



Mercator - Revista de Geografia da UFC
ISSN:
ISSN: 1984-2201
edantas@ufc.br
Universidade Federal do Ceará
Brasil

AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DO SATÉLITE TRMM 3B43V7 NO PANTANAL DE MATO GROSSO DO SUL NOS ANOS DE 1998 A 2019

AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DO SATÉLITE TRMM 3B43V7 NO PANTANAL DE MATO GROSSO DO SUL NOS ANOS DE 1998 A 2019
Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 21, núm. 1, 2022
Universidade Federal do Ceará
Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273674020030>

AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DO SATÉLITE TRMM 3B43V7 NO PANTANAL DE MATO GROSSO DO SUL NOS ANOS DE 1998 A 2019



Acceso abierto diamante

Abstract

O sensoriamento remoto pode auxiliar na aquisição de dados de superfície escassos. As análises para validação do produto da precipitação estimado pelo satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) foram realizadas com os dados de precipitação observados na superfície durante o período de 1998 a 2019. Para tanto, foram utilizados dados de precipitação das estações meteorológicas do bioma Pantanal, localizadas entre os paralelos 16 e 22°S e os meridianos 55 e 58°W, e comparados com os dados dos algoritmos do produto TRMM 3B42 V7. A análise estatística foi realizada com base no coeficiente de correlação, raiz do erro quadrático médio (RMSE) e viés relativo (BIAS) entre os dados mensais de precipitação observados na superfície e os dados de precipitação estimados. Os resultados encontrados para o produto 3B43 V7 indicaram que as estimativas de precipitação foram representativas quando comparadas às observações de superfície. No entanto, quando comparados para os períodos chuvoso e seco, houve subestimação e superestimação, respectivamente, do produto. O produto 3B42 V7 representa satisfatoriamente a precipitação que ocorre na superfície.

Keywords: Tropical Chuva, Sensoriamento remoto, Estimativa de Precipitação de Observação Meteorológica Convencional.

Resumo

O sensoriamento remoto pode auxiliar na aquisição de dados de superfície escassos. Foram realizadas análises para validação do produto da precipitação estimada pelo satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) com dados de precipitação observados na superfície durante o período de 1998 a 2019. Foram utilizados dados de precipitação a partir de estatísticas meteorológicas do bioma Pantanal, localizados entre os paralelos de 16 e 22°S e os meridianos de 55 e 58°W e comparados com os dois algoritmos do produto TRMM 3B42 V7. A análise estatística foi realizada com base no coeficiente de não correlação, erro quadrático médio (RMSE) e correlação relativa (BIAS) entre os dados mensais de precipitação observados na superfície e os dados de precipitação estimados. Os resultados encontrados para o produto 3B43 V7 indicam que as estimativas de precipitação foram representativas quando comparadas às observações de superfície. Porém, quando comparadas para os períodos chuvoso e seco, houve underestimação e superestimação, respectivamente, do produto. O produto 3B42 V7 representa satisfatoriamente a precipitação que corre sobre a superfície.

Palavras-chave: Tropical Chuva, Sensoriamento remoto, Estimativa de Precipitação por Observação Meteorológica Convencional.

Resumen

O sensoriamento remoto pode auxiliar na aquisição de dados de superfície esparsos. As análises para validação do produto da precipitação estimado pelo satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) foram realizadas com os dados de precipitação observados na superfície durante o período de 1998 a 2019. Para tanto, foram utilizados dados de precipitação de estações meteorológicas do bioma Pantanal, localizadas entre os paralelos 16 e 22°S e os meridianos 55 e 58°W e comparados com dados dos algoritmos do produto TRMM 3B42 V7. A análise estatística foi realizada com base no coeficiente de correlação, erro quadrático médio (RMSE) e viés relativo (BIAS) entre os dados mensais de precipitação observados na superfície e os dados estimados de precipitação. Os resultados encontrados para o produto 3B43 V7 indicaram que as estimativas de precipitação foram representativas em comparação com as observações de superfície. No entanto, quando comparados para os períodos chuvoso e seco, houve subestimação e superestimação, respectivamente, da produção. O produto 3B42 V7 representa satisfatoriamente a precipitação que ocorre na superfície.

Palabras clave: Tropical Chuva, Sensoriamento Remoto, Estimativa de Precipitação de Observação Meteorológica Convencional.

INTRODUÇÃO

A principal fonte de água para as atividades humanas na maior parte do mundo é a chuva. O conhecimento preciso da quantidade, frequência e intensidades das chuvas em um determinado local é essencial para o planejamento de seu uso integral, uma vez que os dados pluviométricos desempenham um papel importante no projeto e gestão dos sistemas hídricos e ambientais (Abreu et al., 2022). Os valores da chuva variam de local para local, dia a dia, mais para mais, estação para estação e também ano a ano. Assim, a análise da quantidade, intensidade e distribuição dos dados pluviométricos de um determinado período é essencial para hidrólogos, meteorologistas e tomadores de decisão.

Estudos recentes documentaram que dados de precipitação com resoluções espaciais e temporais são essenciais para pesquisas hidrológicas, gestão de recursos hídricos, produção agrícola, alertas precoces de secas e inundações e para fins de monitoramento (Dubreuil et al., 2004; Collischonn et al., 2007; Chen et al., 2013b; Habib et al., 2012; Seyyedi et al., 2015; Tang et al., 2015; Chen e Li, 2016; Zhao et al., 2018).

Registros de longo prazo de precipitação diária são registrados por anos, portanto, essas informações para locais em todo o mundo estão geralmente disponíveis e podem ser usadas para análise. No passado, a distribuição espacial de chuvas, zonas climas, inundações e secas eram analisadas usando esses dados. Embora tenhamos uma grande quantidade de dados, ainda não sabe tudo o que há para saber sobre precipitação. Uma mudança de prazo de longo prazo em variáveis climáticas, como precipitação e temperatura, afeta os ecossistemas e, portanto, os modelos climáticos são constantemente atualizados.

A importância do conhecimento preciso sobre o tema precipitação também exige o constante aprimoramento de seus métodos de medição. Embora existam muitos métodos, ainda é difícil fazer estimativas precisas usando qualquer um deles. Assim, medir a quantidade de precipitação que chega ao solo não é tão simples quanto parece. Os dados de precipitação tradicionalmente adquiridos a partir de pluviômetros ou radares meteorológicos são mais confiáveis, mas a precipitação é geralmente escassa e distribuída de forma desigual devido ao acesso limitado a certas áreas, como desertos, montanhas e oceanos (Xie e Arkin, 1996; Maggioni, Meyers, & Robinson, 2016; Zhu et al., 2017). A baixa densidade das distribuições das estações meteorológicas reduz a confiabilidade das informações, pois somente séries completa e longas aumentam a qualidade da análise.

Hoje, os cientistas podem medir e estimar a precipitação também indiretamente usando técnicas de sensoriamento remoto (por exemplo, de sistemas de radar e satélites de observação da Terra). No entanto, radares com cobertura espacial limitada, especialmente em regiões oceânicas, e muitos pesquisadores estão buscando alternativas para superar essas limitações (Kidd et al., 2012; Liu, 2015; Ma et al., 2016). Dados de sensores de satélite quando comparados com dados de pluviômetros, além de terem maior alcance em regiões de difícil acesso, também produzem dados com resolução temporal e espacial mais refinada (Shrivastava et al., 2014; Mantas et al., 2015).

A Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) foi desenvolvida pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e pela Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA) em 1997 e forneceu informações sobre precipitação em regiões tropicais e subtropicais (Kummerow et al., 1998; Kummerow et al., 2001; Huffman et al., 2007; Mehta & Yang, 2008; Yang e Smith, 2008). As medições do TRMM aprofundaram o conhecimento das chuvas tropicais e forneceram imagens tridimensionais da intensidade e estrutura da tempestade a partir do espaço, usando o primeiro radar meteorológico transportado por satélite. As estimativas de precipitação por satélite têm sido foco de atenção devido à sua variabilidade temporal e espacial (Chen et al., 2013a; Chen e Li, 2016; Guo et al., 2016), mas os produtos de satélite registraram desvios e erros causados pela incerteza dos algoritmos da frequência do conhecimento (Nair, Srinivasan e Nemani, 2010). Os produtos de satélite devem ser verificados e ajuste por dados pluviométricos convencionais antes de serem aplicados. O desempenho do produto TRMM 3B43V7 varia devido a diferentes altitudes e localizações geográficas (Tan et al. (2018) em Cingapura; Karaseva, Prakash & Gairola (2012) no Quirguistão; (2017) no sudoeste da China; Tan et al. al. (2017) na Malásia; Darand, Amanollahi e Zandkarimi (2017) no Irã; Wang et al. (2017) nas montanhas Qinling-

Daba; Jin, Zhang e Huang (2015) em Yangtze; (2016) na província de Jiangsu na China e Chen & Li (2016) na China). Os produtos de satélite devem ser verificados e ajuste por dados pluviométricos convencionais antes de serem aplicados. O desempenho do produto TRMM 3B43V7 varia devido a diferentes altitudes e localizações geográficas (Tan et al. (2018) em Cingapura; Karaseva, Prakash & Gairola (2012) no Quirguistão; (2017) no sudoeste da China; Tan et al. al. (2017) na Malásia; Darand, Amanollahi e Zandkarimi (2017) no Irã; Wang et al. (2017) nas montanhas Qinling-Daba; Jin, Zhang e Huang (2015) em Yangtze; (2016) na província de Jiangsu na China e Chen & Li (2016) na China). Os produtos de satélite devem ser verificados e ajuste por dados pluviométricos convencionais antes de serem aplicados. O desempenho do produto TRMM 3B43V7 varia devido a diferentes altitudes e localizações geográficas (Tan et al. (2018) em Cingapura; Karaseva, Prakash & Gairola (2012) no Quirguistão; (2017) no sudoeste da China; Tan et al. al. (2017) na Malásia; Darand, Amanollahi e Zandkarimi (2017) no Irã; Wang et al. (2017) nas montanhas Qinling-Daba; Jin, Zhang e Huang (2015) em Yangtze; (2016) na província de Jiangsu na China e Chen & Li (2016) na China). Darand, Amanollahi e Zandkarimi (2017) no Irã; Wang et ai. (2017) nas montanhas Qinling-Daba; Jin, Zhang e Huang (2015) em Yangtze; Tao et ai. (2016) na província de Jiangsu na China e Chen & Li (2016) na China). Darand, Amanollahi e Zandkarimi (2017) no Irã; Wang et ai. (2017) nas montanhas Qinling-Daba; Jin, Zhang e Huang (2015) em Yangtze; Tao et ai. (2016) na província de Jiangsu na China e Chen & Li (2016) na China).

Também no Brasil, vários estudos foram realizados para validar dados de precipitação para diferentes regiões e demonstrar que há uma relação entre estimativas de precipitação e dados de satélite TRMM, incluindo Silva-Fuzzo e Rocha (2016), Camaparotto et al. (2013), Almeida et al. (2015), Pessi et al. (2019) Tags.

No Pantanal do Mato Grosso do Sul, o monitoramento das chuvas é limitado pela escassez e distribuição desigual de estações meteorológicas due a regiões de difícil acesso. Medidas de precipitação obtidas a partir de pluviômetros dispersos não são representativas e, portanto, são sempre adequadas para pesquisas, especialmente para grandes áreas como o Pantanal. Portanto, o satélite é considerado uma opção importante para adquirir estimativas de chuva na ausência de mediações terrestres nesta área. Essa foi a principal motivação para este estudo. A avaliação do produto TRMM 3B43V7 no Pantanal do Mato Grosso do Sul é urgente, pois fornecerá suporte teórico para a aplicação do TRMM 3B43 no monitoramento e alerta de secas no Pantanal.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na porção brasileira do Pantanal (latitude 16 - 22°S, longitude 55 - 58°W). O Pantanal é a maior área do mundo, ocupando uma área de mais de 160.000 quilômetros quadrados, localizada no centro da América do Sul (SA), e está espalhada por três países - Bolívia, Brasil e Paraguai. Com 140.000 quilômetros quadrados, o Pantanal ocupa uma área da região Centro-Oeste do Brasil, segunda no Dicionário Geográfico do IBGE (IBGE), com cerca de 63% no estado de Mato Grosso do Sul e 37% no estado de Mato Grosso a uma altitude média de 110 m, com amplitude de 6 a 12 cm por quilômetro no sentido oeste-oeste e de 1 a 2 cm por quilômetro na região norte-sul (NS) - (Figura 1).

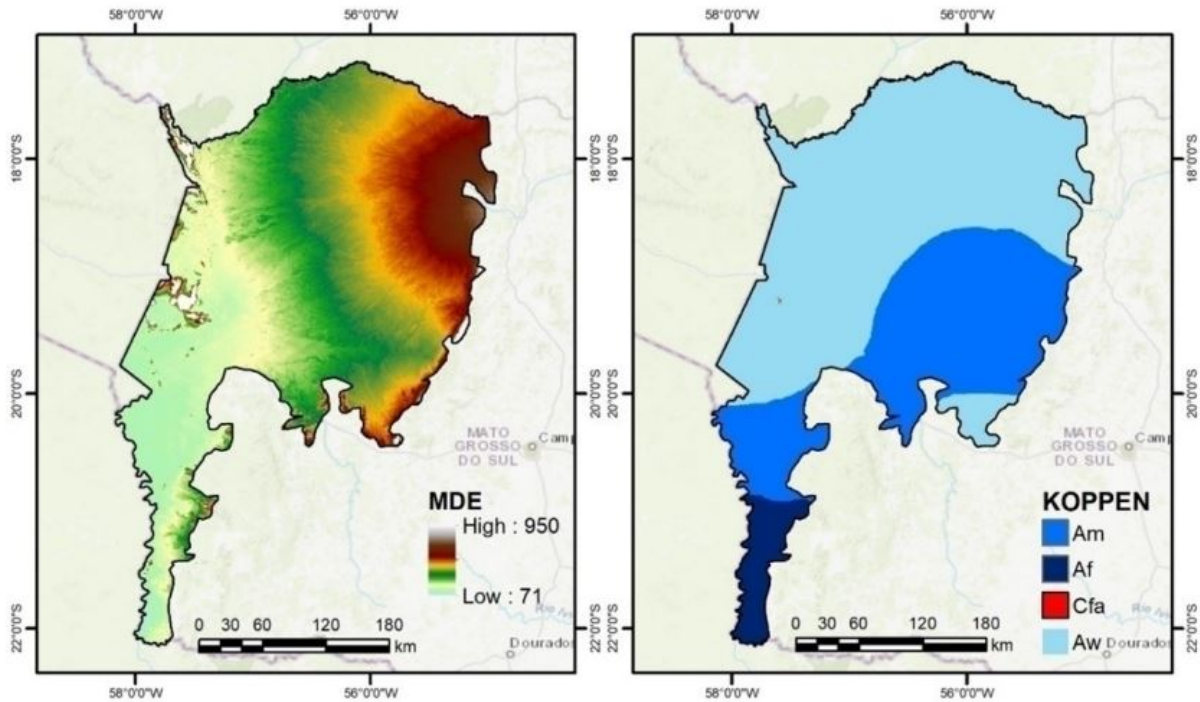
O estado de Mato Grosso do Sul, fazem parte do Pantanal sul-mato-grossense para os seguintes municípios: Anastácio, Aquidauana, Bodoquena, Corumbá, Coxim, Miranda e Porto Murtinho. Os principais rios que descem do planalto para as planícies são, de norte a sul, Paraguai, Bento Gomes, Cuiabá, São Lourenço - Itiquira, Taquari, Negro, Aquidauana - Miranda, Nabileque e Apa.

O CLIMA NÃO PANTANOSO

Em segundo lugar, pela classificação de Köppen, a maior parte do território está na zona de clima tropical (Alvares et al., 2013). No Pantanal existem os seguintes tipos de clima: do tipo Aw (tropical com estação seca de inverno) com duas estações bem definidas: i) seco (máximo a sete) e ii) chuvoso (de abril a

abril) (Teodoro et al., 2015) ou do estado de Mato Grosso (região do Pantanal), com precipitação pluviométrica anual de 1.400 mm. O clima do tipo Am (subtropical e subsubúmido) aparece no oeste de Mato Grosso do Sul, no baixo-pantanal, onde a precipitação anual varia entre 1.300 e 1.600 mm, e também na região central do estado, onde a maior precipitação pluviométrica é alta e de 1.900 mm por ano. O clima do tipo Af (tropical ou superúmido) aparece no sudoeste de Mato Grosso do Sul, no sul do Pantanal, nas localidades mais ao sul, e sempre em altitudes abaixo de 400 m, onde a precipitação anual varia entre 1.400 e 1.800 mm. Em uma pequena localidade, nas terras altas do Pantanal, a uma altitude de 900 m, observa-se o clima do tipo Cfa (clima subtropical quente de verão) (Alvares et al., 2013).

As diferentes características climáticas do Pantanal são determinadas condições de revezamento e interações climáticas. Soma-se a isso a forte influência dos biomas vizinhos, como o Cerrado, a Amazônia e os Chacos boliviano e paraguaio (Alho et al., 2019).



#fig1en.jpg

Figura 1 - Localização e extensão do Pantanal na América do Sul, com classificação de Köppen e modelo digital de elevação - DEM (m), respectivamente.

Figura 1 - Localização e extensão do Pantanal na América do Sul, com classificação de Köppen e modelo digital de elevação - DEM (m), respectivamente.

Location	Latitude (°S)	Longitude (°W)	Altitude (m)	Period (years)
Anastácio	-19.6	-56.2	106	1998-2019
Aquidauana	-22.5	-55.8	147	1998-2019
Bodoquena	-19.9	-57.0	133	1998-2019
Corumba	-19.0	-57.6	118	1998-2019
Coxim	-18.5	-54.7	238	1998-2019
Miranda	-20.2	-56.4	125	1998-2019
Porto Murtinho	-21.7	-57.9	90	1998-2019
Rio Negro	-19.4	-55.0	233	1998-2019

#tab1en.jpg

Tabela 1 - Altitude (m), latitude e longitude (°) e período de observação da precipitação (mm) de cada localidade do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Tabela 1 - Altitude (m), latitude e longitude (°) e período de observação da precipitação (mm) de cada localidade do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na porção brasileira do Pantanal (latitude 16 - 22°S, longitude 55 - 58°W). O Pantanal é a maior área do mundo, ocupando uma área de mais de 160.000 quilômetros quadrados, localizada no centro da América do Sul (SA), e está espalhada por três países - Bolívia, Brasil e Paraguai. Com 140.000 quilômetros quadrados, o Pantanal ocupa uma área da região Centro-Oeste do Brasil, segunda no Dicionário Geográfico do IBGE (IBGE), com cerca de 63% no estado de Mato Grosso do Sul e 37% no estado de Mato Grosso a uma altitude média de 110 m, com amplitude de 6 a 12 cm por quilômetro no sentido oeste-oeste e de 1 a 2 cm por quilômetro na região norte-sul (NS) - (Figura 1).

SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO MENSAL

Informações básicas sobre os dados de estações meteorológicas convencionais e observações de satélite utilizadas neste estudo são descritas na seção a seguir. Foram compiladas as séries históricas de dados pluviométricos de 8 estações meteorológicas do Pantanal Sul-Mato Grosso - MS (Figura 1) para o período de janeiro de 1998 a dezembro de 2019. O local e o período de observação são apresentados na Tabela 1. Os dados foram obtidos do banco de dados hidrometeorológicos da Agência Nacional de Águas (ANA) - (ANA, 2020), disponível no Hidroweb - Sistema de Informações Hidrológicas (<http://www.ana.gov.br/>), e do banco de dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados foram fornecidos como precipitação diária cumulativa em millimeters para cada estação.

Primeiramente, foi feito o controle de qualidade dos dados de cada estação para identificar se havia algum erro. As séries históricas com erros foram eliminadas e pré-criptografadas por normas climatológicas para cada uma das 8 estações realizadas por Teodoro et al. (2015)Tags. Para o período avaliado, a maioria dos dados referentes às estações meteorológicas apresentou no máximo 5% de falhas de dados. Em segundo lugar, foi adicionado à precipitação média mensal da precipitação para o período 1998-2019 para cada estação e, finalmente, foi adicionado à precipitação média anual para cada estação.

Os dados do produto TRMM-3B43 foram obtidos no site Giovanni (NASA, 2019) disponíveis no link: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>. Os arquivos são disponibilizados em formato ASCII com uma grade regular de pontos (grid-point). Os dados coletados referem-se aos quadrantes que cobrem todo o limite das estações meteorológicas (Figura 1).

Observações de 8 estações meteorológicas, convenções e séries temporárias de satélites foram comparadas usando uma abordagem baseada em pixels. Ou seja, as estimativas de precipitação em cada

estação meteorológica foram comparadas com as estimativas de satélite no pixel da grade correspondente. As comparações foram realizadas mensalmente e anualmente.

A precisão das estimativas de satélite pode ser avaliada usando vários índices estatísticos. Neste estudo, os dados relativos (BIAS), o coeficiente de correlação (r) e a raiz quadrada do erro médio (RMSE) foram utilizados para comparar as diferenças e correlações entre as estimativas de satélite e as observações da estatística meteorológica convencional. Esses índices estatísticos foram frequentemente utilizados em estudos de validação (Yang & Luo, 2014, Liu et al., 2020, de Almeida et al., 2020).

Os índices estatísticos podem ser calculados usando as seguintes equações:

$$BIAS = \frac{(\sum_{i=1}^n Rf_{TRMM-i} - \sum_{i=1}^n Rf_{obs-i})}{\sum_{i=1}^n Rf_{obs-i}}$$

$$r = \frac{(\sum_{i=1}^n Rf_{obs-i} - \overline{Rf_{obs}}) \cdot (\sum_{i=1}^n Rf_{TRMM-i} - \overline{Rf_{TRMM}})}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n Rf_{obs-i} - \overline{Rf_{obs}})^2 \cdot (\sum_{i=1}^n Rf_{TRMM-i} - \overline{Rf_{TRMM}})^2}}$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(Rf_{TRMM-i} - Rf_{obs-i})^2}{n}}$$

[#form1en.jpg]

onde Rf_{obs-i} é observada precipitação, Rf_{TRMM-i} é o valor estimado de precipitação de TRMM 3B43; Rf_{obs} é a precipitação média observada e Rf_{TRMM} é a precipitação média estimada pelo TRMM de 3B43; n é o número de observações.

O BIAS relativo é o desvio geral das estimativas de precipitação TRMM 3B43V7 do conjunto de pontos de dados meteorológicos, o que indica superestimação (BIAS > 10%) ou subestimação das estimativas de satélite (BIAS < -10%) e estimativas e observações de satélite aproximadamente iguais às estações meteorológicas (BIAS variam de -10% a 10%) (Yang e Luo, 2014).

O RMSE mede o erro médio entre as observações das estações meteorológicas e as estimativas de precipitação TRMM 3B43V7. O RMSE igual a 0 indica ausência de erros. Quanto maior o RMSE, maior a diferença entre as estimativas de precipitação por satélite e as observações meteorológicas.

O coeficiente de correlação mede a correlação entre as observações da estação meteorológica e as estimativas da chuva do TRMM 3B43V7, com o valor variando entre -1 e 1. Um valor de 0 indica nenhuma correlação enquanto um valor próximo a 1 (ou -1) indica alta correlação.

O estudo foi realizado na Porção do Pantanal (latitude 16 - 22°S, longitude 55 - 58°W). O Pantanal é a maior área do mundo, ocupando uma área de mais de 160 mil quilômetros quadrados, localizada no centro da América do Sul (SA), e é apoiada por três países - Bolívia, Brasil e Paraguai. Com 140.000 quilômetros quadrados, o Pantanal ocupa uma área da região Centro-Oeste do Brasil, a segunda maior no Dicionário Geográfico do IBGE (IBGE), com cerca de 63% no estado do Mato Grosso do Sul e 37% no estado do Mato Grosso. A uma altitude média de 110 m, a temperatura varia de 6 a 12 cm por quilômetro no sentido oeste-oeste e de 1 a 2 cm por quilômetro na região norte-sul (NS) - (Figura 1).

O estado de Mato Grosso do Sul, pertence ao Pantanal sul-mato-grossense dos seguintes municípios: Anastácio, Aquidauana, Bodoquena, Corumbá, Coxim, Miranda e Porto Murtinho. Os principais rios que descem do planalto para as planícies são de norte a sul, Paraguai, Bento Gomes, Cuiabá, São Lourenço - Itiquira, Taquari, Negro, Aquidauana - Miranda, Nabileque e Apa.

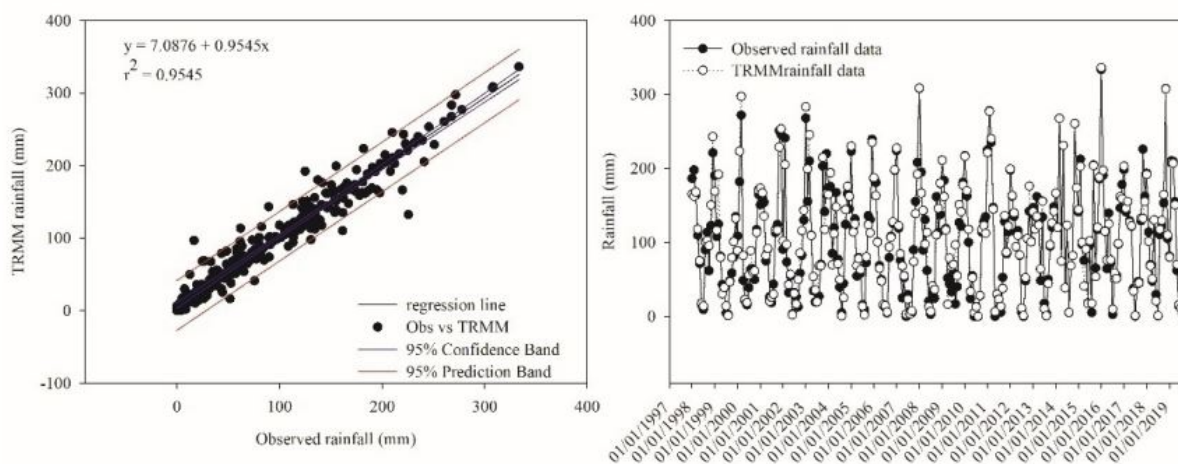
RESULTADOS E DISCUSSÕES

O regime de chuvas no Pantanal é regulado de acordo com o desempenho dos sistemas dinâmicos de microescala, mesoescala e escala sinótica. Neste caso, a convecção local contribuiu para a formação de nuvens de verão, devido à superfície diurna da superfície, resultando em grandes volumes diários de chuva no período chuvoso, o que também contribuiu para a intensa variabilidade espaço-temporal do ciclo hidrológico no Pantanal. Considerando o acúmulo mensal de chuvas no Pantanal, há um ciclo sazonal definido, com índices mais altos no período chuvoso (de abril a abril) e menores no período seco (de maio a setembro).

No período de maior pluviosidade, houve uma maior intensificação e expansão da Zona Continental de Chuvas Continentais sobre a Península Superior (BH), responsável pela produção de chuva no Pantanal. O quarto mais seco do período de Alta Subtropical do Atlântico Sul (SASH) deve-se à alta subsidência atmosférica, devido aos anticiclones formados sobre o continente, incluindo a formação de novas chuvas na região central do Brasil, ou o índice, que é gerenciado por chuvas frontais (Franca, 2015).

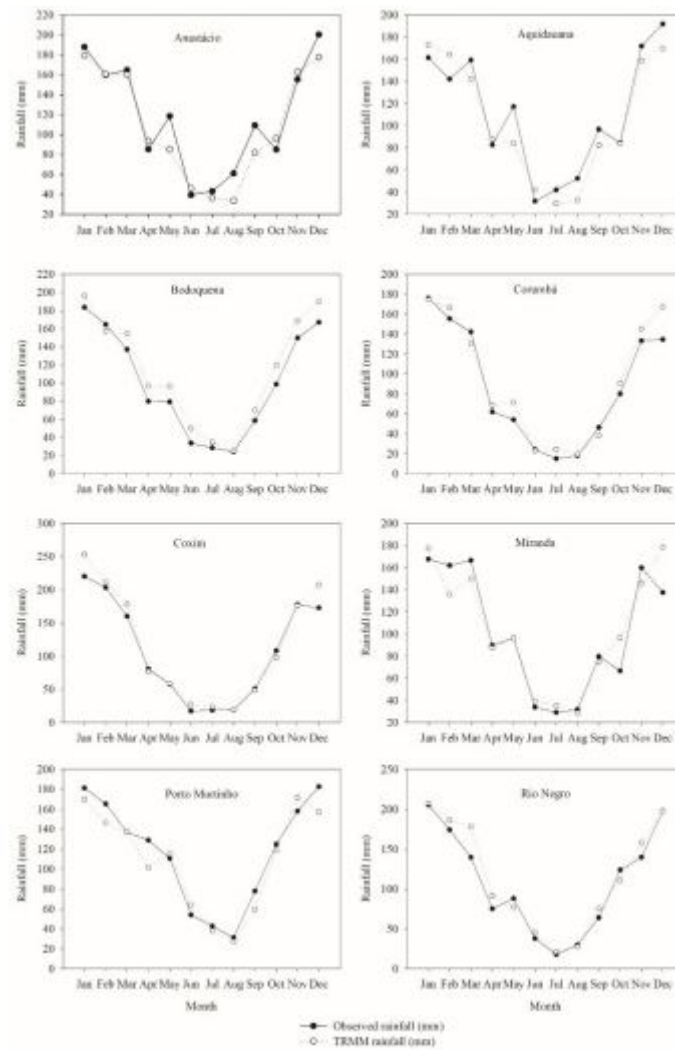
A precipitação média anual durante o período de estudo foi de aproximadamente 1292 mm para as estações meteorológicas convencionais e variou de 307 mm na estação seca (abril a setembro) a 927 mm na estação chuvosa (março a março), mostrando que a maior precipitação foi observada na planície. A precipitação média anual foi de aproximadamente 1.322 mm para o TRMM e varia de 326,9 mm na estação seca a 936 mm na estação chuvosa

A Figura 2 mostra a variação da precipitação mensal dos dados de satélite (TRMM) e a precipitação média mensal dos dados meteorológicos convencionais para o período de 1998 a 2019. A precipitação média mensal da chuva convencional foi de 103,2 mm, variando de 0 a 333,36 mm, com desvio padrão de 73,26 mm, assimetria de 0,54 e mediana de 99,91 mm. A precipitação média do satélite TRMM foi observada em 105,61 mm, variando de 0,13 a 336,08 mm com desvio padrão de 72,02 mm, assimetria de 0,55 e mediana de 101,48 mm.



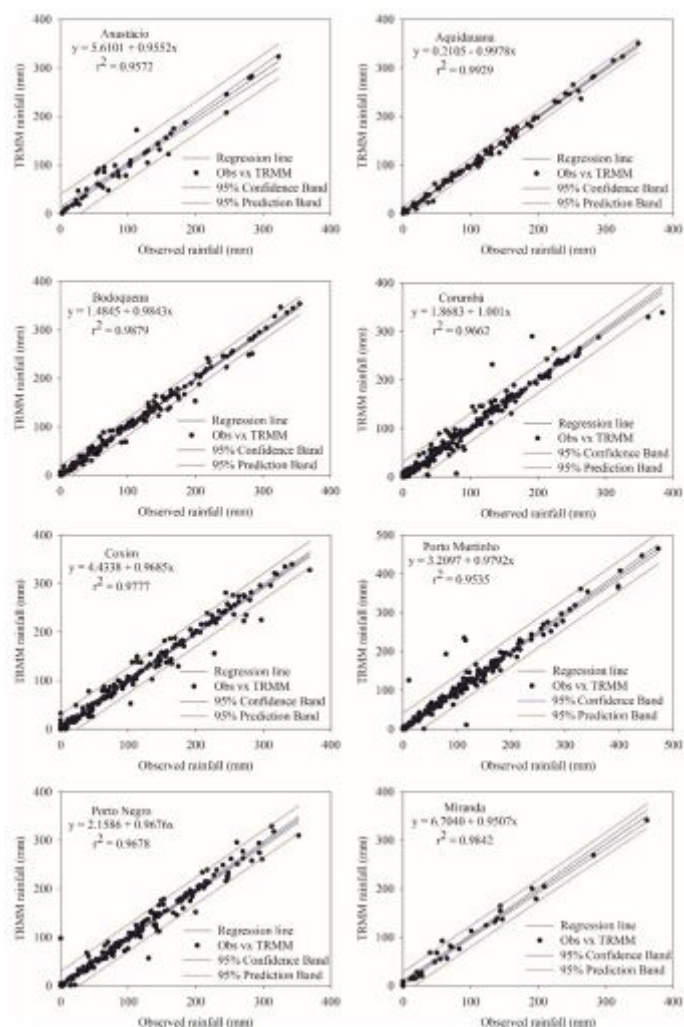
#fig2en.jpg

Figura 2 - Resultados das mensagens médias das distribuições temporárias de precipitação durante o período de estudo de 1998 a 2019 e análise de correção para ambas as fontes de dados (TRMM-3B43 e estações convencionais) no pantanal.



#fig3en.jpg

Figura 3 - Comparação dos dados de precipitação média (mm) da estatística meteorológica convencional (CMS) entre os anos de 1998 a 2019 para as duas localidades do Pantanal de Mato Grosso do Sul.



#fig4en.jpg

Figura 4 – Análise das correlações dos dados médios mensais de precipitação (mm) das estações meteorológicas convencionais (CMS) e do produto do satélite TRMM 3B43 entre os anos de 1998 e 2019 para as demais localidades do Pantanal de Mato Grosso do Sul.

É possível observar que há uma semelhança, em grande parte, entre as precipitações do TRMM e EC (Figura 3). Almazroui (2011) e Pessi et al (2019) Grosso.

2 e 4 apresentam os resultados das análises estatísticas realizadas entre os dados mensais de precipitação. Os dados estimados do produto TRMM 3B43 observados nas estações meteorológicas convencionais apresentaram alta correlação em todas as estações meteorológicas convencionais avaliadas, com coeficiente de correlação médio de 0,94, significativo a 5% de probabilidade, quando considerados os dados de todas as localidades como um todo (Figura 2).

Verificou

Statistics	Anastácio	Aquidauana	Bodoquena	Corumbá	Coxim	Miranda	Porto Murtinho	Rio Negro
Average								
r	0.9591	0.9548	0.9893	0.9806	0.9899	0.9405	0.9685	0.9790
BIAS	-0.8747	-0.7936	1.9964	1.3607	1.1679	0.6504	-0.7389	0.9401
RMSE	17.2675	17.1717	15.4520	13.2117	15.6312	18.1474	14.7755	15.0652
Monthly BIAS								
Month	Anastácio	Aquidauana	Bodoquena	Corumbá	Coxim	Miranda	Porto Murtinho	Rio Negro
Jan	-0.0456	0.0731	0.0691	-0.0089	0.1508	0.0587	-0.0623	0.0104
Feb	0.0055	0.1558	-0.0440	0.0691	0.0399	-0.1620	-0.1148	0.0686
Mar	-0.0282	-0.1051	0.1272	-0.0846	0.1133	-0.0999	0.0003	0.2786
Apr	0.0988	0.0623	0.2102	0.1085	-0.0488	-0.0258	-0.2142	0.2116
May	-0.2823	-0.2812	0.2168	0.3204	0.0146	0.0010	0.0375	-0.1243
Jun	0.1661	0.3241	0.4801	-0.0502	0.5570	0.1631	0.1840	0.1921
Jul	-0.1566	-0.2954	0.2196	0.6407	0.2867	0.2044	-0.1091	0.1825
Aug	-0.4507	-0.3752	0.0394	0.0768	0.0109	-0.0961	-0.1195	-0.0757
Sep	-0.2504	-0.1501	0.1974	-0.1758	-0.0489	-0.0580	-0.2369	0.1749
Oct	0.1330	-0.0092	0.2160	0.1310	-0.0972	0.4526	-0.0481	-0.1075
Nov	0.0498	-0.0772	0.1262	0.0901	-0.0097	-0.0868	0.0854	0.1294
Dec	-0.1140	-0.1155	0.1385	0.2437	0.1992	0.2992	-0.1412	-0.0007
Monthly RMSE								
Month	Anastácio	Aquidauana	Bodoquena	Corumbá	Coxim	Miranda	Porto Murtinho	Rio Negro
Jan	73.3427	138.9350	160.6722	2.4460	1100.0078	96.6507	127.3196	4.5896
Feb	0.7719	489.8375	52.3960	115.1931	65.7058	687.2262	359.3947	142.6051
Mar	21.5952	279.8980	303.5206	144.3922	328.0050	276.6012	0.0012	1509.8627
Apr	70.6107	26.4450	280.4669	45.0364	15.5702	5.3310	760.8212	251.6821
May	1116.0772	1083.2676	294.2032	299.1228	0.7133	0.0101	17.2105	119.4117
Jun	42.4942	105.6510	259.3590	1.4556	93.0260	30.2558	98.0290	52.6017
Jul	45.5890	153.3469	38.5771	90.6873	27.8832	35.3840	21.5034	10.2892
Aug	753.1007	383.9174	0.8995	1.8960	0.0428	9.2859	13.6866	5.0757
Sep	746.2538	210.5079	132.6120	65.9344	6.1933	21.3316	338.6028	124.5778
Oct	127.3682	0.6025	451.6697	109.8209	110.4314	909.2637	35.9564	176.5516
Nov	59.6408	175.6508	356.6072	143.9891	2.9475	192.2860	182.1232	326.2534
Dec	521.1552	490.3272	534.1810	1074.6074	1181.4859	1688.2968	665.1308	0.0169

#tab2en.jpg

Tabela 2 - Médias anuais e mensais de r, Bias e RMSE para as oito cidades localizadas no Pantanal Matogrossense do Sul, entre 1998-2019.

Tabela 2 - Médias anuais e mensais de r, Bias e RMSE para as oito cidades localizadas no Pantanal Matogrossense do Sul, entre 1998-2019.

Pereira et al. (2013) obtém um erro de até 53 mm na comparação entre os dados estimados do TRMM e os valores observados nas áreas de superfície da região Centro-Oeste e Camaparotto et al (2013) obtiveram valores iguais a 81,6 mm também para o restante de Janeiro (Aires et al., 2016).

Nos meses não inverniais, os valores de BIAS foram menores, com média de 0,083 ou menores valores observados em agosto (-0,45) mm para o município de Anastácio (Tabela 2). Nesta estação do ano, como as chuvas são de baixa intensidade, muitas vezes provoca a entrada de massas de ar frio, que atingem a grande região do Estado de Mato Grosso do Sul.

Almeida e colaboradores (2015), quando há variações nas tendências de tempero da precipitação, essa anomalia se deve principalmente ao satélite superestimar ou subestimar os valores em relação aos dados observados nos EMC's.

Outros estudos também relacionam essas diferenças (Collischonn et al., 2007; Nóbrega et al., 2008; Rozante et al., 2010; Almeida et al., 2015; Silva-Fuzzo e Rocha, 2016) e explica que há uma tendência do TRMM de superestimar a precipitação sobre o continente, bem como relacionar com a capacidade do TRMM de estimar períodos secos e chuvosos. Segundo os autores, esse fator ainda não foi totalmente

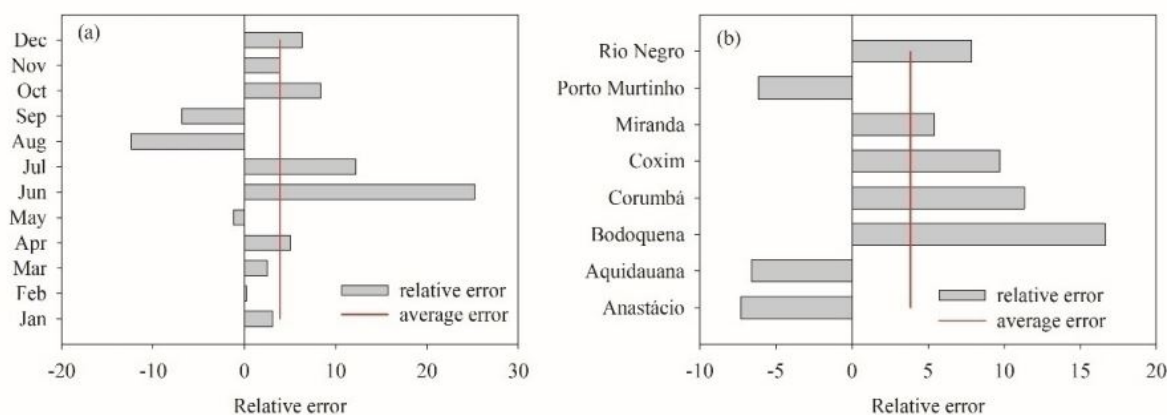
explicado e pode estar relacionado a algo erro de processamento, tanto na leitura dos pluviômetros quanto na geração das estimativas por satélite.

Rosante et al. (2010) e mostram que o produto 3B42 tende a superestimar a precipitação em cerca de 7% e este fator está associado à deficiência do produto em estimar novos produtos sobre a região. Verifica-se também que é possível haver uma aparente relação entre latitude, mostrando que essa tendência aumenta com a latitude (Viana et al., 2010).

Nesse sentido, as diferenças entre os dados derivados do satélite TRMM e obtidos pelas estações meteorológicas (CE) podem ser consequência das dimensões de escala entre as estações meteorológicas (CE) podendo ser consequência da diferença de escala entre as estações meteorológicas (CE) e a diferença entre o pluviômetro é uma estimativa pontual, enquanto o satélite representa a média estimativa no pixel (Almeida et al., 2015).

Considerando bacias hidrográficas, Collischonn e colaboradores (2007).

De acordo Nóbrega et al (2008), o TRMM pode analisar a variabilidade sazonal, representando satisfatoriamente os períodos seco e chuvosos. Ainda segundo os autores, os dados do TRMM correlacionam-se satisfatoriamente com a rede mais densa de pluviômetros. Da mesma forma, as análises para o algoritmo 3B43 mostram um alto grau de confiabilidade nas áreas Oliveira e Angelis, 2010; Viana, 2010; Fleming et al., 2011), inclusive em relação à presença de nuvens convectivas em regiões desmatadas.



#fig5en.jpg

Figura 5 - Média do erro relativo das estações meteorológicas na função de dois meses (a) e erros relativos das séries históricas dos períodos meteorológicos (b).

(2007) consideraram o desempenho da simulação hidrológica satisfatório para valores 25% menores.

O erro relativo mostrou que o satélite tende a subestimar/superestimar a precipitação média mensal, pois os valores encontrados foram negativos/positivos, logo ou satélite tende a superestimar os dados médios mensais de precipitação em 3,8% para os 22 anos de análise para o período anual. Para o período seco, a superestimação do satélite foi superior a 25,2%. Esses resultados corroboram com Collischonn et al (2007), que encontraram visões positivas de 8% no estado de Paraguai de Mato Grosso, e Viana et al (2008) que encontraram resultados positivos em torno de 7% na região sul do Brasil, onde afirmam que o produto 3B42 tende a superestimar a precipitação (Figuras 5a e b). O maior erro relativo foi para o município de Bodoquena, com 16,6% (Figura 5b).

Os resultados das correlações mensais para cada região indicam que os dados estimados pelo TRMM apresentam uma boa concordância (em média 90%) com os dados das redes de estações meteorológicas. Além disso, as mensagens de análise indicam que o RMSE, frequentemente utilizado para verificar as diferenças entre os dados estimados e observados, tem valores médios entre 15,8 mm. Além disso, os dados do TRMM mostram uma tendência média de superestimar a precipitação mensal em 3,8%. No entanto, as estimativas de precipitação apresentam variações sazonais muito semelhantes aos dados observados nas estações meteorológicas, para cada região de estudo.

No entanto, a análise por período mostrou que o TRMM 3B43 tende a subestimar a precipitação no período chuvoso (novembro a abril), enquanto no período seco (maio a outubro) os valores estimados de

precipitação são superiores aos observados na precipitação. Esses resultados foram encontrados por Collischonn et al (2008) ao analisar a bacia do rio Tapajós entre 1998 e 2006, no entanto, afirmam que para conclusões precisas sobre a necessidade desse comportamento dos satélites, são necessários estudos mais específicos.

Possíveis fatores podem estar relacionados ao fato de que o produto TRMM superestima consideravelmente a precipitação da estação seca. Os menores valores de precipitação nesse período associados ao aumento da precipitação e, conseqüentemente, ao aumento das emissões de aerocarbone para atmosferas podem ser devidos à superestimação da precipitação (Souza et al., 2020).

A maior fonte de aerossóis para a atmosfera do SA são as emissões florestais e de fogo fechado, que ocorrem principalmente na estação seca (Souza et al., 2020) avaliam a espessura óptica dos aerossóis na atmosfera e confirmam que as maiores emissões se devem ao aumento das chuvas e a um longo período de verão.

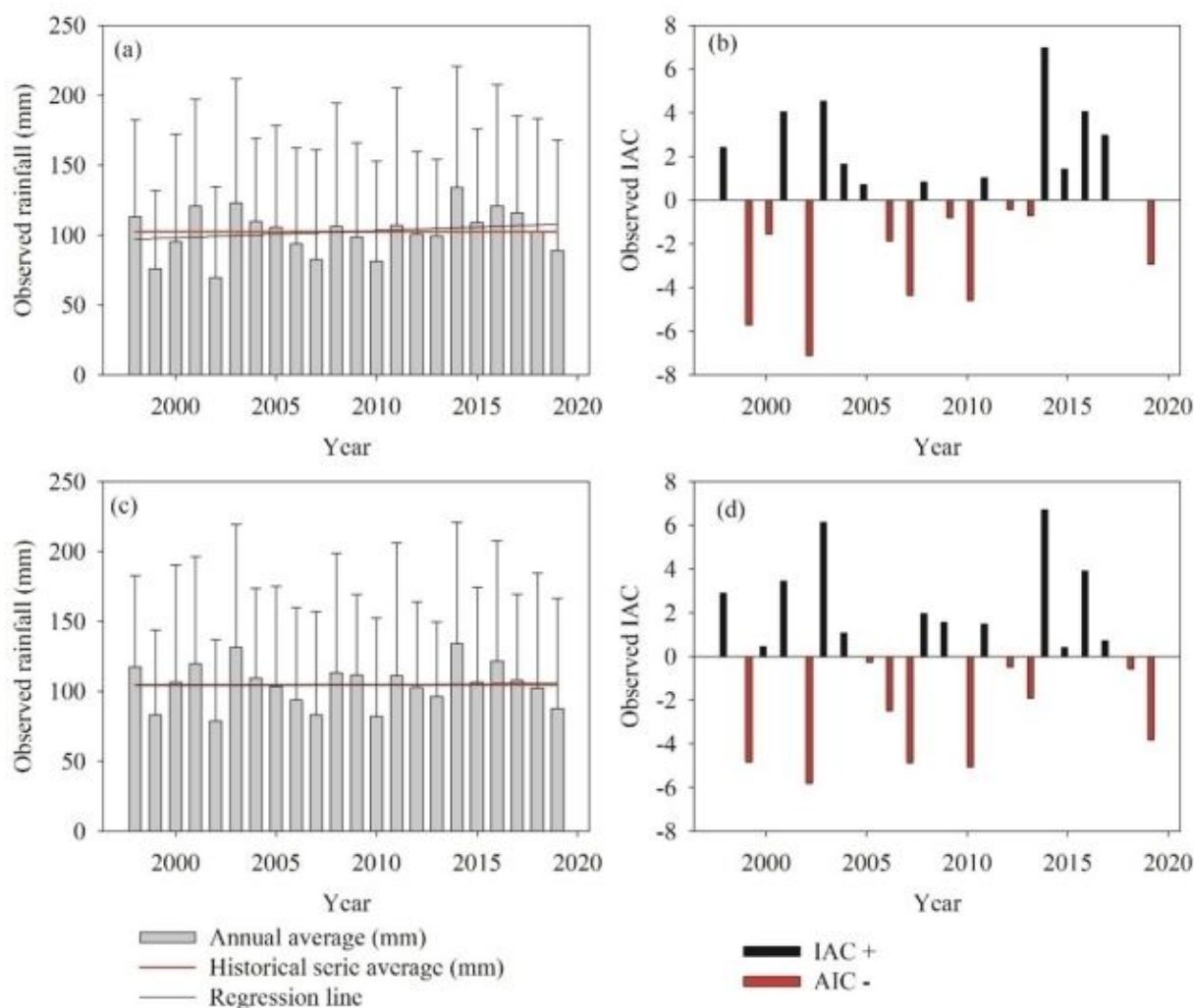
Eles também afirmam que o ciclo hidrológico pode estar mudando devido à emissão de grandes quantidades de partículas que são afetadas pelos núcleos de condensação das nuvens, e as propriedades microfísicas das nuvens são alteradas. Possivelmente, essas mudanças na microfísica das nuvens podem estar alterando o padrão de precipitação na Amazônia e no Pantanal, levando à ocorrência de nuvens altas e à supressão da formação de rasas (Oliveira et al., 1986; Souza et al., 2020) Tags.

Verifica-se que os maiores valores do BIAS não são superiores a junho (Tabela 2) como também observado por Camaparotto et al (2013). O maior valor de BIAS foi de 0,48 para a estação de Bodoquena em junho e o maior valor de RMSE foi de 1688,30 para a estação de Miranda em dezembro. Essa característica pode ser explicada devido às chuvas convectivas, que geralmente são fortes e ocorrem de forma pontual (Camaparotto et al., 2013).

Durante os meses de inverno, os valores de BIAS foram menores, com valores médios de 0,083 ou menores observados em agosto (-0,45) mm para o município de Anastácio (Tabela 2). Nesta estação do ano, as chuvas são de baixa intensidade, muitas vezes causa pela entrada de massas de ar frio, que cobrem a grande região do Estado de Mato Grosso do Sul.

ANÁLISE DE TENDÊNCIAS E PADRÕES DE ANOMALIA PARA NÍVEIS DE PRECIPITAÇÃO

A metodologia utilizada para o cálculo do Índice de Anomalias de Chuva (IRA) foi adotada por Oliveira e colaboradores (2020) para o Estado de Mato Grosso do Sul. As Figuras 6a e 6b mostram a média anual e histórica das séries e tendências e os valores RAI para CMS e as Figuras 6d para estações de dados de satélite TRMM para os anos de 1998 a 2019.



#fig6pt.jpg

Figura 6 - Médias históricas anuais de precipitação e desvios-padrão (a e c) e Índice de Anomalias da Precipitação (b e d) para as séries observadas (a e b) e TRMM (c e d).

Valores muito baixos de anomalia de chuva correspondem a períodos de seca severa e o valor na área de estudo varia de +6,99 em 2014 a -7,10 em 2002. Secas históricas na zona úmida coincidirão com eventos de El Niño. Como mostram as Figuras 6a, b, c e d; Uma anomalia de precipitação para esses anos de seca seca foi considerada muito baixa. Por outro lado, o resultado da regressão indicou que a precipitação média anual diminuiu 1,20 mm/ano a cada duas décadas, respectivamente, e o resultado foi estatisticamente significativo a um nível significativo de 0,05, com valores máximos de 1961 mm em 2009 e mínimos de 919 mm em 2017 (Figuras 6a e c).

Em escala plurianual, o Pantanal tem um padrão mais recente, eventos intensos, como em 1988, 2014 e 2016, intercalados com secas severas, como em 1999, 2002, 2007; 2010 e 2019. Essa dinâmica visa atentar para o ritmo da variabilidade dos períodos de frequência e intensidade e seus efeitos não diários e os territórios da população pantaneira (Figuras 6b e d).

Quando se compara a quantidade de chuva nas últimas décadas (1998-2019) com a primeira e a segunda década, observamos uma redução drástica na média anual. Por exemplo, a precipitação média anual na área de estudo de 1998 a 2008 foi de 1397 mm com um máximo de 1617 mm e um mínimo de 1132 mm e para a segunda década de 2009 a 2019, os valores médios foram de 1364 mm com um máximo de 1692 e um mínimo de 919 mm. Isso significa que a precipitação média anual na zona úmida diminuiu em média 1,10 mm na primeira década e 47,4 mm na segunda década, o que significa que nas últimas duas décadas o regime de precipitação na zona úmida tende a diminuir (Figuras 6a e c).

6a, b, c e d também são possíveis para identificar anos que apresentam precipitação dentro do desvio da severidade, anos com precipitação normal e anos que são esperados devido à influência do El Niño-Oscilação Sul (ENOS). modo de variabilidade climática, tanto em suas fases positivas quanto negativas. A classificação do modo de variabilidade climática ENSO em anos com totais anuais de precipitação dentro do desvio padrão da série: 1999; 2000; 2001; 2007; 2008; 2010 e 2011 - La Niña em 2002; 2005; 2007; 2009; 2010 - El Niño. É possível perceber que a adoção do desvio da série como método de verificação da influência do ENOS no total anual de precipitação para o Pantanal não poderia representar, com grande precisão, a variabilidade do ENOS, principalmente em relação aos anos com baixos volumes de precipitação anual (fase negativa do ENOS). As anomalias climáticas podem durar vários meses, principalmente na atmosfera tropical, e não se caracterizam pela falta ou excesso de algum elemento meteorológico, mas também implicam uma mudança em sua distribuição temporal e espacial. As diferenças termodinâmicas que operam na atmosfera afixam os padrões climáticos de cada região e, conseqüentemente, há uma dependência direta de fenômenos meteorológicos pertencentes a diferentes escalas espaciais. Em escala global, a maior influência deve-se à variabilidade climática do ENOS e suas diferentes fases/intensidades (El Niño; La Niña -LN), que está intimamente relacionado com as mudanças climáticas, circulação atmosférica e configurações oceânicas -atmosfera,

CONCLUSÃO

Conclui-se que os resultados encontrados para o produto 3B43 V7 indicarão que as estimativas de precipitação foram representativas quando comparadas com observações de superfície.

Em relação à precipitação mensal estimada, foi possível concluir que há variação entre os anos de acordo com a análise dos dados. No entanto, as maiores variações ocorrem na estação chuvosa, devido aos grandes volumes de chuva neste período. Por outro lado, não há período seco, não há grandes variações, pois durante este período a ocorrência de precipitação foi mais homogênea.

A precipitação estimada pelo produto 3B43 detectou corretamente os meses com chuva para análise do período anual. Como resultado da análise de dois períodos chuvoso e seco, os resultados mostraram que o período chuvoso ou produto 3B43 V7 tendeu a subestimar a precipitação e o período seco tendeu a superestimar a precipitação.

Assim como essa diferença entre os períodos chuvoso e seco, os índices de desempenho e eficiência do produto foram melhores em relação ao produto 3B42. Portanto, conclui-se que ao aumentar o período de acumulo de precipitação para uma escala mensal, os erros temporais são compensados para que o total acumulado fique más próximo do observado na surfaceficie.

REFERÊNCIAS

- Abreu, MCA; Almeida, LT; Silva, FB; Fraga, MS; Ribeiro, M.G.; Souza, A.; Silva, DD; Cecílio, RA Coeficientes de desagregação para obtenção de curvas de intensidade-duração-frequência na chuva: conceitos, modelos, erros e tendências em Minas Gerais, Brasil. 2022. Revista Água Urbana. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2022.2105237>
- Oliveira, URV; Rede; J.O.M. Mello, CR Estimativas de precipitação derivados del satélite TRMM para a bacia do rio Paraopeba, MG. 2016. Revista Scientia Agraria, v. 17, não. 2, pp. 57-66. <http://dx.doi.org/10.5380/ras.v17i2.46384>
- Alho, CJR; Mamede, SB; Benites, M., Andrade, B.S.; Sepulveda, JJO Ameaças à biodiversidade do Pantanal brasileiro devido ao uso e ocupação do solo. . 2019. Ambiente & Sociedade, v. 22, pp. 1-22. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc201701891vu2019L3AO>
- Almazroui M. Calibração da climatologia de chuvas TRMM sobre a Arábia Saudita durante 1998-2009. 2011. Pesquisa Atmosférica, v. 99, p. 400-414. 10.1016/j.atmosres.2010.11.006
- Almeida, C. T.; Oliveira, A. C.; Oliveira, J. F.; Oliveira, G.; Cavalcanti, A. S. Avaliação das Estimativas de Precipitação do Produto 3B43-TRMM do Estado do Amazonas. 2015. Revista Floresta e Ambiente, v. 22, n. 3, p. 279-286. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.112114>
- Oliveira, C. A.; Ribeiro, J. L.; Oliveira, A. C.; Mapa de classificação climática do Brasil de Moraes Gonçalves, J. L., Sparovek, G. Köppen. 2013. Meteorol. Zeitschrift, v. 22, p. 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Oliveira, A. B.; Oliveira, G. C.; Oliveira, A.; Oliveira, M.; Camargo, M. B. Validação de dados termoplúviométricos obtidos via sensoriamento remoto para o Estado de São Paulo. 2013. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 6, p. 665-671. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000600013>
- Oliveira, F. R.; Li, X. Avaliação dos produtos de precipitação mensal IMERG e TRMM 3B43 sobre a China continental. 2016. Sensoriamento Remoto, v. 8, n. 6, p.472. <https://doi.org/10.3390/rs8060472>
- Oliveira, A.; Oliveira, J. J.; Oliveira, A.; Pereira, E. A.; Oliveira, J.; Oliveira, J.; Oliveira, J. L.; Oliveira, J. J.; Qi, Y. C. Avaliação e estimativa de incerteza do produto de estimativa quantitativa de precipitação em mosaico nacional de próxima geração (Q2) da NOAA/NSSL sobre os Estados Unidos continentais. 2013a. Revista de Hidrometeorologia, v. 14, n. 4, p.1308–1322. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-0150.1>
- Oliveira, A.; Oliveira, A.; Oliveira, A.; Oliveira, J. J.; Pereira, E. A.; Oliveira, A.; Oliveira, A. D.; Oliveira, J. X.; Pereira, A.; Hu, J. J. Similaridade e diferença do desempenho da análise de precipitação multissatélite V6 e V7 TRMM sucessivas sobre a China. 2013b. Revista de Pesquisa Geofísica: Atmosferas, v. 118, n. 23, p. 13060–13074. <https://doi.org/10.1002/2013JD019964>
- Oliveira, A.; Ribeiro, P.; Gin-Rong, L.; Wan-Ru, H. Avaliação de estimativas de produtos de precipitação por satélite sobre a Ilha de Bali. 2020. Pesquisa Atmosférica, v. 244, p. 105032. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105032>
- Oliveira, A.; Oliveira, D.; Oliveira, A.; Tucci C. E. M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. 2007. Revista Brasileira de Cartografia, v. 59, n. 1, p. 93-99.
- Oliveira, A.N.; Oliveira, J.A.T.; Oliveira, D. C.; Oliveira, A. S. F.; Rodrigues, M. B.; Sá, G. L. Análise do desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação para a bacia do rio Itapemirim, estado do Espírito Santo, Brasil. 2020. Climatologia Teórica e Aplicada, v.141, p.791-802. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03204-5>

- Oliveira, V.; Oliveira, A.; Oliveira, J.; Maitelli, G. Estimation des précipitations par télédétection au Mato Grosso (Bresil). 2004. *Annales de l'Association Internationale de Climatologie*, v. 1, 133-156. <https://doi.org/10.4267/climatologie.1058>
- Pereira, J.; Oliveira, J.L.; Kuhn, M. & Featherstone, W.E. Avaliando o produto de precipitação mensal TRMM 3B43 usando dados de pluviômetro quadriculado sobre a Austrália. 2011. *Revista Meteorológica e Oceanográfica Australiana*, v. 61, n. 3, p. 171-184. <https://doi.org/10.22499/2.6103.003>
- Franca, R. R. Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. 2015. *Revista Geografias*, v. 1, n. 20, p. 44-58. <https://doi.org/10.35699/2237-549X.13392>
- Oliveira, G.; Oliveira, A. C.; Oliveira-Júnior, J. F. Modelos teóricos transitivos aplicados à interpolação espacial do índice padronizado de precipitação (IPS) para episódios de El Niño no estado do Tocantins, Brasil. 2015. *Irriga*, v. 20, n. 2, p. 371-387. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v20n2p371>
- Oliveira, A. A.; Oliveira, R. V.; Ribeiro, A. A.; Oliveira, A. T.; Souza, R. A. F.; A influência do evento El Niño – Oscilação Equatorial Sul e Atlântico precipita precipitações sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. 2013. *Acta Amazônica*, v. 43, n. 4, p.469-480. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000400009>
- Oliveira, A.; Oliveira, A.; Oliveira, A. M.; Oliveira, A.; Oliveira, A.; Oliveira, F.; Oliveira, J. J.; Stepanian, P. M. Avaliação inicial de recuperações multissatélites integradas para medição de precipitação global sobre a China. 2016. *Pesquisa Atmosférica*, v. 176-177, p. 121-133. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.02.020>
- Ribeiro, E.; Oliveira, A. T.; Oliveira, A. D.; Joyce, R. J. Avaliação do produto pluviométrico do satélite CMORPH de alta resolução usando observações de pluviômetros densos e estimativas baseadas em radar. 2012. *Revista de Hidrometeorologia*, v. 13, n. 6, p.1784-1798. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-017.1>
- Oliveira, J. G.; Pereira, D. T.; Oliveira, J. E.; Oliveira, D. B.; Pereira, R. F.; Oliveira, G.; Oliveira, A.; Oliveira, J. P.; Stocker, E. F. A análise de precipitação multissatélite TRMM (TMPA): estimativas de precipitação quase global, plurianual, com sensor combinado em escalas finas. 2007. *Revista de Hidrometeorologia*, v. 8, n. 1, p.38-55. <https://doi.org/10.1175/JHM560.1>
- Ribeiro, C.; Oliveira, P.; Oliveira, J.; Oliveira, J. G.; Oliveira, R.; Oliveira, J. L.; Braithwaite, D. Intercomparação de produtos de precipitação de alta resolução sobre o noroeste da Europa. 2012. *Revista de Hidrometeorologia*, v. 13, n. 1, p. 67-83. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-11-042.1>
- Oliveira, D. D.; Santos, C. S. A.; Nonato, J. J., Dourado, L. G., Silva, O. P., Bassini, R. T.; José, J. V. Validação dos monitores do satélite de solo TRMM no Estado de Mato Grosso, Brasil. 2019. *Rev. de Ciências Agrárias*, v.42, n. 1, p. 79-88. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA18217>
- Oliveira, J. R.; Moreira, D. S.; Oliveira, L. G. G.; Vila, D. Combinando TRMM e observação superficial da precipitação: técnica e validação sobre a América do Sul. 2010. *Meteorologia e Previsão*, v. 25, n. 3, p. 885-894. <https://doi.org/10.1175/2010WAF2222325.1>
- Oliveira, L.; Silva, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação com a variabilidade térmica da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. 2016. *Geosp – Espaço e Tempo*, v. 20, n. 3, p. 657-675. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2016.105393>
- Liu, Z. Comparação das versões 6 e 7 de 3 horas TRMM multi-satélite análise de precipitação (TMPA) produtos de pesquisa. 2015. *Pesquisa Atmosférica*, v. 163, p. 91-101. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.12.015>
- Oliveira, G. B.; Oliveira, J. F.; Oliveira, G.; Oliveira, G.; Zeri, M. Variabilidade da precipitação sobre Alagoas sob a influência de anomalias de TSM. 2017. *Meteorologia e Física Atmosférica*, v. 129, n. 1, p. 157-171. <https://doi.org/10.1007/s00703-016-0461-1>

- Oliveira, A.; Oliveira, G.; Oliveira, D.; Oliveira, A.; Oliveira, L.; Oliveira, A.; Hong, Y. Similaridade e intercomparação de erros do GPM e sua análise de precipitação multissatélite antecessor-TRMM usando a melhor rede de bitola horária disponível sobre o Planalto Tibetano. 2016. Sensoriamento Remoto, v. 8, p. 569. <https://doi.org/10.3390/rs8070569>. Article 569
- Oliveira, V.; Oliveira, A. C.; Oliveira, M. D.; Uma revisão da precisão do produto de precipitação por satélite de alta resolução durante a era da Missão de Medição de Chuvas Tropicais (TRMM). 2016. Revista de Hidrometeorologia, v. 17, n. 4, p. 1101-1117. <https://doi.org/10.1175/jhm-d-15-0190.1>
- Oliveira, V. M.; Oliveira, Z.; Oliveira, C.; Pereira, A. J. S. C. Validação de produtos de análise de precipitação multissatélite (TMPA) TRMM nos Andes peruanos. 2015. Pesquisa Atmosférica, v. 163, p. 132-145. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.11.012>.
- Oliveira, A. V.; Yang, S. Climatologia da precipitação sobre a bacia do Mediterrâneo a partir de dez anos de medições TRMM. 2008. Avanços em Geociências, v. 17, p. 87-91. <https://doi.org/10.5194/adgeo-17-87-2008>
- Ribeiro, A.; Pereira, G.; Nemani, R. Avaliação de estimativas de precipitação derivadas de TRMM multissatélite sobre um estado ocidental da Índia. 2010. Jornal da Sociedade Meteorológica do Japão, v. 8, p. 927-939. <https://doi.org/10.2151/jmsj.87.927>
- Nóbrega, R.S.; Souza, E.P.; Galvíncio, J.D. Análise da estimativa de precipitação do TRMM em uma sub-bacia da Amazônia Ocidental. 2008. Revista de Geografia, v. 25, n. 1, p. 6-20.
- Oliveira, A. S. Interações entre Sistemas Frontais e a atividade convectiva na Amazônia. 1986. Dissertação - INPE, São José dos Campos, 1986.
- Oliveira, J. A.; Angelis, C.F. Análise do comportamento da precipitação estimada por satélite sobre áreas de intenso desmatamento na Amazônia Legal. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belém, Brasil, CBMet. (2010) http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/781_45961.pdf.
- Oliveira, A. S.; Souza, A.; Oliveira, M. C.; Oliveira, J. F.; Cavazzana, G. H. Caracterização espaço-temporal da precipitação em Mato Grosso do Sul: distribuição da precipitação e análise de anomalias (RAI) para fenômenos climáticos. 2020. Revista Brasileira de Climatologia, v. 27, p. 181-201. <https://doi.org/10.5380/abclima.v27i0.69407>
- Oliveira, J. F.; Oliveira, F. M. G.; Oliveira, A. E.; Oliveira, G.; Delgado, R. C. A análise de agrupamento identificou regiões homogêneas de precipitação pluviométrica no estado do Tocantins, Brasil. 2017. Revista de Biociências (On line), v. 33, n. 2, p. 333-340. <https://doi.org/10.14393/BJ-v33n2-32739>
- Pereira, G.; Silva, M. E. S.; Oliveira, E. C.; Cardozo, F. S. Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. 2013. Revista Brasileira de Recursos Águas, v. 18, n. 3, p.139-148. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v18n3.p139-148>
- Oliveira, D. D.; Santos, C. S. A.; Nonato, J. J., Dourado, L. G., Silva, O. P., Bassini, R. T.; José, J. V. Validação dos monitores do satélite de solo TRMM no Estado de Mato Grosso, Brasil. 2019. Rev. de Ciências Agrárias, v.42, n. 1, p. 79-88. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA18217>
- Oliveira, A.; Oliveira, E. N.; Oliveira, E.; McCollum, J. Avaliação hidrológica de conjuntos de dados de precipitação por satélite e reanálise sobre uma bacia de latitude média. 2015. Pesquisa Atmosférica, v. 164-165, p. 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.03.019>
- Ribeiro, R.; Pereira, A. K.; Oliveira, M. N.; Oliveira, A. S.; Sharma, D. N. Validação do produto pluviométrico multissatélite TRMM 3B42 e estimativa dos coeficientes de sequestro para 131 I e 137 Cs usando dados pluviométricos TRMM 3B42. 2014. Revista de Radioatividade Ambiental, v. 138, p. 132-136. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.08.011>
- Oliveira, D. F.; Rocha, J.V. Validação dos dados de precipitação estimados pelo TRMM, para o Estado do Paraná, e sua contribuição ao monitoramento agrometeorológico. 2016. Revista Formação (Online), v. 3, n. 23, p. 301-316. <https://doi.org/10.33081/formacao.v3i23.4148>

- Oliveira, A. S. D.; Oliveira, A. R.; Piccilli, D. G. A. Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no estado da Paraíba. 2016. Revista Brasileira de Recursos Águas, v. 21, n. 2, p. 288-299. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n2.p288-299>
- Souza, A.; Oliveira, M. C.; Oliveira, J. F.; Santos, C. M.; Ribeiro, A.; Fernandes, A. A.; Pereira, E.; Oliveira, E. B.; Mbaga, Y. V. Estudo de climatologia óptica de profundidade de aerossóis utilizando dados de sensoriamento remoto Modis. 2020. Boletim Químico Europeu, v. 9, n. 9, p. 291. <https://doi.org/10.17628/ecb.2020.9.291-299>
- Oliveira, L.; Oliveira, A. D.; Oliveira, F.; Habib, E. Um procedimento aprimorado para a validação de estimativas de precipitação baseadas em satélites. 2015. Pesquisa Atmosférica, v. 163, p. 61-73. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.12.016>
- Oliveira, A. E.; Oliveira, J. F.; Oliveira, E. R.; Correa, C. C. G.; Oliveira, F. E.; Ribeiro, V. M.; Oliveira, G.; Ribeiro, L. P. Análise de agrupamento aplicada à variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica mensal no Estado de Mato Grosso do Sul. Brasil. 2015. Meteorologia e Física Atmosférica, v. 128, p. 197-209. <https://doi.org/10.1007/s00703-015-0408-y>
- Oliveira, M.; Oliveira, A.; Oliveira, D.; Arnauld, J. Adequação da SWAT para o Projeto de Avaliação dos Efeitos de Conservação: Comparação nas Bacias Hidrográficas do Serviço de Pesquisa Agrícola do USDA. 2007. Revista de Pesquisas Hidrológicas, v.12, n. 2, p. 173-189. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2007\)12:2\(173\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2007)12:2(173)).
- Oliveira, D. R.; Ferreira, J. A.; Conforte, J.C. Avaliação das estimativas de precipitação 3B42 e 3B43 do satélite TRMM na Região Sul do Brasil. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia-CBMET. Belém, Brasil, CBMet. <http://www.cbmet2010.com/anais/>. (2010)
- Ribeiro, A.; Smith, E. A. Variabilidade da precipitação convectivo-estratiforme em escala sazonal a partir de oito anos de TRMM Observações: implicações para múltiplos modos de variabilidade diurna. 2008. Revista do Clima, v. 21, n. 16, p. 4087-4114. <https://doi.org/10.1175/2008JCLI2096.1>
- Yang, Y., Luo, Y. Avaliando o desempenho dos produtos de precipitação de sensoriamento remoto CMORPH, PERSIANN e TMPA, na região árida do noroeste da China. 2014. Climatologia Teórica e Aplicada, v.118, p. 429-445. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1072-0>
- Zhao, HG; Ribeiro, A.; Yang, ST; Oliveira, J.C.; Dong, GT; Ribeiro, J.; Wang, ZW Estimativa sistemática do mapeamento global por satélite baseado em GPM de produtos de precipitação sobre a China. 2018. Pesquisa Atmosférica, v. 201, pp. 206-217. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.11.005>
- Ribeiro, F.G.; Fernandes, D.; Ribeiro, F; Chen, Flórida; Hu, PF; Chen, DF; Wang, K. Precisão dos dados de precipitação do TRMM na região de monções do sudoeste da China. 2017. Climatologia Teórica e Aplicada, v. 129, pp. 353-362. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1791-0>.