



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E MATEMÁTICA

HELIO LOPES ARAÚJO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS DE PRECIPITAÇÃO OBSERVADOS
EM SUPERFÍCIE E ESTIMADOS POR SATÉLITE TRMM NA REGIÃO NORTE DO
TOCANTINS**

ARAGUATINS - TO

2021

HELIO LOPES ARAÚJO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS DE PRECIPITAÇÃO OBSERVADOS
EM SUPERFÍCIE E ESTIMADOS POR SATÉLITE TRMM NA REGIÃO NORTE DO
TOCANTINS**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Pós-graduação Lato
Sensu em Ensino de Ciências da Natureza e
Matemática, do Instituto Federal do Tocantins,
como exigência à obtenção do título de
Especialista em Ensino de Ciências da Natureza
e Matemática.**

Orientador: Me. Thiago de Loiola Araújo e Silva

ARAGUATINS - TO

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

A658a Araújo, Helio Lopes

Análise comparativa entre dados de precipitação observados em superfície e estimados por satélite TRMM na região norte do Tocantins / Helio Lopes Araújo. – Araguatins, TO, 2021.

20 f.: il. color.

Artigo (Especialização em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Araguatins, Araguatins, TO, 2021.

Orientador: Me. Thiago de Loiola Araújo e Silva

1. Precipitação. 2. Estação meteorológica. 3. TRMM. I. Silva, Thiago de Loyola Araújo e. II. Título.

CDD 500

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

HELIO LOPES ARAÚJO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS DE PRECIPITAÇÃO OBSERVADOS
EM SUPERFÍCIE E ESTIMADOS POR SATÉLITE TRMM NA REGIÃO NORTE DO
TOCANTINS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Pós-graduação Lato Sensu em
Ensino de Ciências da Natureza e Matemática, do
Instituto Federal do Tocantins, como exigência à
obtenção do título de Especialista em Ensino de
Ciências da Natureza e Matemática.

Aprovado em: 20/08/2021

BANCA EXAMINADORA

Me. Thiago de Loiola Araújo e Silva

Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins

Dr. Idelfonso Colares de Freitas

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins

Esp. Leandro José de Oliveira Boaventura

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins

RESUMO

O objetivo da pesquisa, é comparar os dados de precipitação do banco da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em relação aos dados de precipitação do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) para a localidade conhecida como Bico do Papagaio no norte do Estado do Tocantins. Foram utilizados dados de precipitação mensal no período de 2009 a 2019, compreendendo um período de 10 anos. A análise estatística das séries foi realizada utilizando-se os coeficientes de correlação (r) e de determinação (R^2). As análises indicaram uma alta correlação, com coeficientes entre 0,84 e 0,91, enquanto os valores de R^2 foram entre 0,70 e 0,84. 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 em superfície.

Palavras-chave: Precipitação, estação meteorológica, hidrologia, TRMM

ABSTRACT

Comparative analysis between precipitation data observed on the surface and estimated by TRMM satellite in the northern region of Tocantins

This research aimed to compare the data from the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA) database, in relation to TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) satellite data of precipitation for the locality known as Bico do Papagaio in the north of the State of Tocantins. Monthly precipitation data were used for the period 2009 to 2019, comprising a period of 10 years. The statistical analysis of the series was carried out using the correlation coefficients (r) and determination coefficients (R^2). The analyzes indicated a high correlation, with coefficients between 0.84 and 0.91, while R^2 values were between 0.70 and 0.84. The results obtained were satisfactory, showing that precipitation estimates using the TRMM satellite can be an alternative source of data when surface station information is not available.

Keywords: Precipitation, weather station, hydrology, TRMM

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração da localização da área de estudo na região norte do Estado do Tocantins, conhecida como bico do papagaio.....	13
Figura 2. Correlação entre os dados medidos em superfície e os dados estimados pelo satélite TRMM nas escalas mensal.....	16
Figura 3. Precipitações mensais das estações convencionais comparadas as precipitações TRMM no período de 2009 a 2019	17
Figura 4. Dispersão de dados pluviométricos mensais das estações e de TRMM na área de estudo.....	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Localização das estações da rede da Agência Nacional das Águas na área de estudo e os valores de coeficiente de correlação (r) entre os dados.....	15
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. METODOLOGIA.....	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
4. CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS.....	18

1. INTRODUÇÃO

Métodos de regionalização vem sendo utilizados para estimar as vazões em regiões que apresentam carência ou mesmo inexistência de dados hidrológicos (Mello et al., 2020).

A precipitação é amplamente reconhecida como a variável climatológica mais importante na região tropical, sendo essencial para o planejamento das atividades humanas e desenvolvimento local, a quantidade e distribuição espacial são irregulares e são fatores limitantes na produção agrícola (Amanajás & Braga, 2012).

A precipitação é uma variável hidrológica que geralmente tem uma ampla variabilidade, tanto temporal quanto espacial, exigindo uma rede de controle densamente distribuída e contínua (Siqueira et al., 2018; Lopes et al., 2016).

A influência das características topográficas e da intensidade da chuva na precisão das estimativas de precipitação por satélite é importante para a adoção de dados para aplicações hidrológicas (Mahmoud et al., 2021).

O primeiro satélite de precipitação meteorológica foi o *Multi-satellite Precipitation Analysis* (TMPA) 3B42R que foi produzido pela *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). A Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) lançou o satélite de sucesso no final de 1997. Os produtos TRMM foram amplamente usados e forneceram dois produtos: o produto pós-processado (3B42-V7) e o produto em tempo quase real (3B42RT) (Huffman & Bolvin, 2013).

Diversos trabalhos foram desenvolvidos com dados do projeto TRMM, em sua maioria em função da grande resolução espacial e temporal dos seus dados. Araújo et al. (2020) utilizaram dados do TRMM na obtenção da variabilidade espacial da precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Brígida em Pernambuco.

Já Oliveira & Saraiva (2018) realizaram estudos da variabilidade da chuva na região do Amazonas. Oliveira et al. (2020) analisaram o Armazenamento Hídrico na Bacia do Paraná utilizando dados do par de satélites Grace, associado a dados Mod16 e TRMM. Mota et al. (2019) compararam os dados de precipitações gerados pelo sistema *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) frente àqueles observados em superfície de estações

meteorológicas convencionais para o estado do Rio Grande do Sul.

Superando as limitações encontradas na obtenção de dados de precipitação, o uso de dados de satélite tornou-se relevante fonte desse tipo de dados (Skofronick-Jackson *et al.*, 2017). Entender e monitorar a dinâmica da precipitação é essencial na prevenção e no impacto ao meio ambiente e no bem-estar social (Li e Wang, 2017).

A precipitação pluviométrica é considerada uma variável discreta, pois não é possível saber com precisão quando e qual o valor definitivamente ocorrerá em superfície, ou seja, em um lugar poderá ocorrer e em outro não, isso dificulta sua espacialização e a utilização de interpolação no geral não apresenta bons resultados. A utilização de satélites como o TRMM, é uma importante fonte de dados e vem auxiliar nas pesquisas na região amazônica, uma vez que esta região possui uma rede incipiente de estações meteorológicas de superfície (Oliveira, & Saraiva, 2018).

A chuva é a principal forma de entrada da água no ciclo hidrológico, sendo um fenômeno climático com a importância de manter as fontes de água e usado para certas atividades humanas, como agricultura e pesca (Molina *et al.*, 2014).

A caracterização dos eventos chuvosos determina os seus parâmetros (intensidade, tempo de recorrência, duração e altura chuvosa) e na análise da distribuição desses parâmetros no tempo e no espaço (Depine *et al.*, 2014).

A precipitação é um fenômeno natural complexo que se caracteriza por uma significativa variabilidade temporal e espacial, embora as observações do pluviômetro forneçam registros, as densidades da maioria das redes de pluviômetro são grosseiras para capturar a variabilidade espacial da precipitação em muitas regiões do mundo, principalmente em países em desenvolvimento e em áreas remotas (Yan, Liu, & Chen, 2018).

As observações convencionais de medidores *in situ* fornecem medições diretas da precipitação na superfície, mas sua cobertura de área é incompleta e geralmente insuficiente para caracterizar com precisão a variabilidade espacial da precipitação (Kidd & Huffman, 2011).

A maioria dos estudos anteriores com dados TRMM e GPM enfocou a avaliação da precisão dos dados de satélite, bem como sua capacidade na representação da variabilidade total da precipitação. No entanto, ainda existem algumas incertezas não quantificadas em produtos

de precipitação derivados de satélite, especialmente para eventos extremos de chuva, que muitas vezes têm processos mais complexos e são mais relevantes para alguns perigos desastrosos, como inundações e deslizamentos de terra (Prakash et al., 2016).

Entre os produtos mais utilizados para analisar as tendências de precipitação estão os derivados da Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), que é conhecida por gerar estimativas ininterruptas de dados de precipitação desde 1998, disponibilizando-os por meio de diferentes produtos e resoluções espaço-temporais para os trópicos (Huffman, Bolvin, 2017).

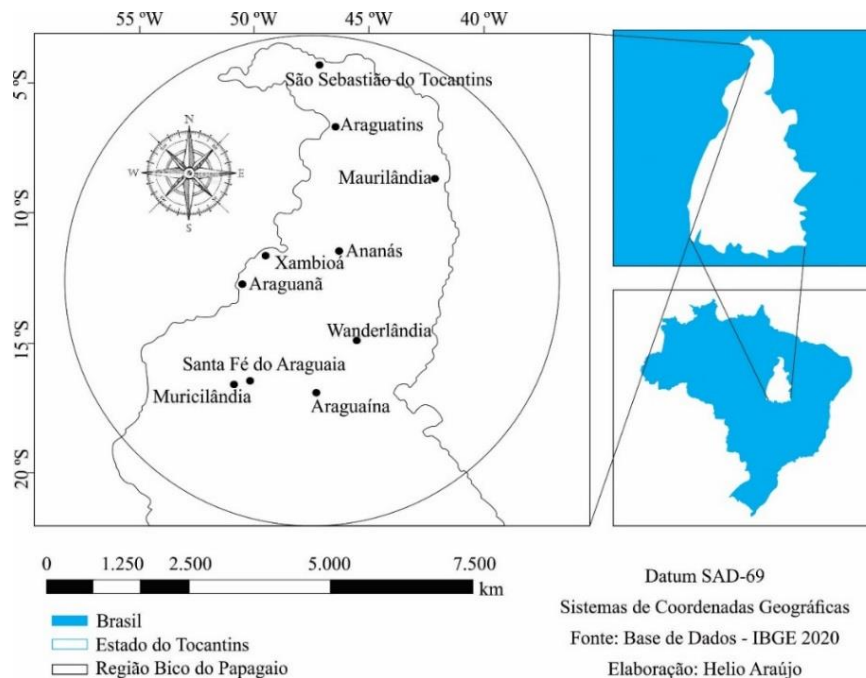
O setor meteorológico ganhou sistemas de aquisição de dados como o TRMM favorecendo o monitoramento de variáveis no setor agrícola. Esses sistemas de automatização agrícola que estão ligados ao crescimento e desenvolvimento de plantas cultivadas, gerando um manejo de automação da aquisição de dados meteorológicos, de uma forma que amplia a utilização e a eficiência e toda a qualidade dos dados, eliminando boa parte dos erros decorrentes da leitura e interpretação desse tipo de dados.

2. METODOLOGIA

A região do Bico do Papagaio, localiza-se no extremo norte do Estado do Tocantins na transição entre os biomas Cerrado e Amazônia, fazendo divisa com o sudeste do Pará e Maranhão. A região é também parte do MATOPIBA, um acrônimo que designa a região geoeconômica em processo de avanço da fronteira agrícola na porção setentrional do cerrado brasileiro, formada pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

A região faz divisa com o sudeste do Pará e Maranhão, que juntamente com elas são regiões consideradas em pleno desenvolvimento, beneficiando de forma direta para o crescimento regional do Tocantins.

Figura 1. Ilustração da localização da área de estudo na região norte do Estado do Tocantins, conhecida como bico do papagaio



Os dados de precipitação foram adquiridos da rede da Agência Nacional de Águas (ANA), para o período de 2009 a 2019, compreendendo um período de 10 anos. Os dados de precipitação TRMM provenientes do produto 3B43-V7, que corresponde as estimativas

mensais de precipitação, com resolução espacial de 0,25° de latitude e 0,25° de longitude respectivamente, e foram obtidos no site <http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/>. Os dados de precipitação TRMM foram extraídos e analisados usando o software excel.

A análise estatística das séries foi realizada visando-se avaliar os dados mensal de precipitação interpolados, em relação aos dados observados, sendo utilizados os seguintes índices estatísticos: coeficiente de correlação (r) (Equação 1), que representa o grau de concordância entre as variáveis e o coeficiente de determinação (R²) (Equação 2), que mede o grau de associação entre os valores observados e calculados.

$$r = \frac{\sum_1^n (X_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_1^n (X_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{Eq. 01}$$

$$r^2 = \frac{\sum_1^n (X_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_1^n (X_i - \bar{x})^2 \sum_1^n (y_i - \bar{y})^2} \quad \text{Eq. 02}$$

Em que:

x_i – dados observados de precipitação;

y_i – dados estimados de precipitação;

\bar{x} – média dos dados observados de precipitação;

\bar{y} – média dos dados estimados de precipitação;

n – número de dados da série.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra o resultado do coeficiente de correlação (r) entre os valores observados e interpolados da precipitação. Os dados analisados mostraram que a correlação é alta porque fornecem um valor de coeficiente acima de 0,84, segundo Collischonn e Tucci (2001), valores de r acima de 0,75 são considerados bons e, valores entre 0,36 e 0,75 são considerados aceitáveis. O coeficiente de determinação (R²) é um critério estatístico que mede a proporção da variação de Y (variável dependente) que pode ser explicada pela variável X (variável independente), podendo esse valor variar de 0 a 1, dessa forma, $0 < R^2 < 1$ (Crispim et al., 2019).

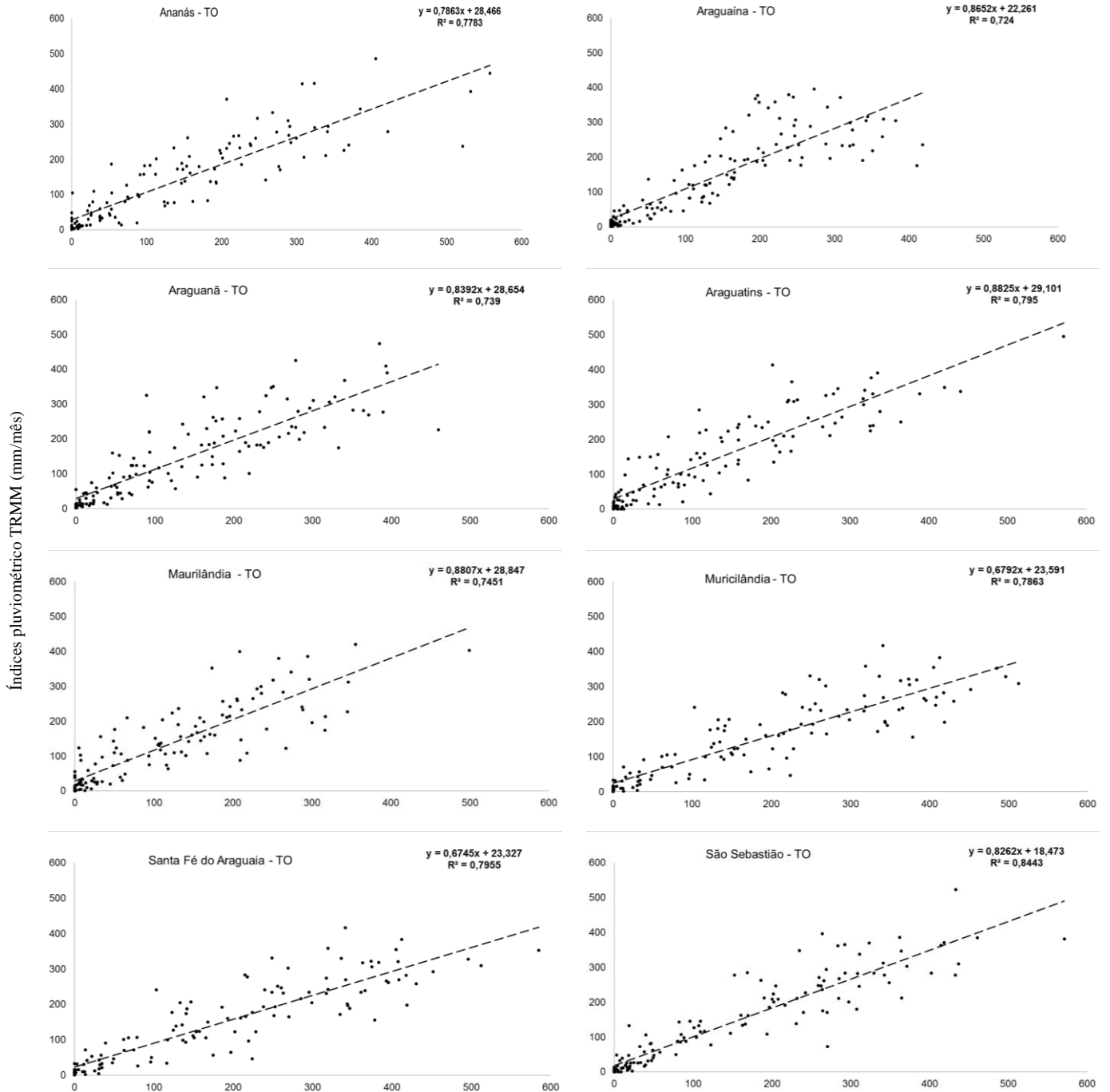
Tabela 1. Localização das estações da rede da Agência Nacional das Águas na área de estudo e os valores de coeficiente de correlação (r) entre os dados

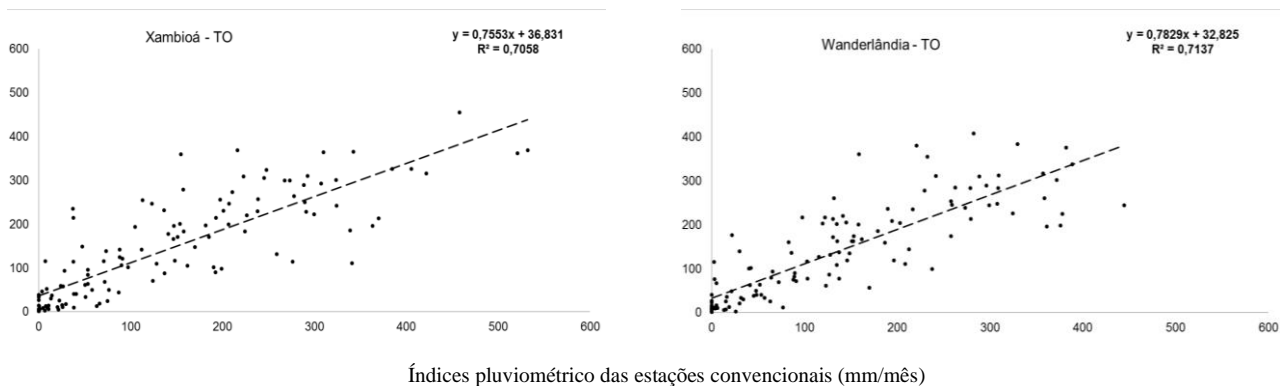
	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude	r
Ananás	-6.36	-48.07	220 m	0,88
Araguaína	-7.20	-48.20	236 m	0,85
Araguanã	-6.67	-48.47	146 m	0,85
Araguatins	-5.65	-48.13	103 m	0,89
Maurilândia	-5.95	-47.51	156 m	0,86
Muricilândia	-7,15	-48.60	190 m	0,88
Santa Fé do Araguaia	-7.15	-48.70	190 m	0,89
São Sebastião	-5.26	-48.21	105 m	0,91
Xambioá	-6.41	-48.53	135 m	0,84
Wanderlândia	-6.84	-47.97	257 m	0,84

Fonte: ANA (2020).

A Figura 2 mostra uma comparação entre a precipitação mensal e as estimativas obtidas usando o satélite TRMM. Existe uma boa correlação entre os dados observados, indicando que os dados estimados por satélites fornecem uma estimativa aproximada dos dados medidos pelos pluviômetros em superfície. A Figura 2 apresenta os valores do coeficiente de determinação (R^2) da área analisada com valores acima de 0,70. Verifica-se que de modo geral, os dados de precipitação analisados aproximam-se da linha de tendência, sendo verificados somente alguns pontos discrepantes. Além disso, observa-se que o valores de coeficiente de determinação dos pontos interpolados analisados, são entre 0,72 e 0,84. Araújo (2020) em estudo na bacia Hidrográfica do Rio Brígida em Pernambuco, encontrou valor de coeficiente superior a 0,70. Veber et al. (2019) em estudo de consistência de dados de estações terrestre e de satélite para a cidade de Pelotas – RS, encontraram boa correlação entre os dados superiores a 0,80 e coeficiente de determinação acima de 0,73.

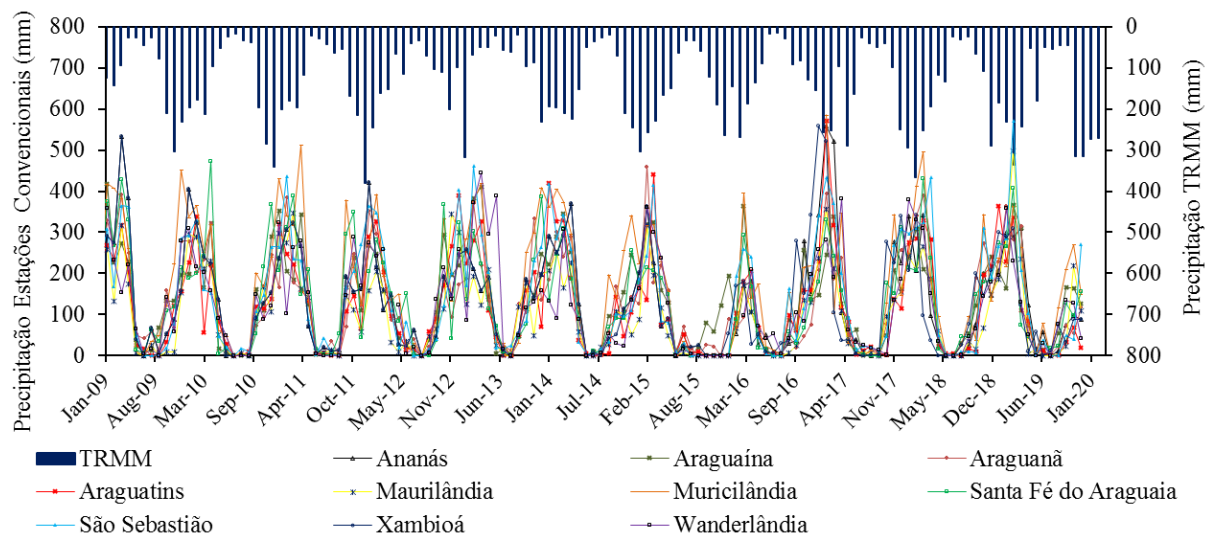
Figura 2. Correlação entre os dados medidos em superfície e os dados estimados pelo satélite TRMM nas escalas mensal





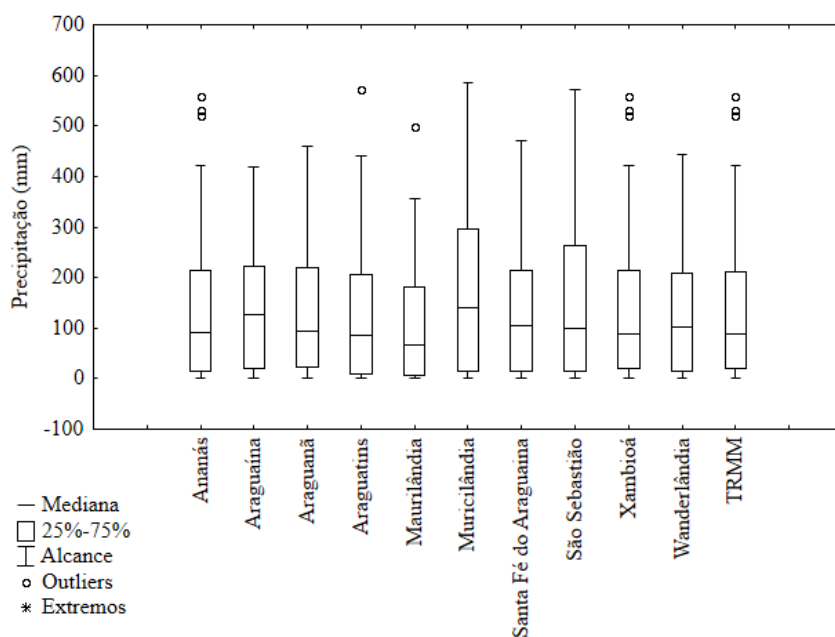
As precipitações mensais tanto para as estações convencionais como o TRMM, se mostram bastante similar em relação ao quantitativo precipitado como mostra a Figura 3. Vários autores encontram resultados satisfatório em relação dados observados com o TRMM. Feitosa e Oliveira (2020) encontraram valores estimados com o satélite TRMM que foram aproximados com os dados observados em solo pelos postos pluviométricos (Brasil Neto, 2020; SANTOS et al., 2020; Silva et al. 2021).

Figura 3. Precipitações mensais das estações convencionais comparadas as precipitações TRMM no período de 2009 a 2019



Na análise de *box-plot* (Figura 4) foi observada ocorrência de valores discrepantes (outliers) nos municípios de Ananás, Araguatins, Maurilândia e Xambioá, bem como para os dados do TRMM. Observou-se assimetria positiva, com o primeiro e o terceiro quartis apresentando simetria adequada em torno do valor mediano, que está localizado aproximadamente no centro das caixas, o que é consistente com a hipótese de distribuição Normal.

Figura 4. Dispersão de dados pluviométricos mensais das estações e de TRMM na área de estudo



4. CONCLUSÃO

A estimativa dos dados de precipitação pluvial do satélite TRMM foram satisfatórios em relação aos dados pluviométrico registrados pelas estações em superfície, apresentando valores de R^2 entre 0,70 e 0,84, ou seja os dados interpolados apresentaram uma boa correlação com os dados observados, podendo ser utilizados de forma complementar em estudos hidrológicos na região.

REFERÊNCIAS

AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental

- utilizando análise multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 4, p. 423-434, 2012.
- ARAUJO, H. L.; MONTENEGRO, A; A. A.; IUG L.; CARVALHO, A. A.; SILVA, E. C.; GONÇALVES, G. E. Espacialização da precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Brígida no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 01, p. 391-405, 2020.
- BRASIL NETO, R. M. **Avaliação da seca e de suas características sobre o Estado da Paraíba utilizando dados TRMM e de pluviômetros (1998–2017)**. 2020.
- CRISPIM, D. L.; RODRIGUES, R. S. S.; VIEIRA, A. S. A.; SILVEIRA, R. N. P. O.; PESSOA, F. C. L. Análise estatística da precipitação do município de Brasília–Acre, Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 104-122, 2019.
- DEPINÉ, H.; CASTRO, N.M.R.; PINHEIRO, A; PEDRO, O. Preenchimento de Falhas de Dados Horários de Precipitação Utilizando Redes Neurais Artificiais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 51-63, 2014.
- FEITOSA, J. R. M.; OLIVEIRA, C. W. Estudo comparativo dos dados de precipitação do satélite TRMM e postos pluviométricos no estado do Ceará, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, n. 65, p. 239-262, 2020.
- HUFFMAN, G. J., & BOLVIN, D. T. TRMM and other data precipitation data set documentation. **NASA**, Greenbelt, USA, v. 28, n. 2.3, p. 1, 2013.
- HUFFMAN, G.J.; BOLVIN, D.T. TRMM and Other Data Precipitation Data Set Documentation. **Global Change Master Directory; NASA**: Washington, DC, USA, 45p, 2017.
- KIDD, C.; HUFFMAN, G. Global precipitation measurement. **Meteorological Applications**, v. 18, n. 3, p. 334-353, 2011.
- LI, C., & WANG, R. Recent changes of precipitation in Gansu, Northwest China: An index-based analysis. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 1, p. 397-412, 2017.
- LOPES, I.; LEAL, B.G.; RAMOS, C.M.C.; MELO, J.M.M. Espacialização da precipitação para a região do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, [online] 2016. <https://doi.org/10.7127/rbai.v10n500459>.
- MAHMOUD, M.T.; MOHAMMED, S.A.; HAMOUDA, M.A.; MOHAMED, M.M. Impact of Topography and Rainfall Intensity on the Accuracy of IMERG Precipitation Estimates in an Arid Region. **Remote Sens**. 2021. [https:// dx.doi.org/10.3390/rs13010013](https://dx.doi.org/10.3390/rs13010013).
- MELLO, F. W. P. J.; PESSOA, F. C. L.; SANTANA, L. R. Regionalização de vazões mínimas da bacia hidrográfica do Rio Mearim no estado do Maranhão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e114962651-e114962651, 2020.
- MOLINA, S.K.M.; ALMEIDA, I.K.; STEFFEN, J.L.; ALVES SOBRINHO, T. Caracterização de

- disponibilidade hídrica e comparação de metodologia de regionalização de vazões. **Geociências**, v. 33, n. 3, p. 506-515, 2014.
- MOTA, M. C.; RIZZI, R.; HÄRTER, F. P.; DAMÉ, R. D. C. F. Precipitações estimadas pela missão TRMM e observadas em superfície no estado do rio grande do sul. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 237-247, 2019.
- OLIVEIRA, L. Y. D.; JUNIOR, J. M.; DE OLIVEIRA, P. T. S.; ARMININI, B. X., & COENIO, D. F. R. Análise de Armazenamento Hídrico na Bacia do Paraná Utilizando Dados Grace, Associado a Dados Mod16 e TRMM. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 624-630, 2020.
- OLIVEIRA, R. N., & SARAIVA, J. M. B. Variabilidade da chuva na região central do amazonas: o uso do satélite TRMM. **REVISTA GEONORTE**, v. 9, n. 33, p. 251-255, 2018.
- OLIVEIRA, R. N.; SARAIVA, J. M. B. Variabilidade da Chuva na Região Central do Amazonas: O Uso do Satélite TRMM. **Revista Geonorte**, v. 9, n. 33, p. 251-255, 2018.
- PRAKASH, S.; MITRA, A. K.; PAI, D. S.; AGHAKOUCHAK, A. From TRMM to GPM: How well can heavy rainfall be detected from space. **Advances in Water Resources**, v. 88, p. 1-7, 2016.
- SANTOS, G. O., DE LIMA, F. B., SILVA, C. A. P., ARONOVITCH, W., & JÚNIOR, J. P. M. Distribuição espacial da variação de dados pluviométricos entre estações de superfície e sensoriamento remoto. **Agrometeoros**, v. 27, n. 1, 2020.
- SILVA, M. A., MERLO, M. N., THEBALDI, M. S., & VIOLA, M. R. Validação da precipitação estimada pelo produto 3b42 do satélite “tropical rainfall measuring mission” para a sub-bacia hidrográfica paraíba do sul, Estado de São Paulo, BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, 2021.
- SKOFRONICK-JACKSON, G.W.; PETERSEN, A.; BERG, W.; KIDD, C.; STOCKER, E.F.D.; KIRSCHBAUM, B.; KAKAR, R.; BRAUN, S.A.; HUFFMAN, G.J.; KIRSTETTER, P.E.; KUMMEROW, C.; MENEGHINI, R.; OKI, R.; OLSON, W.S.; TAKAYABU, Y.N.; FURUKAWA, K. & WILHEIT, T. The Global Precipitation Measurement (GPM) Mission for Science and Society. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 98: 1657-1672. 2017.
- VEBER, P. M.; NETA, M. C. C.; MANKE, E. B.; GANDRA, C. F. A. T.; DAMÉ, R. D. C. F. Análise de consistência entre dados interpolados e observados de precipitação do município de Pelotas/RS. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 6, p. 5993-6000, 2019.
- YAN, G., LIU, Y., & CHEN, X. Evaluating satellite-based precipitation products in monitoring drought events in southwest China. **International Journal of Remote Sensing**, v. 39, n. 10, p. 3186-3214, 2018.