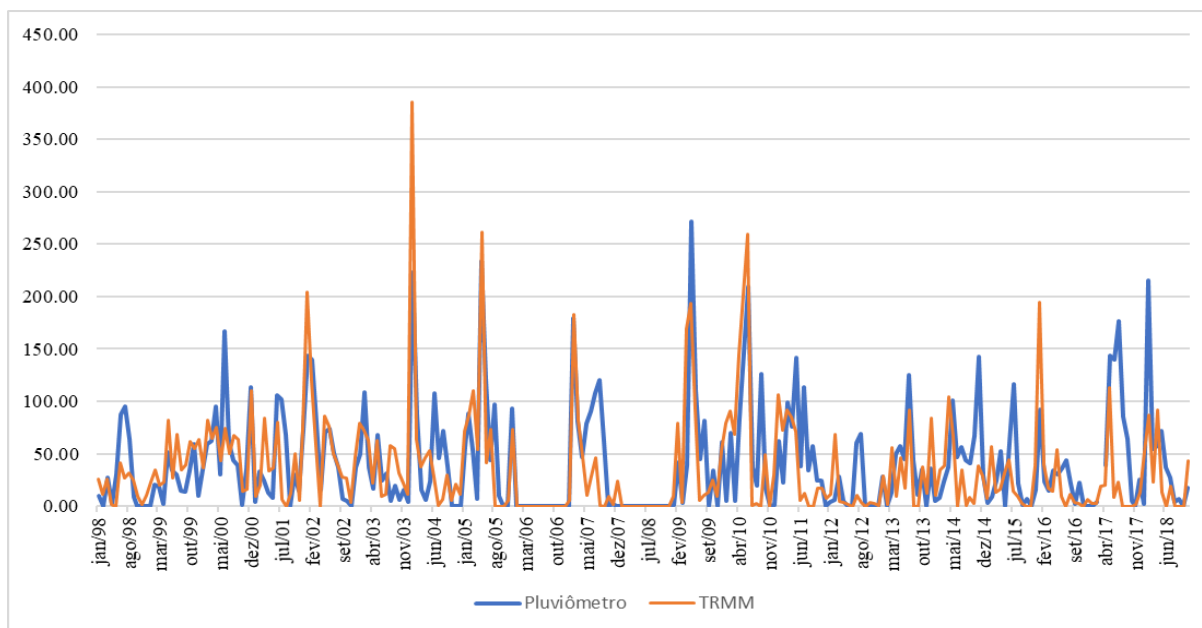


Figura 2 – Precipitação mensal para a cidade de Águas Belas-PE

Conforme apresentado na Figura 3, para a cidade de Pão de Açúcar o satélite também acompanhou a variabilidade pluviométrica apresentada pelos dados de superfície, com a mesma tendência em subestimar tais resultados. O período inicial de dados do TRMM apresenta as melhores estimativas, com baixos índices pluviométricos, demonstrando uma maior eficiência por parte do satélite para tal característica. Para o mês de janeiro de 2004, que apresenta um maior valor para a precipitação, o satélite subestimou os dados reais, diferentemente ao apresentado para Águas Belas.

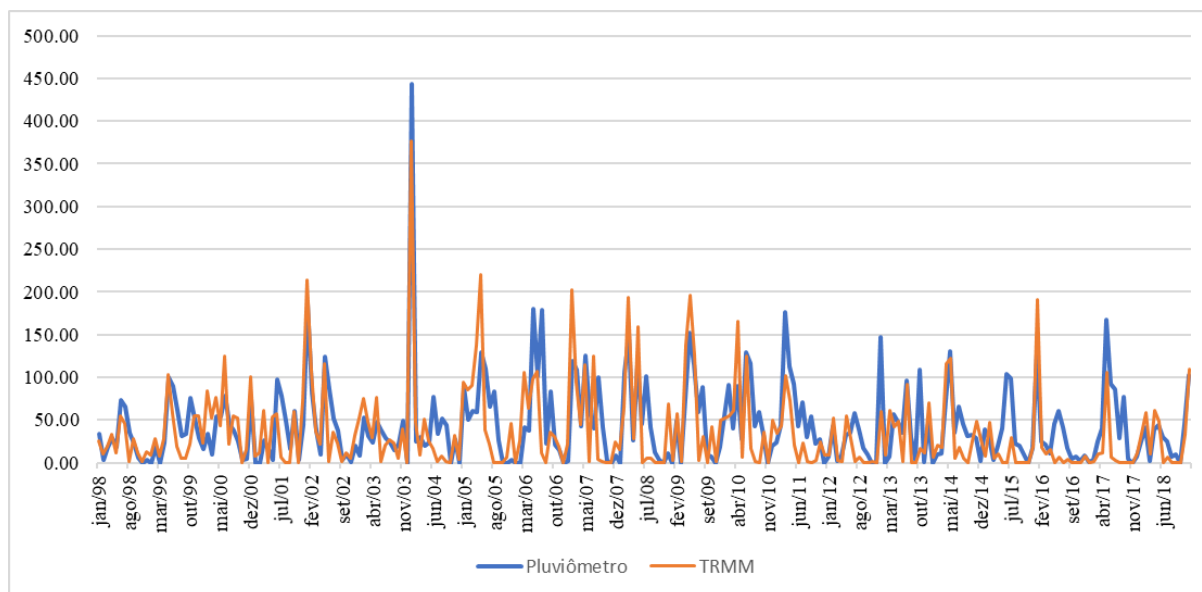


Figura 3 – Precipitação mensal para a cidade de Pão de Açúcar-AL

As estimativas para a cidade de Santana do Ipanema não demonstraram a mesma eficiência em acompanhar a variabilidade pluviométrica das cidades anteriores, como demonstrado na figura 4. De modo geral, as estimativas apresentaram a mesma tendência em subestimar os dados de pluviômetro, até mesmo para boa parte dos meses com maiores índices pluviométricos, tendo comportamento similar ao do posto de Águas Belas para o mês de janeiro de 2004 e maio de 2009, que apresentam os maiores valores de precipitação para os dados de satélite e pluviômetro, respectivamente.

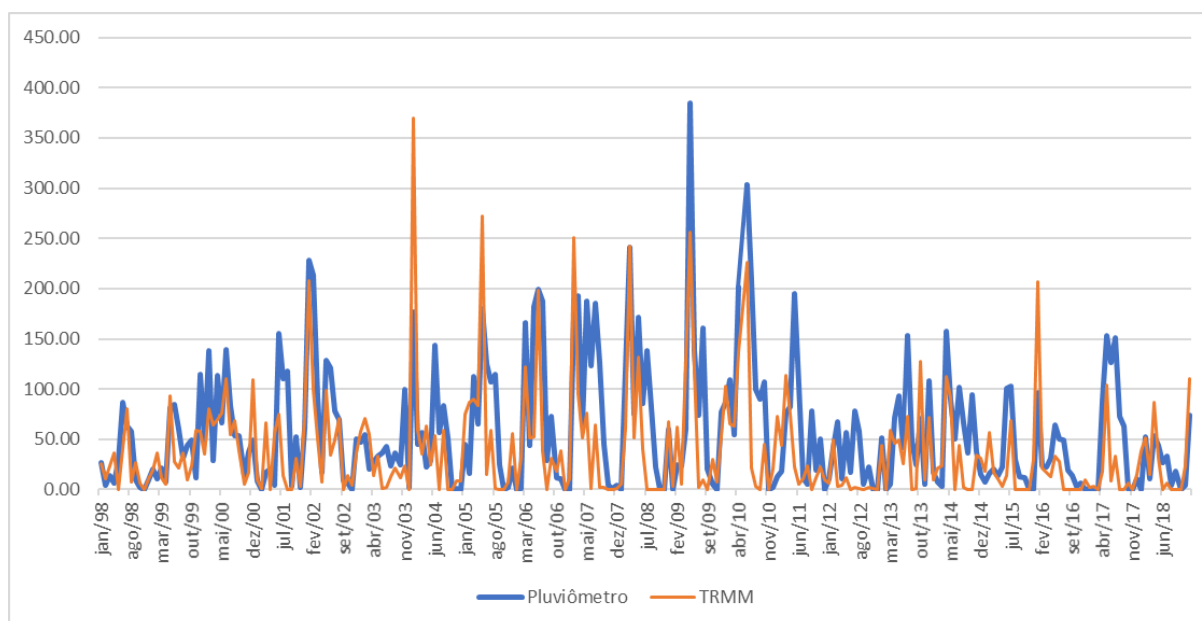


Figura 4 – Precipitação mensal para a cidade de Santana do Ipanema-AL

Anjos *et al.* (2016) realizaram um estudo acerca da precipitação estimada pelo satélite TRMM para a cidade de Petrolândia-PE, e encontraram tendência por parte do satélite de acompanhar a variabilidade da chuva durante o período de estudo, janeiro de 1998 a dezembro de 2010, conforme encontrado para as cidade de Águas Belas-PE e Pão de Açúcar-AL. Já em estudo realizado por Vasconcelos *et al.* (2014), para a bacia experimental do riacho Olho D'água situada no semiárido alagoano, o satélite apresentou uma tendência em superestimar dados mensais de superfície, diferentemente dos resultados obtidos para a bacia do rio Ipanema.

O Quadro 2 apresenta os resultados das análises estatísticas obtidos através do erro médio (EM) e da raiz quadrada do erro quadrático médio (REQM) e dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e de Nash-Sutcliffe (NS).

Quadro 2 – Coeficientes de desempenho das estimativas de satélite

Código	Nome do posto	EM	REQM	Pearson (r)	Nash (NS)
937031	Águas Belas	-5,427	42,963	0,629	0,255
937018	Pão de Açúcar	-7,754	37,231	0,721	0,432
937032	Santana do Ipanema	-19,060	51,710	0,655	0,049

Para todos os postos em análise, o valor negativo encontrado para o erro médio confirma a tendência do satélite em subestimar os dados de precipitação para a bacia do Ipanema. Estes resultados são similares aos encontrados para outras cidades da região do semiárido, por Santana *et al.* (2018) para a cidade de Delmiro Gouveia – Al e por Anjos *et al.* (2013) para a cidade de Caruaru – PE. Em ambos os estudos o satélite apresentou a mesma tendência em subestimar as precipitações mensuradas. Conforme apresentado por Rozante *et al.* (2010), que observou para o nordeste brasileiro tendências de subestimativas, que pôde ser atribuído a deficiência dos produtos do TRMM em estimar a precipitação oriunda de nuvens “quentes” que ocorrem na região.

Os resultados obtidos para a raiz do erro quadrático médio demonstram que, para a cidade de Pão de Açúcar, as estimativas apresentaram a menor magnitude dos erros e, conseqüentemente, foi a cidade para qual o satélite apresentou melhor desempenho, evidenciado pela melhor correlação de 0,721 e a eficiência de 0,432, entre os três postos analisados. Já para o posto de Santana do Ipanema, os resultados demonstram menor representatividade dos produtos de satélite, com uma alta tendência em subestimar os dados de pluviômetro; demonstrando coerência com o estudo realizado por Brito *et al.* (2011) para o ano de 2009, de subestimativa.

Segundo Collischonn (2006), o coeficiente de correlação pode ser considerado como razoável para um intervalo, de 0,44 a 0,78, dessa forma as correlações encontradas para o presente estudo também podem ser consideradas como razoáveis. Mas com relação ao coeficiente de Nash-Sutcliffe os valores encontrados são considerados como baixos, já que apresentaram resultados inferiores a 0,5.

CONCLUSÃO

Produtos de sensoriamento remoto, dentre eles a estimativa de precipitação, tem sido opção recorrente para suprir a deficiente cobertura dos postos pluviométricos no Brasil. Entretanto, é importante que se faça uma análise da representatividade e aplicabilidade desses produtos para determinada finalidade.

Neste trabalho, avaliou-se a aplicabilidade dos produtos do satélite TRMM a bacia do rio Ipanema. Os dados de satélite demonstraram uma tendência em subestimar os dados de precipitação para a bacia do rio Ipanema, que pode ser associado as características climáticas da região do semiárido, já que estudos sobre o desempenho do satélite para esta região apresentaram a mesma tendência. Este fato pode estar relacionado as precipitações com maior intensidade e curta duração, que possivelmente não são captadas pelo satélite devido a sua resolução temporal e espacial.

O satélite apresentou diferenças significativas em seu desempenho para cada posto em análise, as melhores estimativas ocorreram para o posto de Pão de Açúcar, que apresentou uma

considerável magnitude nos erros, cerca de 37 mm. Em contrapartida, através da análise visual dos dados pôde-se perceber que, a depender do período analisado, os dados de satélite melhoram significativamente suas leituras, acompanhando a variabilidade da chuva para dois postos analisados.

O número de postos pluviométricos com disponibilidade de dados para o período em análise, dificulta a análise de desempenho para a bacia, a qual o satélite pode apresentar melhor desempenho para outras regiões da mesma. Dessa forma, recomenda-se analisar os dados de forma espacial para a área em estudo, que conseqüentemente pode gerar melhores resultados do que apenas a análise pontual, a qual apresentou uma baixa eficiência, mas uma correlação considerada como razoável.

REFERÊNCIAS

a) Dissertações:

-COLLISCHONN, B. (2006). “*Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído*”. PPGRHSA/UFRGS, Porto Alegre-RS, 131 p.

-LIMA SOBRINHO, M. A. (2012). “*Avaliação dos efeitos da disponibilidade espacial e temporal dos dados hidrológicos sobre a calibração de um modelo distribuído na bacia do rio Ipanema*”. PPGRHS/UFAL, Maceio-AL.

b) Trabalho de Conclusão de Curso:

-VIEIRA, M. A. C. M. (2016). “*Análise da modelagem hidrológica do rio Ipanema com calibração manual do modelo SMAP*”. UFAL, Delmiro Gouveia-AL.

c) Artigo em Revista

-ANJOS, R.S.; CANDEIAS, A.L.B.; NÓBREGA, R.S. (2016). “*Caracterização das chuvas através do satélite TRMM em Petrolândia-PE*”. Revista Brasileira de Climatologia, v. 18.

-CHENG, Ke-Sheng; LIN, Yun-Ching; LIOU, Jun-Jih. (2008). “*Rain-gauge network evaluation and augmentation using geostatistics*”. Hydrological Processes: An International Journal, v. 22, n. 14, p. 2554-2564.

-KUMMEROW, Christian et al. (2000). “*The status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit*”. Journal of applied meteorology, v. 39, n. 12, p. 1965-1982.

-MENDELSON, R.; Kurukulasuriya, P.; Basist, A.; Kogan, F.; Williams, C. (2007). “*Climate analysis with satellite versus weather station data*”. Climatic Change, v. 81, n. 1, p. 71-83.

-MONICO, J.F.G.; DAL PÓZ, A.P.; GALO, M.; DOS SANTOS, M.C.; DE OLIVEIRA, L.C. (2009). “*Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada*”. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 15, n. 3.

-SERRÃO, E.A.O.; WANZELER, R.T.S.; SANTOS, C.A.; GONÇALVES, L.J.M; LIMA, A.M.M.; ROCHA, E.J.P. (2016). “*Avaliação estatística entre as estimativas de precipitação da constelação gpm com trmm: uma análise a bacia hidrográfica do rio Solimões*”. Revista brasileira de climatologia, v. 18.

-SIMPSON, J.; ADLER, R.F.; NORTH, G.R. (1988). “*A proposed tropical rainfall measuring mission (TRMM) satellite*”. Bulletin of the American meteorological Society, v. 69, n. 3, p. 278-295.

-SIMPSON, J.; KUMMEROW, C.; TAO, W.K.; ADLER, R.F. (1996). “*On the tropical rainfall measuring mission (TRMM)*”. Meteorology and Atmospheric physics, v. 60, n. 1-3, p. 19-36.

-WALTHER, Bruno A.; MOORE, Joslin L. (2005). “*The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance*”. Ecography, v. 28, n. 6, p. 815-829.

d) Artigo em anais de congresso ou simpósio

-ANJOS, R.S. NOBREGA, R.S. ARAUJO, F.E. SANTOS, P.F.C. (2013). “*Uso da estimativa de precipitação do TRMM para a cidade de CARUARU-PE*” in Anais do I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro, Campina Grande.

-BRITO, P.L.C.; ALVES, A.C.B; SOUZA, C.F. (2011). “*Precipitação Mensal E Anual Via Trmm No Semi-Árido Alagoano Em 2009*” in Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió.

-ROZANTE, J.R.; MOREIRA, D.S.; FERNADES, A.A.; VILLAS BOAS NETTO, S. (2010) “*Desempenho dos produtos de estimativa de precipitação do TRMM sobre a América do Sul*”. in Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém.

-SANTANA, R.S.P.; DAMASCENO, L.M.; ALVES, G.S.; PEREIRA, T.A.S. (2018) “*Análise comparativa entre dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM e dados observados em superfície em Delmiro Gouveia-AL*” in Anais do XIV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Maceió.

-VASCONCELLOS, S.F.; CUNHA, A.H.; MARQUES, L.A.; GAMA, C.H.A.; GOMES, M.G. (2014). “*Estimativa Pontual De Precipitação Via Satélite Trmm No Semi-Árido Alagoano*” in Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal.

e) Site

-AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, ANA.HidroWeb. “*Sistema de Informações Hidrológicas*”. 2005. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 10 março. 2019.

-NASA. Disponível em: <https://search.earthdata.nasa.gov/search?q=TRMM_3B42>. Acesso em 05 março. 2019.