

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS DE PRECIPITAÇÃO OBSERVADOS (SUPERFÍCIE) E ESTIMADOS PELO SATÉLITE TRMM EM ITAÍ-SP¹

Maria Carolina Melo Sciencia², Alexandre Ortega Gonçalves³,
Ricardo de O. Figueiredo⁴, Fabio Ricardo Marin⁵.

¹Projeto financiado com recursos do convênio Embrapa/Itaipu 02.12.12.004.00.00; ²Graduanda em Engenharia Agrônoma, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, maria.sciencia@usp.br; ³ Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, alexandre.ortega@embrapa.br;

⁴ Pesquisador DSc, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP; ⁵Professor Associado do Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, fabio.marin@usp.br.

RESUMO: O uso de dados de precipitação pluviométrica estimados por satélites espectrais tem contribuindo para ampliar a cobertura e suprir a falta de dados climatológicos medidos em terra. Assim se espera que na ausência de dados de estações ou postos pluviométricos em superfície, os dados de precipitação pluvial estimados pelo satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) possam ser utilizados. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise comparativa entre os valores medidos de precipitação pluvial em superfície e aqueles estimados pelo satélite TRMM para uma microbacia hidrográfica no município de Itaipu, região do Alto Paranapanema, nas escalas diária, pentadiária, semanal, decenal e mensal, entre setembro de 2015 e março de 2016. As análises mostram uma baixa eficiência da estimativa dos valores diários, pentadiários, semanais, decenais e mensal. Os resultados obtidos foram satisfatórios, mostrando que as estimativas de precipitação mediante a utilização do satélite TRMM podem ser uma fonte alternativa de dados quando não se dispõe de informações de estações de superfície.

PALAVRAS-CHAVE: Agrometeorologia, dados espectrais, Agritempo

RAINFALL DATA COMPARATIVE ANALYSIS: OBSERVED (SURFACE) AND ESTIMATED BY THE TRMM SATELLITE IN ITAÍ-SP

ABSTRACT: Rainfall data estimated by spectral satellites has contributed to increase surface meteorological data available. Thus, expected that in case of rainfall data or weather stations absence on the surface, the rainfall data estimated by the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM Satellite) can be used. The objective of this work was to perform a comparative analysis between surface rainfall measured and those estimated by the TRMM satellite for a catchment basin in Itaipu municipality, region also known as Alto Paranapanema, within five time-steps arrangements: daily, five days, weekly, decennial and monthly, September, 2015 to November, 2016. Data analyses show a low efficiency of estimation of daily values and satisfactory estimation on five days, weekly, decennial and monthly. The results were satisfactory, showing that rainfall

estimates using the TRMM satellite can be an alternative source of data when there is no information from surface stations.

KEYWORDS: Rainfall, spectral data.

INTRODUÇÃO

Dentre os elementos do clima, a precipitação pluvial é o que mais influencia a produtividade agrícola (ORTOLANI & CAMARGO, 1987), principalmente nas regiões tropicais, onde o regime de chuvas é caracterizado por eventos de curta duração e alta intensidade (SANTANA *et al.* 2007).

Nos últimos anos têm se observado considerável crescimento na utilização de sensoriamento remoto para estimativa de precipitação pluvial, ampliando assim a quantidade de dados disponíveis para uma determinada região. (SILVA *et al.*, 2013).

O satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), está em órbita terrestre desde novembro de 1997, em uma parceria entre a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e a JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*), com objetivo específico de monitorar e estudar a precipitação nas áreas tropicais (COLLISCHONN *et al.*, 2007, SILVA, 2013).

De acordo com dados do IBGE, em 2015, os municípios de Itai e Paranapanema, se somado as produções, respondiam como 3º maior produtor de grãos do Estado de São Paulo e de acordo com Laudau *et al.* (2014), Itai é o município com maior área ocupada por pivô centrais, com cerca de 13.840 ha.

Estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas devem levar em consideração as restrições relacionadas com a disponibilidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas, considerando o manejo integrado das bacias hidrográficas de interesse.

Vários estudos foram realizados nas últimas duas décadas com os dados oriundos do satélite TRMM, como: Short *et al.* (2000); Cage *et al.* (2002); Lyu *et al.* (2003); Collischonn *et al.* (2006), Collischonn (2001, 2006); Fisch *et al.* (2007); Nobrega (2008); Dubreuil *et al.* (2007); Garcia *et al.* (2009); Leivas *et al.* (2009) e Bardin *et al.* (2010) e Silva *et al.* (2013).

Porém os dados estimados devem ser confrontados com valores observados. Vários índices podem ser utilizados para auxiliar a interpretação dos resultados e descrever quantitativamente a precisão dos resultados, como o coeficiente de eficiência de Nash e Sutcliffe (NASH & SUTCLIFFE, 1970 citado por KRAUSE *et al.*, 2005), Willmot (WILLMOTT, 1985) e a raiz do erro médio quadrático (RMSE).

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo encontra-se a sudoeste do estado de São Paulo entre os quadrantes de coordenadas geográficas -23,246 a -23,703 de latitude e -49,224 a -48.825 de longitude (Figura 1).



"A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala"

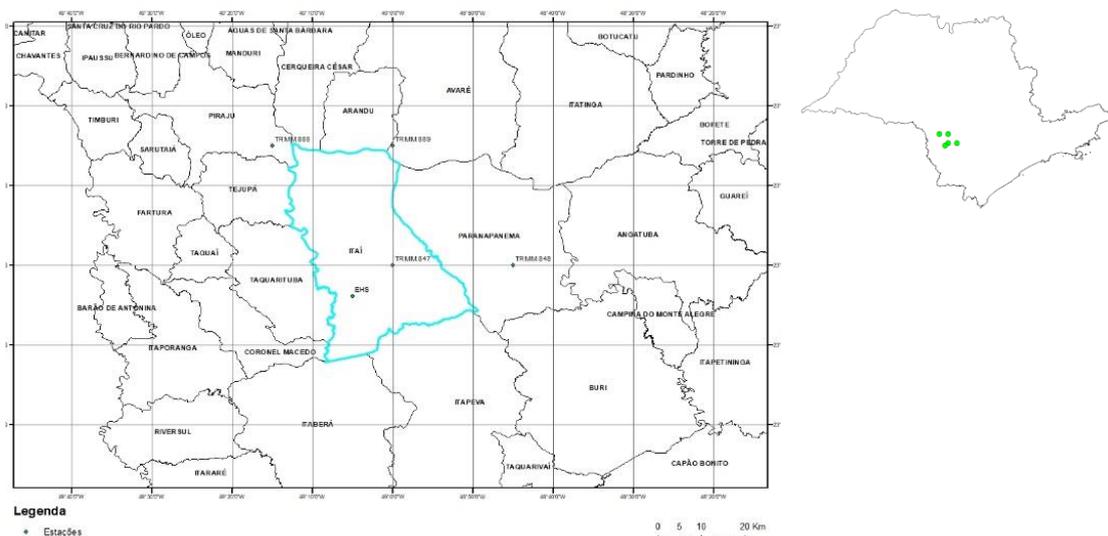


Figura 1: Localização da área de estudo.

No município de Itaipava, o clima, segundo a classificação Köppen, é considerado como tipo Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno. É caracterizado por apresentar temperatura média anual de 20,9°C, oscilando entre mínima média de 14,7°C e máxima média de 27,2°C. A precipitação média anual é de 1.346,2 mm. (SÃO PAULO, 2014)

Os dados referentes à precipitação pluvial foram obtidos pelo sensor PR (radar de precipitação) do satélite TRMM, e também por meio de estação de monitoramento ambiental baseada em sistema de aquisição de dados modelo CR1000 (Campbell Scientific Inc) e pluviômetro para chuvas de alta intensidade modelo TB4 (Hydrological Services) com resolução de 0,25 mm que servem ao projeto “Aprimoramento de Processos para a Qualificação do Manejo de Terras no Centro-Sul do Brasil – Rede Solo Vivo” instalada nas seguintes coordenadas geográficas -23,564671° de latitude e -49,083073° de longitude.

Os dados em superfície eram medidos no intervalo de 5 minutos e após a coleta foram agrupados em somatórios diários, pentadiários (intervalo de 5 dias), semanais, decendiais e mensais.

Os dados de precipitação pluvial para o município de Itaipava pelo TRMM, foram obtidos no sistema Agritempo (AGRITEMPO, 2017), conforma Tabela 1.

Tabela 1. Localização e distribuição das estações utilizadas no estudo.

	COD					ALT.
ESTACÃO	ESTACÃO	MUNIC.	COD_MUN	LAT*.	LONG*.	(m)
TRMM.889	9007253	Itaipava	3521804	-23,25	-49,00	563
TRMM.888	9002117	Itaipava	3521804	-23,25	-49,25	558
TRMM.847	9001856	Itaipava	3521804	-23,50	-49,00	752
EHS		Itaipava		-23,56467	-49,08307	624

*Em graus decimais.

“A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”

Nas análises comparativas foram utilizados os dados da estação TRMM mais próxima ao ponto de monitoramento em superfície - que foi a TRMM.847, distantes 11 quilômetros entre si, para o período compreendido entre setembro de 2015 e novembro de 2016.

Por meio de análise de regressão linear avaliou-se a correlação entre os dados estimados pelo satélite TRMM com dados observados na estação em superfície (EHS_1), e também foram utilizados os indicadores estatísticos: coeficiente de determinação (r^2), que indica o quanto da variável dependente foi explicado pela variável independente, o índice de concordância “d” (WILLMOTT *et al.*, 1985), para avaliar o ajuste do modelo em relação aos dados observados, a raiz do erro quadrático médio (RMSE) e o índice de Nash e Sutcliffe (NS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras de 2 a 5 é possível observar a variação dos valores acumulados de precipitação pluvial nas periodicidades pentadiária, semanal, decendial e mensal.

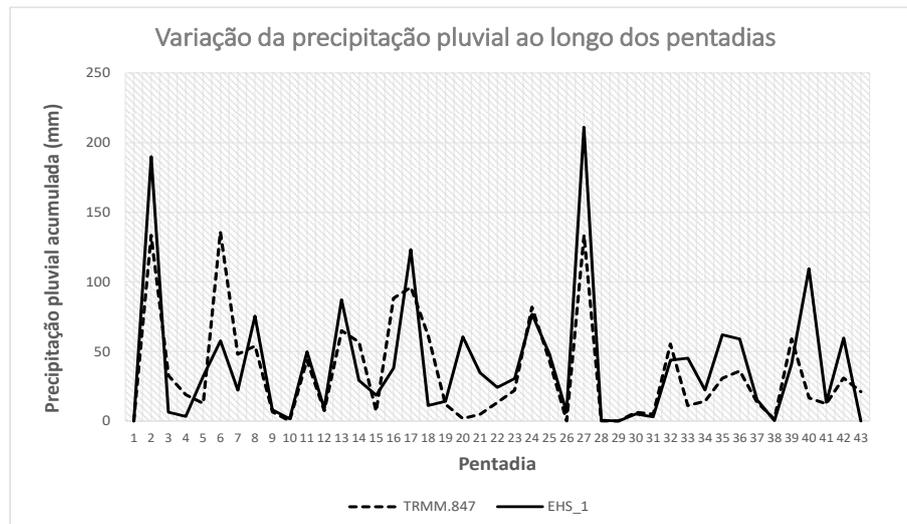


Figura 2. Variação pentadiária da precipitação pluvial medida em superfície e estimada pelo satélite TRMM.

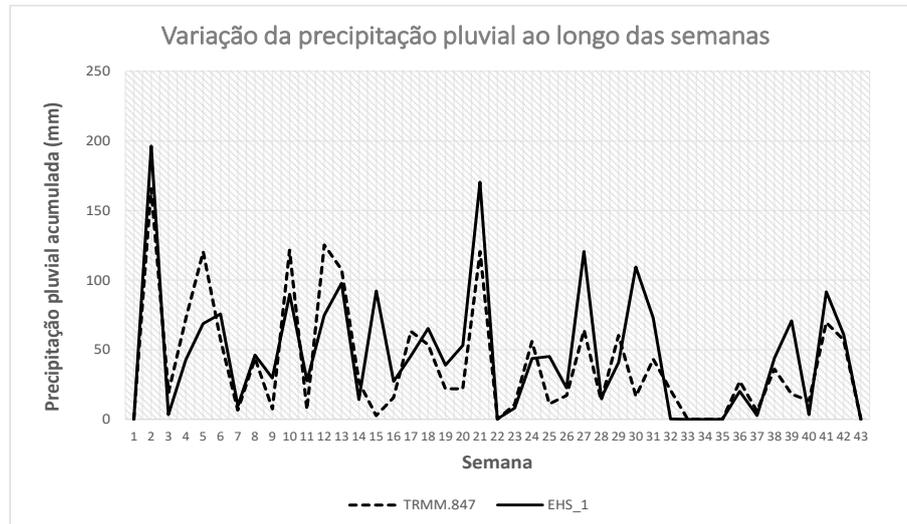


Figura 3. Variação semanal da precipitação pluvial medida em superfície e estimada pelo satélite TRMM.

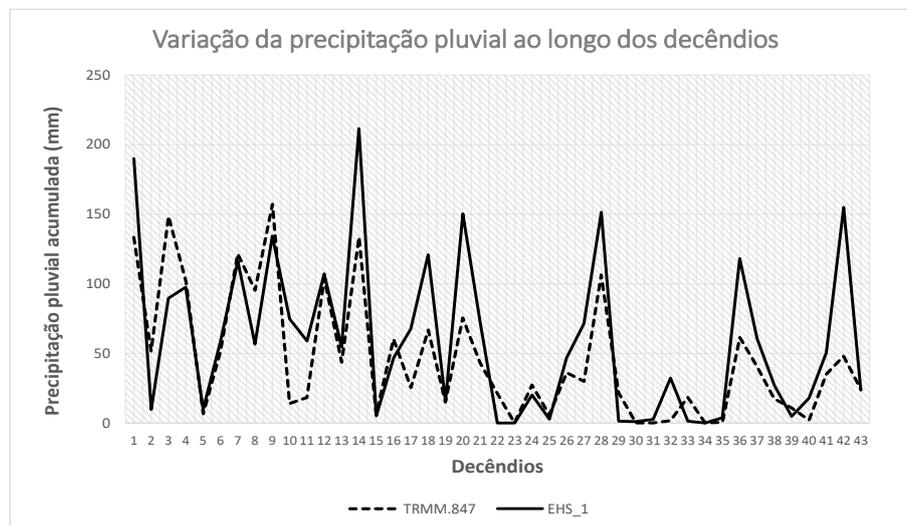


Figura 4. Variação decendial da precipitação pluvial medida em superfície e estimada pelo satélite TRMM.

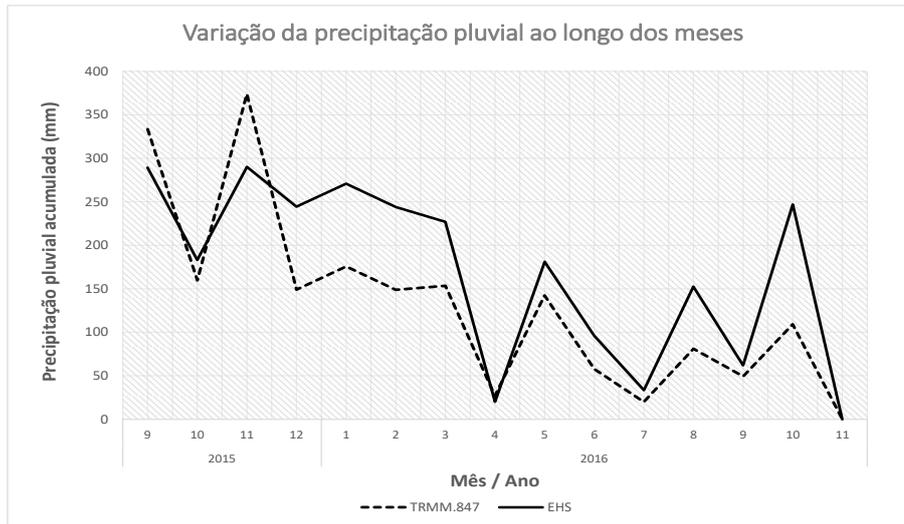


Figura 5. Variação mensal da precipitação pluvial medida em superfície e estimada pelo satélite TRMM.

Se observa graficamente comportamentos similares entre as variações dos dados medidos em superfície e aqueles estimados pelo satélite TRMM.

Observa-se, ainda, que o dado de precipitação estimado pelo TRMM tem boa acurácia em relação ao dado medido, apesar de ser evidenciado alguns picos, onde satélite superestimou e outros onde foi observado subestimativa.

Tal comportamento também foi evidenciado por Leiva *et al.* (2009). Os autores explicam que essa diferença entre as curvas pode ser devida à variabilidade espacial das chuvas e/ou erros instrumentais ou ainda podem ser inerentes da resolução do dado (0,25°).

Ali *et al.* (2003) constataram que medidas pontuais da Amazônia podem provocar incertezas quando extrapoladas para valores de área, devido à variabilidade espacial inerente de chuvas convectivas.

Porém ao se analisar a relação entre os dados (Figura 6) é possível verificar que se distanciam muito da linha 1:1, o que mostra uma correlação não muito satisfatória entre eles.

"A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala"

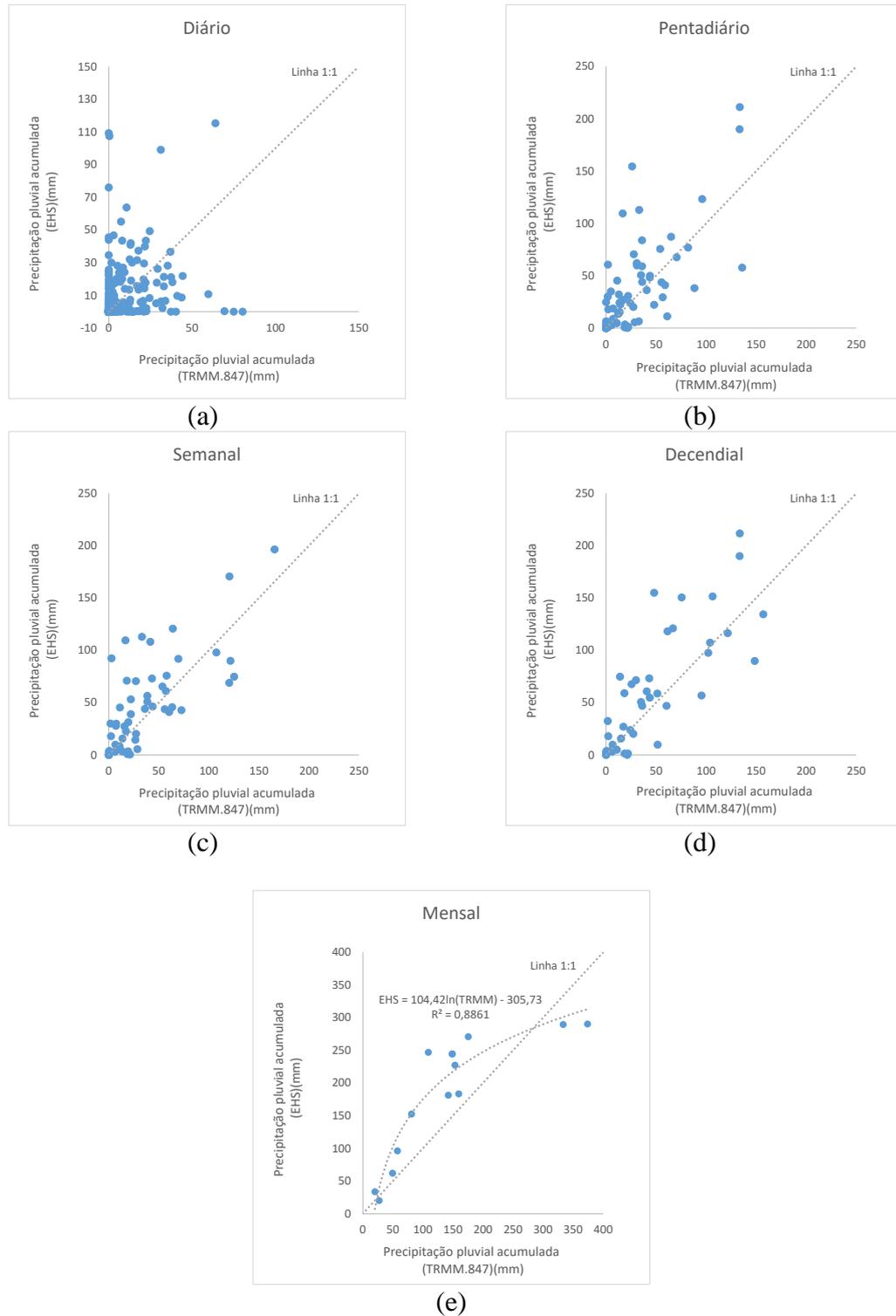


Figura 6. Correlação entre os dados medidos em superfície e os dados estimados pelo satélite TRMM nas escalas diária (a), pentadiária (b), semanal (c), decendial (d) e mensal (e).

Verificando as figuras é possível notar que o satélite tendeu a subestimar chuvas de grande intensidade medidas em superfície ao passo que superestimou os valores quando chuvas de baixa intensidade foram registradas em superfície, em especial se tratando de dados diários. Desta maneira isto acabou por impactar os resultados dos índices de desempenho em geral.

Não se esperavam variações desta magnitude no modelo para os dados diários, visto que a estação em superfície dista apenas 11 quilômetros do ponto estimado pelo TRMM.

Como ilustração tomemos como base o mês de janeiro de 2016, onde em um único dia houve precipitação pluvial de quase 100 mm.

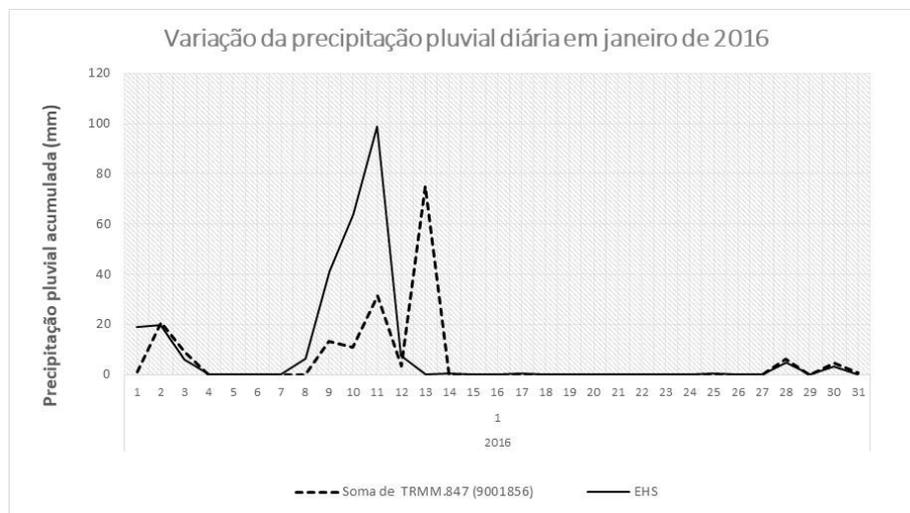


Figura 7. Precipitação pluvial observada em superfície e estimada pelo satélite TRMM no mês de janeiro de 2016.

Nesta ocasião, tomando como base o ocorrido no dia 11/01, o dado do satélite TRMM subestimou o valor e no dia 13 o superestimou (quando a estação em superfície registrou 0 mm). Estas variações são diluídas quando se utiliza os dados mensais gerados a partir do satélite e impacta negativamente o desempenho dos dados diários.

Em outros períodos tal comportamento também se repetiu, sempre quando houve ocorrência de chuvas intensas, conforme mostra a Tabela 3.

“A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”

Tabela 2. Registros de chuvas com intensidade superior a 40 mm.dia⁻¹ registrados na EHS_1 em comparação com os dados estimados pelo satélite TRMM.

DATA	TRMM.847 (9001856)	EHS_1
08/09/2015	63,96	115,3
10/09/2015	0,0	43,9
09/10/2015	24,6	49,3
09/12/2015	0,0	45,5
09/01/2016	13,08	40,9
10/01/2016	10,74	63,8
11/01/2016	31,23	99,1
10/02/2016	0,0	45,0
21/02/2016	7,38	55,1
15/03/2016	0,0	109,2
25/03/2016	8,07	43,4
06/06/2016	13,2	41,9
20/08/2016	0,0	75,9
13/10/2016	22,26	43,4
20/10/2016	0,42	107,4
24/10/2016	2,97	46,7

E da mesma maneira houveram situações em que o satélite TRMM estimara chuvas com intensidade superior a 40 mm.dia⁻¹ enquanto que a estação em superfície pouco ou nada registrara (Tabela 2).

Tabela 3. Registros de chuvas com intensidade superior a 40 mm.dia⁻¹ estimados pelo satélite TRMM em comparação com os dados registrados na EHS_1.

DATA	TRMM.847 (9001856)	EHS_1
08/09/2015	63,96	115,3
09/09/2015	69,48	0,3
26/09/2015	59,76	10,7
03/10/2015	44,31	21,8
15/11/2015	80,28	0,0
26/12/2015	41,16	9,7
13/01/2016	75	0,0
06/02/2016	40,32	0,0
31/05/2016	43,8	8,6

Na Tabela 3, são mostrados, resumidamente, de forma quantitativa as relações entre os dados observados e os estimados para o município estudado. Foram observados valores de “d”, “NS”, “r”, “R²” e “RMSE”, no período de outubro de 2015 a novembro de 2016.

Tabela 4. Índices de desempenho de modelos.

Índices	Diário	Pentadiário	Semanal	Decencial	Mensal
d	0,530	0,823	0,858	0,868	0,869
NS	-0,110	0,513	0,534	0,598	0,400
r	0,311	0,733	0,765	0,807	0,820
r²*	0,096	0,537	0,585	0,651	0,672
RMSE	15,46	29,24	29,76	35,83	70,52

Os melhores índices de desempenho de modelo “d” e “NS” para a microbacia em estudo, foram obtidos quando se utilizou a periodicidade decencial. Já os menores foram obtidos para a periodicidade diária.

Fato interessante ocorreu da relação entre dado medido em superfície e por satélite quando se utilizou a periodicidade mensal. Se notou que o melhor ajuste da “reta” de regressão se deu ao utilizar uma relação logarítmica entre eles (Figura 6e). Ao passo que do ajuste linear resultou um r^2 de 0,67, quando logarítmico o valor subiu para 0,88.

Silva *et al.* (2013), ao estudar a relação entre os dados medidos e estimados pelo TRMM, na região de Cândido Mota, obtiveram bons resultados utilizando o índice “d” que variaram entre 0,80 e 0,92, demonstrando ótimo desempenho dos dados analisados.

Nóbrega (2008) ao utilizar-se de dados estimados do satélite TRMM, em uma Sub-Bacia no Amazonas, obteve bons resultados entre os dados de precipitação observados e do TRMM.

De acordo com Collischonn (2001) o valor de NS pode variar de negativo infinito até 1, o ajuste perfeito; adequado, se superior a 0,75; e aceitável, se entre 0,36 e 0,75. No caso em estudo se mostrou aceitável na maioria das periodicidades e sem ajuste na periodicidade diária.

Barrera (2005), afirma que em função de ser o satélite melhor equipado em termos de instrumentos para estimativa de precipitação, o satélite TRMM fornece estimativas mais precisas do que as técnicas indiretas, baseadas em imagens de outros satélites. As estimativas de precipitação oriundas do TRMM são consistentes, mostrando boa acurácia com o regime pluviométrico registrados em superfície, podendo afirmar que dados de satélite são uma alternativa para obtenção de dados de superfície (LEIVAS *et al.*, 2009).

CONCLUSÕES

O satélite TRMM estimou de forma satisfatória a precipitação pluvial em relação aos dados registrados pela estação em superfície, apresentando valores de índice “d” de Wilmott variando de 0,53 a 0,87;

Os valores de r^2 obtidos ficaram entre 0,53 e 0,67, com exceção da periodicidade diária cujo valor de r^2 foi de 0,096;

O melhor valor do índice de desempenho de Nash e Sutcliffe foi obtido com a periodicidade decencial, assim como aconteceu com o índice “d”.

A tendência observada foi de que a partir da periodicidade decencial os dados do satélite TRMM foram sempre subestimados.

“A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”

Os dados diários de precipitação pluvial obtidos pelo satélite TRMM não se correlacionaram com os dados medidos em superfície e seu uso deve ser visto com cautela, ao menos para a área em estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao proprietário e funcionários da Fazenda Restinga Grossa, no município de Itaipava, pelo apoio logístico na condução dos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO. **Pesquisa de Dados meteorológicos para o Estado de SP.** Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=SP>>. Acesso em: 3 mar. 2017.

ALI, A.; LEBEL, T., AMANI, A. Invariance in the spatial structure structure of Sahelian rainfields at climatological scales. **Journal of Hydrometeorology**, v. 4, n.6, p.996-1011, 2003.

BARDIN, L.; CAMARGO, M.B.P.; BLAIN, G.C.; SILVA, D. F. Comparação entre dados de precipitação pluvial observados em estações meteorológicas e estimados pelo satélite TRMM para a região cafeeira da mogiana, São Paulo, Brasil. In: XIII REUNIÓN ARGENTINA Y VI LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGÍA, 2010, **Resumos...** Bahia Blanca, Argentina: 2010. p.144 -145.

BARRERA, D.F. Precipitation estimation with the hydro-estimador technique: its validation against raingage observations., **Resumo Anais...** In: CONGRESSO DA IAHS, 7. 2005, Foz do Iguaçu.

CAGE ,K.S., WILLIAMS, C.R.; CLARK, W.L.; JOHNSTON, P.E.; CARTER, D.A.; Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) ground validation field campaigns, **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v.19, p.843-863, 2002.

COLLISHCHONN, B. **Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído.** Dissertação de mestrado, IPH-UFRGS, Porto Alegre, 2006.

COLLISHONN, B.; COLLISHONN, W; TUCCI, C. Análise do campo de precipitação gerado pelo satélite TRMM sobre a bacia do São Francisco até Três Marias. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul, 1., 2006, Curitiba, **Anais...** CD-ROM

COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, Porto Alegre, v.59, n.1, p.93-99, 2007.

“A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”

COLLISCHONN, W. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 194p. (Tese de Doutorado)

DUBREUIL, V.; ARVOR, D.; NÉDÉLEC, V.; MAITELLI, G.T. Comparação entre os dados de TRMM, GOES e SPOT-VGT para a estimativa das chuvas em Mato Grosso. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis. **Resumos...** São José dos Campos: INPE, 2007. p.3849-3851.

FISCH, G.; VENDRAME, I.F.; HANOOKA, P.C.DE M. Variabilidade especial da chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia. **Acta Amazônia**, v. 37, n.4, p. 583-590, 2007.

GARCIA,S.R.; KAYANO, M.T. Início e fim da estação chuvosa na Bacia Amazônica Central: monitoramento com dados de precipitação estimada pelo satélite TRMM. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 2009, Canela. **Resumos...** Canela: 2009. p.18-21.

KRAUSE, P., BOYLE, D. P., BÄSE, F.: **Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment**, Adv. Geosci., 5, 2005. Disponível em: <<http://www.adv-geosci.net/5/89/2005/adgeo-5-89-2005.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P.; LINS, P. A. de A.; SOUZA, D. L. de **Concentração de áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de São Paulo - Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 37 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 100).

LEIVAS, J.F.; RIBEIRO, G.G.; SOUZA, M.B.; FILHO, J.R. Análise comparativa entre os dados de precipitação estimados via satélite TRMM e dados observados de superfície em Manaus. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal. **Resumos...** São José dos Campos: INPE, 2009. p.1611-1616.

LYU, C.H.; BARNES, W.L. Four years of TRMM/ VIRS on-orbit calibrations and characterization using lunar models and data from Terra/ MODIS. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v.20, p.333, 2003.

NÓBREGA, S.N. **Modelagem de impactos do desmatamento nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Jamari (RO) utilizando dados de superfície e TRMM**. 2008. 186f. Tese (Doutorado em Meteorologia), Universidade Federal de Campinas Grande – UFCG. Campinas Grande, PB.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. Influência dos fatores climáticos na produção. **Ecofisiologia da Produção Agrícola. Piracicaba**: Potafos, 249 p., 1987.

“A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”

SANTANA, M.O., SEDIYAMA, G.C., RIBEIRO, A., SILVA, D. D. da. Caracterização da estação chuvosa para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.15, n.1, p.114-120, 2007.

SÃO PAULO. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico do Município Itai**. 2014. Disponível em: < <http://saneamento.sp.gov.br/PMS/UGRHI%2014/Itai.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

SHORT, D.A.; NAKAMURA, K. TRMM radar observations of shallow precipitation over the tropical oceans. **American Meteorological Society, Journal Climate**, v.13, p.4107–4124. 2000.

SILVA, D.F, PANTANO A.P, CAMARGO M.B.P. **Análise de dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o vale do médio Paranapanema-SP**. *Revista Engenharia na Agricultura* 2013; 21(2): 138-147.

WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geography Research**, v.90, n.5, p.8995-9005, 1985.