

# Validação das estimativas de precipitação do satélite TRMM no Estado de Mato Grosso, Brasil

## Validation of the monitors of the TRMM soil satellite in the State of Mato Grosso, Brazil

Dhonatan Diego Pessi<sup>1\*</sup>, Carolina Silva Alves dos Santos<sup>2</sup>, Julio José Nonato<sup>2</sup>, Luana Glaup Araujo Dourado<sup>2</sup>, Olivia Paula Silva<sup>3</sup>, Renato Tillmann Bassini<sup>2</sup> e Jefferson Vieira José<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, 78735-901, Rondonópolis- MT, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, 78060-900, Cuiabá – MT, Brasil

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Mato Grosso, 78735-901, Rondonópolis- MT, Brasil

(\*E-mail: dhonatan.pessi@gmail.com)

<https://doi.org/10.19084/RCA18217>

Recebido/received: 2018.07.20

Aceite/accepted: 2018.10.09

### RESUMO

Dados de precipitação pluvial são muito utilizados em diversos estudos, um dos métodos de obtenção desses dados é via Estações Meteorológicas Convencionais (EMC), entretanto estações meteorológicas não contemplam uma ampla área de informações. Assim, a utilização de dados estimados via satélite tem sido uma alternativa frente à ausência de estações meteorológicas ou mesmo de dados faltosos. Neste estudo, objetivou-se avaliar dados de precipitação pluvial do produto 3B43 do satélite TRMM com os dados de EMC's no estado de Mato Grosso para o período de 2003 a 2013. Para isto, utilizou-se para a comparação dos dados provenientes das EMC's e aqueles estimados pelo satélite, os seguintes indicadores estatísticos: Erro Médio Absoluto (EMA), Erro Médio Quadrático (EMQ), coeficiente de correlação de Spearman ( $r$ .Spearman) e o índice de concordância de Willmott ( $d$ ). Em sua maioria, os dados de estimativas via satélite foram satisfatórios, sobretudo para os meses de junho, julho e agosto. Os resultados indicam que o uso dos dados estimados via satélite podem ser uma alternativa ao uso de estações meteorológicas.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, dados de satélites, precipitação pluvial.

### ABSTRACT

Data of the rainfall are largely used in many researches, one of the methods of obtaining these data is through conventional weather station (CWS), but weather stations do not include a large area of information. Therefore, the use of data measured by satellite have been an alternative to the absence of weather stations or even of missing data. In this study, we pretend to evaluate the data of rainfall from the product 3B43 of TRMM satellite together with the data of CWS in the state of Mato Grosso related to the period of 2003 to 2013. For this, we have used as a means of comparison of data coming from CWS and those measured by satellite, the following statistical indicators: Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE), Spearman's correlation coefficient ( $r$ . Spearman) and the concordance index of Willmott ( $d$ ). Mostly, the data of measurements through satellite were satisfactory, mainly to the months of June, July and August. The results indicate that the use of data measured through satellite can be an alternative to weather station measurements.

**Keywords:** remote sensing, data of satellite, rainfall.

### INTRODUÇÃO

O Estado de Mato Grosso é o principal produtor de grãos da região Centro-Oeste brasileira, com aproximadamente 15.333,7 milhões de hectares

plantados (CONAB, 2018). Porém para que se obtenham melhores rendimentos na atividade agrícola, é necessário que haja uma boa interação

entre as condições do meio ambiente e da cultura plantada. Com base em estudos de precipitação pluviométrica, pode-se buscar a minimização de perdas para a cultura do milho e da soja, em regiões que apresentam carência de informações agroclimáticas (Longo *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2007; Garcia *et al.*, 2013).

O monitoramento da precipitação pluvial no território brasileiro é realizado principalmente por meio de estações climáticas terrestres que integram redes de monitoramento dos principais centros operacionais do país (Aires *et al.*, 2016). Sendo fundamental que as estimativas de chuva sejam mais próximas do real, uma vez que o excesso de chuva pode provocar inundações, perda de bens e vidas e na ausência prolongada podem ocorrer secas, que afetam diretamente as colheitas e os limites de consumo humano (Silva-Fuzzo e Rocha, 2016).

O monitoramento pluviométrico de uma região requer uma grande densidade de pluviômetros bem distribuídos espacialmente, quando a escala de medição destes equipamentos é pontual (Kidder e Haar, 1995), não fornecendo valores representativos para grandes áreas e frequentemente sujeitos a falhas que limitam o uso dessa informação. A baixa densidade de pluviômetros, a distribuição irregular das estações meteorológicas e a longa distância entre elas, não permitem capturar a variabilidade espacial da precipitação pluvial, gerando incertezas nos resultados de estudos deste gênero (Fensterseifer, 2013; Pereira *et al.*, 2013).

Devido ao elevado custo e a dificuldade na obtenção de medidas em áreas de difícil acesso, simulações numéricas e dados de satélite têm sido utilizados para estudos climatológicos e hidrológicos, contribuindo para o aumento da cobertura de dados climáticos (Longo *et al.*, 2006; Adams *et al.*, 2009). A utilização de dados de satélite tornou-se indispensável para suprir a escassez de dados em regiões que não possuem postos pluviométricos ou que não abrangem todo o seu território (Sanchez-Moreno *et al.*, 2014).

Dentre os diversos satélites existentes para monitoramento de elementos meteorológicos remotamente, o satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) foi lançado em novembro de

1997, em uma parceria entre a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA) visando monitorar a precipitação nos trópicos, além de verificar a sua influência no clima global (Kummerow *et al.*, 2000).

O TRMM fornece dados mais precisos do que técnicas indiretas, baseadas em imagens de outros satélites, apresenta-se como o mais equipado em termos de instrumentos para estimativa de precipitação (Volpato *et al.*, 2013; Mahmud, 2014). Entretanto, para garantir que esse satélite forneça estimativas consistentes é necessário validar essas informações com as medidas de superfície, visando quantificar sua precisão e exatidão (Kummerow *et al.*, 2000; Karaseva *et al.*, 2011).

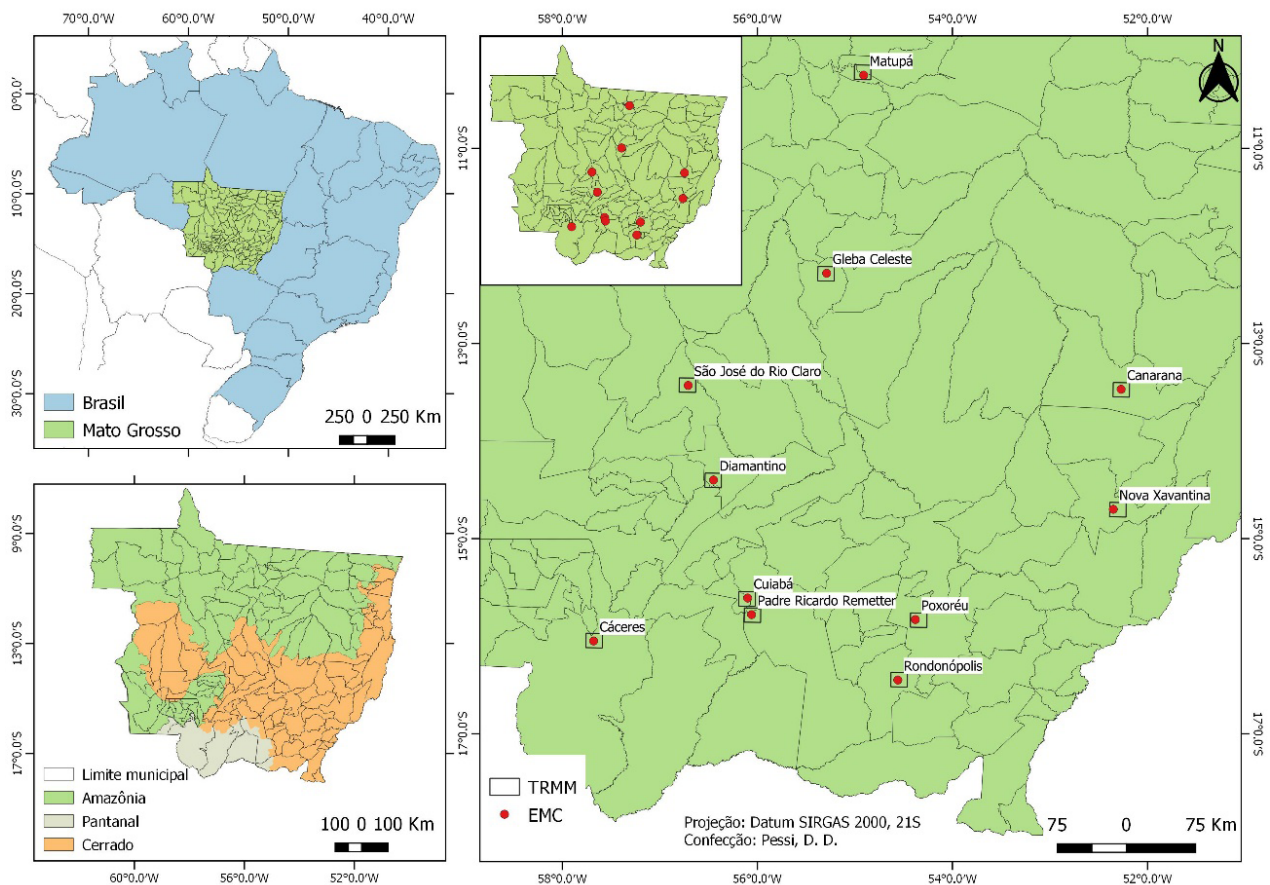
Outros autores demonstraram em seus trabalhos que existe uma boa relação entre as estimativas de precipitação com os dados oriundos do satélite TRMM, entre eles cita-se: Silva-Fuzzo e Rocha (2016), Camparotto *et al.* (2013), Almeida *et al.* (2015), As-Syakur *et al.* (2011), Karaseva *et al.* (2011) e Fensterseifer (2013).

Desta forma, as estimativas de dados pluviométricos via sensoriamento remoto se constituem numa ferramenta útil que visa melhorar a obtenção de informações meteorológicas, além de ser importantes no auxílio de preenchimento de dados faltosos. Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho comparar as estimativas de precipitação do satélite TRMM (produto 3B43) com dados pluviométricos de superfície provenientes de estações meteorológicas convencionais (EMC) do Estado de Mato Grosso, no período de 2003 a 2013.

## METODOLOGIA

### *Caracterização da área de estudo*

A área de estudo abrange toda a região do Estado de Mato Grosso compreendendo as estações meteorológicas dos municípios de Cáceres, Canarana, Cuiabá, Diamantino, Gleba Celeste, Matupá, Nova Xavantina, Padre Ricardo Remetter, Poxoréu, Rondonópolis e São José do Rio Claro (Figura 1).



**Figura 1** - Localização dos municípios/estações meteorológicas utilizados (as) no estudo de estimativa da precipitação pluviométrica no Estado de Mato Grosso, Brasil.

### *Caraterísticas geográficas da área de estudo*

O Estado de Mato Grosso destaca-se por sua grande extensão territorial (903.357,908 km<sup>2</sup>) e inserção na área de ocorrência dos Cerrados brasileiros, da floresta tropical úmida e da planície do pantanal, que propiciam uma grande diversidade de situações ecológicas, sócias, econômicas, culturais e de processos de produção e desenvolvimento rural. A localização do estado é na região Centro-Oeste brasileira nas coordenadas 06°00'S e 19°45'S e 50°06'W e 62°45'W (Souza *et al.*, 2013).

O estado apresenta relevos de grandes superfícies aplainadas, talhadas em rochas sedimentares e abrange três regiões distintas: na porção centro-norte do estado, a dos chapadões sedimentares e planaltos cristalinos (com altitudes entre 400 e 800 m), que integram o planalto central brasileiro. A do planalto arenito-basáltico, localizada no sul, simples parcela do planalto meridional. A parte

do Pantanal Mato-Grossense, baixada da porção centro-ocidental (Moreno e Higa, 2017).

O clima da região é o tropical úmido, com temperatura média anual superior a 24° C e com acumulados de chuva de 2.000 mm anuais; e o tropical consistindo em uma temperatura média anual de 25°C, sendo a média das máximas de 32,6°C e a média das mínimas 18,6°C. As estações seca e chuvosa são bem definidas, em média com totais acumulados variando de 88 a 1321 mm (Souza *et al.*, 2013).

### *Dados satélite TRMM e Estações Meteorológicas Convencionais*

Os dados acumulados diários de precipitação pluvial das estações meteorológicas convencionais foram coletados do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP) do Instituto

Nacional de Meteorologia INMET (INMET, 2018). Foram escolhidas onze estações distribuídas por todo o Estado de Mato Grosso. Os dados do produto TRMM-3B43 foram obtidos no site Giovanni (NASA, 2018) disponível no link: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>. Os arquivos são disponibilizados no formato ASCII com grade regular de pontos (grid-point). Os dados coletados são referentes aos quadrantes que cobrem todo o limite das estações meteorológicas (Figura 1).

O período para comparação foi de 11 anos de janeiro de 2003 a dezembro de 2013. Os dados de precipitação pluvial foram agrupados e analisados na escala mensal e os testes estatísticos foram realizados visando verificar a exatidão e a precisão dessas estimativas.

Para o período avaliado, a maioria dos dados referentes as estações meteorológicas apresentaram no máximo 5% em porcentagem de falhas de dados, com exceção do município de Cuiabá que apresentou 8,33%. Estes dados faltosos não foram preenchidos, ou seja, trabalhou-se com os dados disponíveis. Não houve falhas de dados para o satélite TRMM-3B43.

### Análise comparativa das estimativas

Para realizar a comparação entre os produtos do satélite TRMM e os dados observados nas estações meteorológicas, foram aplicados os seguintes parâmetros estatísticos: Erro Médio Absoluto – EMA (Equação 1), Erro Médio Quadrático – EMQ (Equação 2), Índice de Concordância de Willmott – d (Equação 3) dado por Willmot (1981) e Coeficiente Linear de Correlação de Spearman – r.Spearman (Equação 4).

$$EMA = \frac{\sum_{i=1}^n |o_i - e_i|}{n - 1} \quad (1)$$

$$EMQ = \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - e_i)^2}{n - 1} \quad (2)$$

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - e_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|e_i - \bar{o}| + |o_i - \bar{o}|)^2} \quad (3)$$

$$Spearman = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (o_i - e_i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad (4)$$

em que:

$o$  = valor médio dos dados observado de precipitação (mm) em determinada EMC.

$n$  = número de dados analisados.

$e$  = valor médio dos dados estimados de precipitação (mm) pelo satélite TRMM.

Para realização das análises estatísticas do conjunto de dados foi utilizado o software R (R Core Team, 2018). As análises estatísticas paramétrica e não paramétrica foram implementadas utilizando funções disponíveis nos pacotes: readxl (Wickham e Bryan, 2018), hydroGOF (Zambrano-Bigiarini, 2017), ggplot2 (Wickham, 2009), gridExtra (Auguie, 2017), ggfortify (Tang e Horikoshi, 2016).

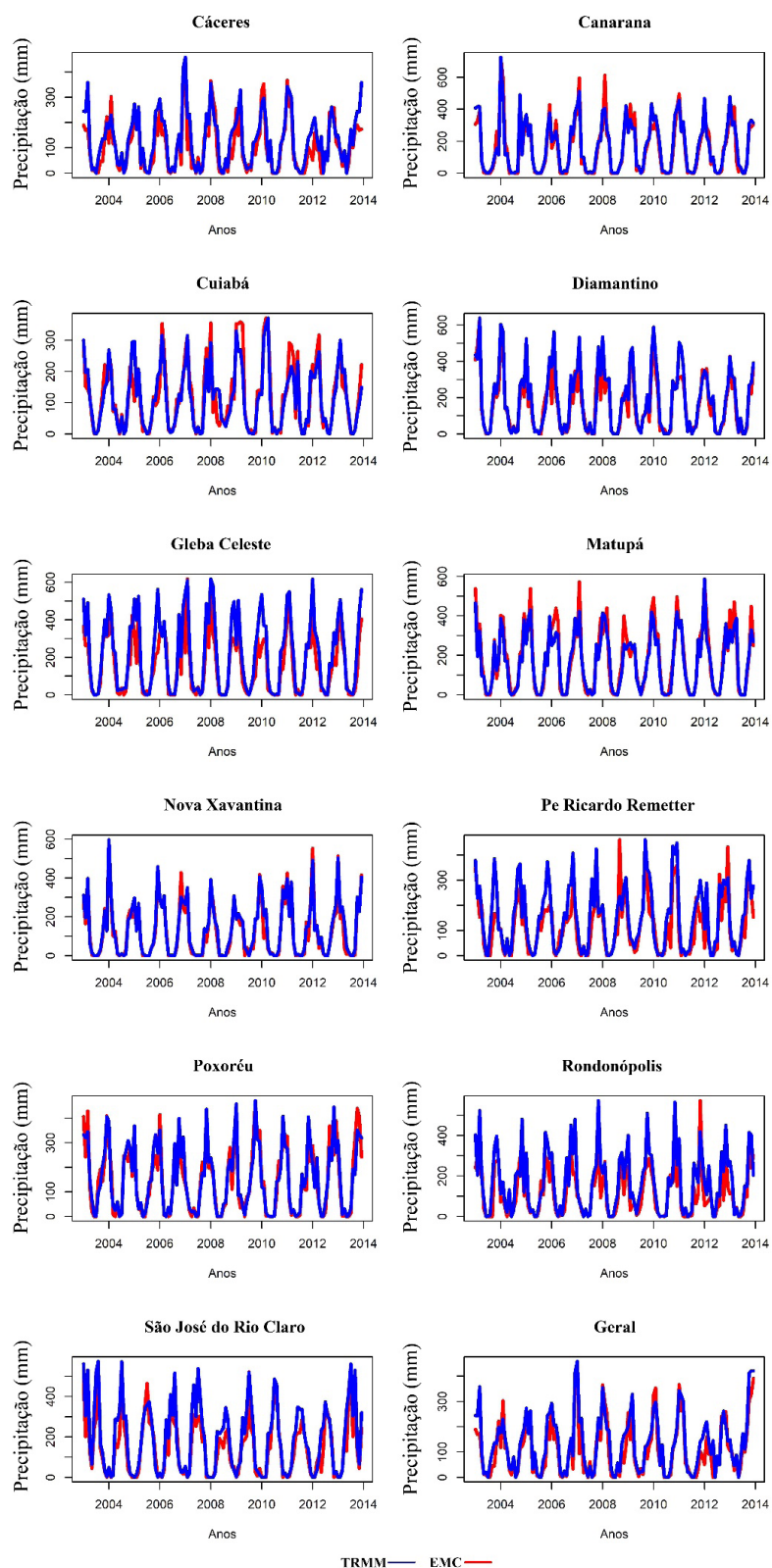
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os resultados da distribuição temporal da precipitação pluvial mensal no período de 2003 a 2013 para ambas as fontes de dados (TRMM-3B43 e EMC) nas onze localidades avaliadas.

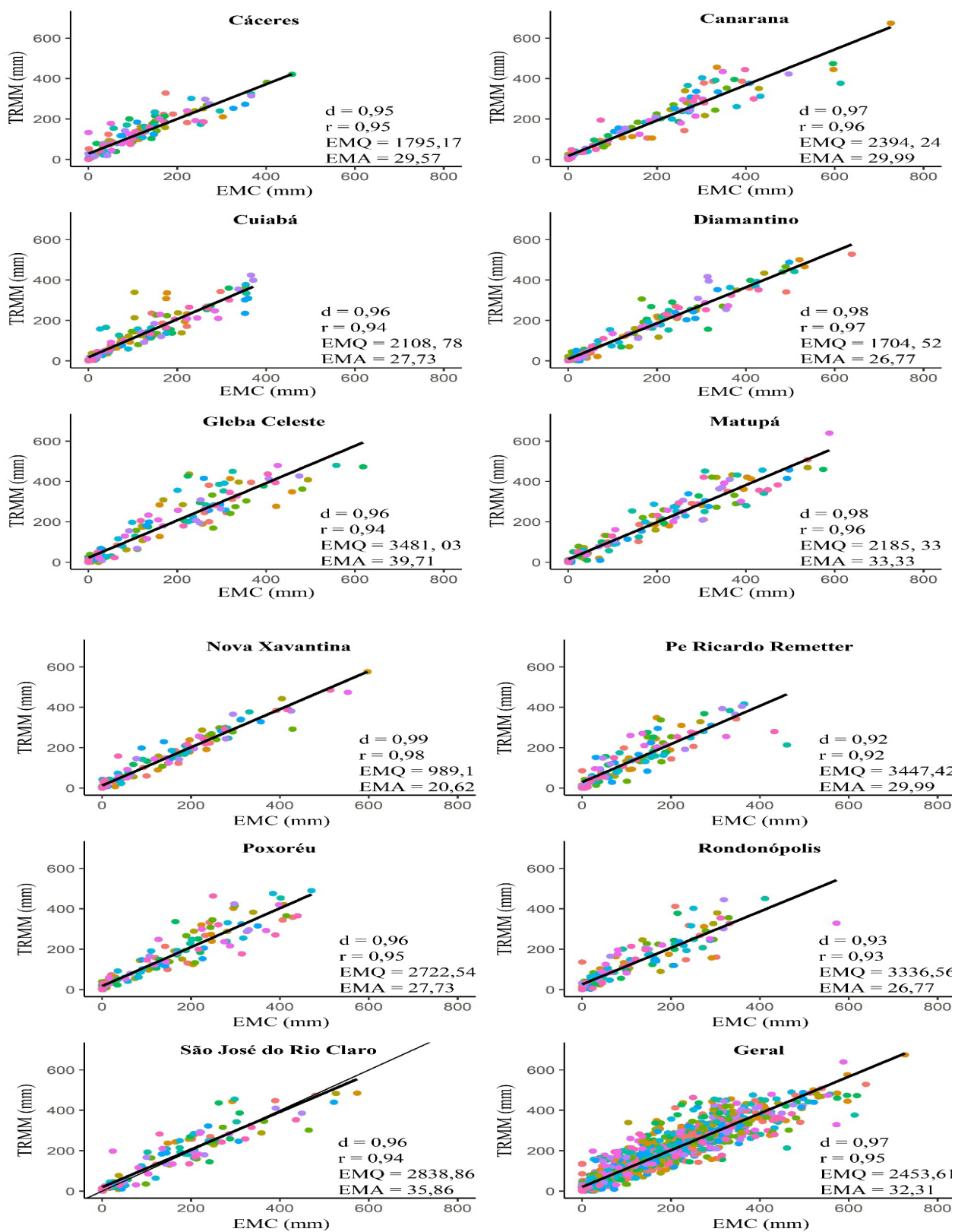
É possível observar que existe uma similaridade, em grande parte, entre as precipitações estimadas e observadas. Almazroui (2011) também observou similaridade, para dados mensais no período 1998 a 2009, entre avaliações do satélite TRMM e de estações na Arábia Saudita.

Na Figura 3 estão apresentados os resultados das análises estatísticas realizadas entre os dados de precipitação pluvial mensal. Os dados estimados pelo produto 3B43 do TRMM e observados nas EMCs apresentaram alta correlação em todas as EMCs avaliadas, com o coeficiente médio de correlação de Spearman de 0,95, significativo a 5% de probabilidade ( $p < 2,2 \cdot 10^{-16}$ ), quando considerado os dados de todas as localidades conjuntamente. O índice d também apresentou altos valores para todas as EMCs com valor médio de 0,97 (Figura 3).

Verificou-se que os maiores valores de EMA ocorreram nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (Quadro 1) assim como também observado por Camparotto *et al.* (2013). O maior



**Figura 2** - Dados de precipitação pluvial mensal (mm) de Estação Meteorológica Convencional e do Satélite TRMM produto 3B43, entre os anos de 2003 e 2013 nos onze municípios mato-grossense avaliados.



**Figura 3** - Comparações dos dados de precipitação pluvial da Estação Meteorológica Convencional e do Satélite TRMM produto 3B43. Legenda: EMA (Erro Médio Absoluto), EMQ (Erro Médio Quadrático), d (Índice de Willmott) e r (Correlação Linear de Spearman).

- Ano
- 2003
  - 2004
  - 2005
  - 2006
  - 2007
  - 2008
  - 2009
  - 2010
  - 2011
  - 2012
  - 2013

valor de EMA foi de 264,62 mm no mês de janeiro para a estação de Cáceres. Esta característica pode ser explicada devido às chuvas convectivas, geralmente de forte intensidade e que ocorrem de forma pontual (Camparotto *et al.*, 2013).

Pereira *et al.* (2013) obtiveram erro de até 53 mm na comparação entre os dados estimados pelo TRMM e os valores observados nas estações de superfície nas regiões centro-oeste e Camparotto *et al.* (2013) obtiveram valores igual a 81,6 mm também para o mês de janeiro (Aires *et al.*, 2016).

**Quadro 1 -** Comparações dos dados de precipitação pluvial mensal da Estação Meteorológica Convencional e do Satélite TRMM. EMA (Erro Médio Absoluto), EMQ (Erro Médio Quadrático), d (Índice de Willmott) e r.Spearman (correlação de Spearman)

Mês	Cáceres				Canarana				Cuiabá			
	EMA	EMQ	d	r.Spearman	EMA	EMQ	d	r.Spearman	EMA	EMQ	d	r.Spearman
Jan	264.62	82268.81	0.35	0.93	56.78	3830.72	0.95	0.88	68.42	9118.13	0.58	0.28
Fev	202.38	47578.20	0.38	0.51	83.38	11492.87	0.80	0.84	39.14	2089.99	0.93	0.94
Mar	175.53	34679.08	0.35	0.69	41.69	3234.17	0.89	0.79	41.23	2978.70	0.90	0.76
Abr	70.45	5944.49	0.39	0.62	35.70	2936.15	0.86	0.66	41.34	3632.50	0.41	-0.03
Mai	28.69	1299.76	0.43	0.25	15.71	353.59	0.87	0.55	11.95	248.63	0.99	0.76
Jun	10.04	377.99	0.36	0.92	2.14	9.99	0.99	0.89	4.57	36.80	0.97	0.79
Jul	17.37	825.68	0.46	0.92	2.36	27.17	0.18	0.39	3.33	25.16	0.98	0.92
Ago	4.47	107.58	0.34	0.76	4.63	40.54	0.73	0.50	5.45	118.13	0.94	0.94
Set	41.22	3226.56	0.45	0.84	12.27	174.53	0.97	0.92	10.66	193.82	0.95	0.84
Out	90.53	9898.64	0.41	0.55	31.01	1883.12	0.95	0.96	27.89	1023.35	0.79	0.15
Nov	131.67	20840.17	0.36	0.63	29.29	1799.30	0.85	0.66	28.43	1206.02	0.87	0.76
Dez	180.52	38885.33	0.34	0.78	44.93	2948.69	0.87	0.73	48.98	4481.80	0.77	0.55
Mês	Diamantino				Gleba Celeste				Matupá			
	EMA	EMQ	d	r.Spearman	EMA	EMQ	d	r.Spearman	EMA	EMQ	d	r.Spearman
Jan	55.31	4627.71	0.91	0.92	70.18	8375.07	0.73	0.34	52.14	3927.59	0.91	0.73
Fev	50.79	4202.68	0.91	0.78	71.07	7712.62	0.78	0.71	67.09	5542.11	0.77	0.72
Mar	31.48	1879.12	0.97	0.99	44.36	3457.10	0.83	0.73	39.24	3011.10	0.92	0.95
Abr	23.00	792.49	0.94	0.80	40.42	2411.26	0.80	0.78	42.83	3274.76	0.90	0.83
Mai	10.56	255.02	0.97	0.85	13.81	327.33	0.53	0.58	26.71	988.87	0.72	0.41
Jun	9.40	154.93	0.90	0.61	9.41	168.96	0.48	0.40	4.53	37.63	0.93	0.38
Jul	6.02	145.74	0.86	0.88	5.59	87.01	0.86	0.46	1.94	10.48	0.95	0.40
Ago	6.26	123.74	0.95	0.71	5.20	86.32	0.78	0.64	5.44	96.39	0.89	0.63
Set	16.26	607.61	0.90	0.68	22.08	759.95	0.83	0.73	25.27	1001.50	0.69	0.61
Out	38.17	3379.71	0.81	0.65	51.96	3345.04	0.74	0.38	30.54	1151.39	0.86	0.81
Nov	30.45	1316.67	0.94	0.75	52.52	3609.21	0.85	0.76	58.83	4307.42	0.85	0.81
Dez	43.51	2968.79	0.80	0.67	89.86	11432.52	0.56	0.21	45.42	2874.71	0.91	0.85
Mês	Nova Xavantina				Padre Ricardo Remetter				Poxoréu			
	EMA	EMQ	d	r.Spearman	EMA	EMQ	d	r.Spearman	EMA	EMQ	d	r.Spearman
Jan	35.36	1637.66	0.97	0.96	53.35	5213.08	0.78	0.69	65.64	7877.31	0.76	0.47
Fev	31.63	1647.68	0.89	0.85	65.61	7190.12	0.69	0.58	74.60	7454.20	0.55	0.26
Mar	30.20	1612.90	0.95	0.94	53.80	4860.92	0.82	0.69	49.41	3022.58	0.93	0.82
Abr	32.10	2046.02	0.75	0.64	40.79	2034.59	0.62	0.48	23.47	1059.97	0.77	0.72
Mai	13.85	411.29	0.79	0.58	34.59	2674.55	0.72	0.57	30.66	2102.63	0.81	0.82
Jun	4.06	50.26	0.87	0.88	6.61	55.70	0.97	0.87	12.83	296.60	0.83	0.72
Jul	0.80	1.68	0.93	0.67	5.42	57.07	0.96	0.88	8.60	252.34	0.75	0.58
Ago	0.66	1.40	1.00	0.61	12.07	603.80	0.68	0.88	4.53	51.94	0.97	0.62
Set	16.85	404.70	0.72	0.75	18.74	866.06	0.78	0.61	16.71	510.83	0.93	0.93
Out	15.49	339.97	0.98	0.94	33.79	1986.97	0.71	0.45	29.17	1429.51	0.91	0.76
Nov	37.67	2738.37	0.90	0.95	57.17	4920.77	0.68	0.55	55.33	4347.00	0.74	0.62
Dez	28.78	977.22	0.97	0.91	82.44	10648.10	0.63	0.56	53.93	4050.06	0.90	0.75
Mês	Rondonópolis				São José do Rio Claro							
	EMA	EMQ	d	r.Spearman	EMA	EMQ	d	r.Spearman				
Jan	70.68	8788.58	0.72	0.77	35.86	8425.92	0.96	0.72				
Fev	64.91	6648.81	0.49	0.28	63.68	5919.63	0.81	0.52				
Mar	60.76	7048.10	0.78	0.81	35.90	2068.03	0.89	0.43				
Abr	36.32	1774.07	0.88	0.85	27.39	1116.45	0.89	0.97				
Mai	22.05	1507.57	0.73	0.88	15.86	563.28	0.83	0.85				
Jun	8.83	183.83	0.94	0.77	10.69	225.41	0.68	0.74				
Jul	10.14	483.03	0.75	0.83	5.81	105.89	0.85	0.91				
Ago	6.22	193.54	0.66	0.67	5.33	94.02	0.75	0.52				
Set	37.53	2659.44	0.40	0.28	19.98	699.82	0.72	0.56				
Out	44.21	2871.15	0.62	0.30	51.50	3456.17	0.68	0.52				
Nov	43.21	2967.42	0.75	0.70	64.02	7361.58	0.67	0.28				
Dez	45.89	4837.29	0.82	0.65	52.23	3567.44	0.80	0.67				

Nos meses de inverno os valores de EMA foram mais baixos, sendo o menor valor observado no mês de julho com 0,8 mm para a cidade de Nova Xavantina (Quadro 1). Nesta estação do ano, as precipitações pluviiais são de baixa intensidade, frequentemente causadas por entrada de massas de ar frio, que cobrem uma grande região do Estado de Mato Grosso.

Segundo Almeida *et al.* (2015), quando ocorrem variações nas tendências sazonais da precipitação, essa anomalia deve-se principalmente ao satélite superestimar ou subestimar os valores em relação aos dados observados das EMC's.

Outros estudos também relataram essas diferenças (Collischonn *et al.*, 2007; Nóbrega *et al.*, 2008; Rozante *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2015; Silva-Fuzzo e Rocha, 2016) e, explicam que existe uma tendência do TRMM em superestimar a precipitação sobre o continente, assim como relatam a habilidade do TRMM em estimar períodos secos e chuvosos. Segundo os autores citados acima, esse fator ainda não foi completamente explicado podendo estar relacionado com algum erro de processamento, tanto de leitura dos pluviômetros como de geração das estimativas de satélite.

Rozante *et al.* (2010) analisaram e mostraram que o produto 3B42 tende a superestimar a precipitação em torno de 7% estando este fato associado a deficiência do produto em estimar nuvens quentes sobre a região. Foi constatado ainda que é possível existir uma relação aparente entre a latitude, mostrando que esta tendência aumenta juntamente com a latitude (Viana *et al.*, 2010).

Neste sentido, as diferenças existentes entre os dados derivados do satélite TRMM e obtidos pelas

estações meteorológicas (EMC) podem ser uma consequência das diferenças de escala entre eles, pois o pluviômetro é uma estimativa pontual, enquanto que o satélite representa uma estimativa média no pixel (Almeida *et al.*, 2015).

Considerando-se bacias hidrográficas, Collischonn *et al.* (2007) avaliaram que as estimativas de precipitação fornecidas pelo TRMM são consistentes e reproduzem com bastante fidelidade o regime de chuvas, confirmando que os dados de precipitação estimados a partir de satélite podem ser uma alternativa eficiente e barata quando comparados a instrumentos de solo, como estações pluviométricas.

Para Nóbrega *et al.* (2008), o TRMM é hábil em analisar a variabilidade sazonal, representando de forma satisfatória os períodos secos e chuvosos. Ainda, segundo os autores, os dados do TRMM se correlacionam de maneira satisfatória com a rede mais densa de pluviômetros. Da mesma forma, as análises quanto ao algoritmo 3B43 demonstraram alto grau de confiabilidade nas áreas estudadas (Oliveira e Angelis, 2010; Viana, 2010; Fleming *et al.*, 2011), inclusive em relação à presença de nuvens convectivas sobre regiões desmatadas.

## CONCLUSÃO

Constatou-se forte correlação entre as estimativas de precipitação através do satélite TRMM produto 3B43 e as observações provenientes da rede de estações pluviométricas convencionais para toda a região do Estado de Mato Grosso. Devido a coerência entre os bancos de dados, é possível fazer uso do satélite em situações onde não existem estações meteorológicas convencionais.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, D.K.; Souza, E.P. & Costa, A.A. (2009) - Convecção úmida na Amazônia: implicações para modelagem numérica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 24, n. 2, p. 168-178. <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862009000200006>
- Aires, U.R.V.; Neto, J.O.M. & Mello, C.R. (2016) - Estimativas de precipitação derivadas do satélite TRMM para a bacia hidrográfica do rio Paraopeba, MG. *Revista Scientia Agraria*, vol. 17, n. 2, p. 57-66. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v17i2.46384>
- Almazroui, M. (2011) - Calibration of TRMM rainfall climatology over Saudi Arabia during 1998-2009. *Atmospheric Research*, vol. 99, n. 3-4, p. 400-414. <https://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.11.006>
- Almeida, C.T.; Delgado, R.C.; Oliveira Junior, J.F.; Gois, G. & Cavalcanti, A.S. (2015) - Avaliação das Estimativas de Precipitação do Produto 3B43-TRMM do Estado do Amazonas. *Revista Floresta e Ambiente*, vol. 22, n. 3, p. 279-286. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.112114>
- As-Syakur, A.R.; Tanaka, T.; Prasetya, R.; Swardika, I.K. & Kasa, I.W. (2011) - Comparison of TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA) products and daily-monthly gauge data over Bali. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 32, n. 24, p. 8969-8982. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.531784>
- Auguie, B. (2017) - gridExtra: *Miscellaneous Functions for "Grid" Graphics*. R package version 2.3. <https://CRAN.R-project.org/package=gridExtra>.
- Camparotto, L.B.; Blain, G.C.; Giarolla, A.; Adami, M. & Camargo, M.B. (2013) - Validação de dados termopluviométricos obtidos via sensoriamento remoto para o Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 17, n. 6, p. 665-671. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000600013>
- Collischonn, B.; Allasia, D.; Collischonn, W. & Tucci, C.E.M. (2007) - Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. *Revista Brasileira de Cartografia*, vol. 59, n. 1, p. 93-99.
- CONAB (2018) - *Acompanhamento da safra brasileira grãos*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. vol. 7, p. 1-139. [cit. 2018-07-17]. <http://www.conab.gov.br>.
- Fensterseifer, C.A. (2013) - *Qualidade das estimativas de precipitação derivadas de satélites na Bacia do Alto Jacuí - RS*. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 110 p.
- Fleming, K.; Awange, J.L.; Kuhn, M. & Featherstone, W.E. (2011) - Evaluating the TRMM 3B43 monthly precipitation product using gridded raingauge data over Australia. *Australian Meteorological and Oceanographic Journal*, vol. 61, p. 171-184.
- Garcia, R.G.; Dallacort, R.; Krause, W.; Serigatto, E.M. & Faria Júnior, C.A. (2013) - Calendário agrícola para a cultura do milho em Sinop (MT). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 43, n. 2, p. 218-222.
- INMET (2018) - *Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa*. Instituto Nacional de Meteorologia. [cit. 2018-05-17]. <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>.
- Karaseva, M.; Prakash, S. & Gairola, R. (2011) - Validation of high-resolution TRMM-3B43 precipitation product using rain gauge measurements over Kyrgyzstan. *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 108, n. 1-2, p. 147-157. <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0509-6>
- Kidder, S.Q. & Haar, T.H.V. (1995) - *Satellite meteorology: an Introduction*. 1ª ed. San Diego, Academic Press, 466 p.
- Kummerow, C.; Simpson, J. & Thiele, O. (2000) - The status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit. *American Meteorological Society*, vol. 39, p. 1965-1982. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2001\)040<1965:TSOTTR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040<1965:TSOTTR>2.0.CO;2)
- Longo, A.J.; Sampaio, S.C. & Suszek, M. (2006) - Modelo computacional para estimativa das precipitações prováveis utilizando as distribuições de probabilidades gama e log-normal. *Revista Varia Scientia*, vol. 6, n. 11, p. 141-148.
- Mahmud, M.E. (2014) - Space based observations: A state of the art solution for spatial monitoring tropical forested watershed productivity at regional scale in developing countries. 8th International Symposium of the Digital Earth (ISDE8). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 18, p. 1-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/18/1/012191>

- Moreno, G. & Higa, T.C.S. (2017) - *Geografia de Mato Grosso. Território-Sociedade-Ambiente*, 2ª ed. Cuiabá, Entrelinhas, p. 296.
- NASA (2018) – *Giovanni*. National Aeronautics and Space Administration. [cit. 2018-05-17]. <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>.
- Nóbrega, R.S.; Souza, E.P. & Galvêncio, J.D. (2008) - Análise da estimativa de precipitação do TRMM em uma sub-bacia da Amazônia Ocidental. *Revista de Geografia*, vol. 25, n. 1, p. 6-20.
- Oliveira, R.J. & Angelis, C.F. (2010) - Análise do comportamento de precipitação estimada por satélite sobre áreas de intenso desmatamento na Amazônia Legal. In: *XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Belém, Brasil, CBMet. [http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/781\\_45961.pdf](http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/781_45961.pdf).
- Pereira, G.; Silva, M.E.S.; Moraes, E.C. & Cardozo, F.S. (2013) - Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 18, n. 3, p.139-148. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v18n3.p139-148>
- R Development Core Team (2018) - *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org/>.
- Rozante, J.R.; Moreira, D.S.; Gonçalves, L.G.G. & Vila, D. (2010) - Combining TRMM and surface observation of precipitation: technique and validation over South America. *Weather and Forecasting*, p. 885-894. <https://doi.org/10.1175/2010WAF2222325.1>
- Sanchez-Moreno, J.F.; Mannaerts, C. & Jetten, V. (2014) - Influence of topography on rainfall variability in Santiago Island, Cape Verde. *International Journal of Climatology*, n. 34, p. 1081-1097. <https://doi.org/10.1002/joc.3747>
- Silva, J.C.; Heldwein, A.B.; Martins, F.B.; Trentin, G. & Grimm, E.L. (2007) - Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 11, n. 1, p. 67-72. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000100009>
- Silva-Fuzzo, D.F. & Rocha, J.V. (2016) - Validação dos dados de precipitação estimados pelo TRMM, para o Estado do Paraná, e sua contribuição ao monitoramento agrometeorológico. *Revista Formação (ONLINE)*, vol. 3, n. 23, p. 301-316.
- Souza, A.P.; Mota, L.L.; Zamadei, T.; Martim, C.C.; Almeida, F.T. & Paulino, J. (2013) - Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. *Nativa*, vol. 1, n. 1, p. 34-43. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>
- Tang, Y.; Horikoshi, M. & Li, W. (2016) - ggfortify: Unified Interface to Visualize Statistical Result of Popular R Packages. *The R Journal*, vol. 8, n. 2, p. 478-489.
- Viana, D.R.; Ferreira, N.J. & Conforte, J.C. (2010) - Avaliação das estimativas de precipitação 3B42 e 3B43 do satélite TRMM na Região Sul do Brasil. In: *XVI Congresso brasileiro de Meteorologia*. Belém, Brasil, CBMet. <http://www.cbmet2010.com/anais/>.
- Volpato, M.M.L.; Vieira, T.G.C.; Alves, H.M.R. & Santos, W.J.R. (2013) - Imagens do Sensor MODIS para monitoramento agrometeorológico de áreas cafeeiras. *Coffee Science*, vol. 8, n. 2, p. 176-182. <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v8i2.398>
- Wickham, H. (2009) - *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Wickham, H. & Bryan, J. (2018) - *readxl: Read Excel Files*. R package version 1.1.0. <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>
- Willmott, C.J. (1981) - On the validation of models. *Physical Geography*, vol. 2, n. 2, p. 184-194. <https://doi.org/10.1080/02723646.1981.10642213>
- Zambrano-Bigiarini, M. (2017) - *hydroGOF: Goodness-of-fit functions for comparison of simulated and observed hydrological time series R package version 0.3-10*. <http://hzambran.github.io/hydroGOF/>