Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MENSAL EM UBERLÂNDIA - MG OBTIDA POR DIFERENTES FONTES DE DADOS

Monthly rainfall in Uberlândia - MG obtained by different data sources

Precipitación mensual en Uberlândia - MG obtenida por diferentes fuentes de datos

Jéssica Alves Ferreira Silva
Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
jessicalves@ufu.br

Camila Bertoletti Carpenedo
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná (UFPR)
camila.carpenedo@ufpr.br

Carlos Batista da Silva
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo (USP)
krlosbatist@gmail.com

Resumo: O monitoramento e a previsão de tempo e clima são ferramentas fundamentais para os tomadores de decisão no Brasil. Mesmo assim, o país apresenta carência de séries temporais de dados meteorológicos longos e homogêneos. Nesse sentido, Uberlândia - o segundo maior município de Minas Gerais - é impactado com extremos hidrológicos e com os desastres associados, necessitando de um melhor conhecimento sobre o seu regime climático. Assim, o objetivo deste estudo é validar a precipitação pluvial mensal da estação meteorológica automática (EMA) do INMET em Uberlândia, através da comparação com cinco diferentes fontes de dados em ponto de grade regular (CHIRPS, XAVIER, GPCC, TRMM e GPCP), com a finalidade de avaliar se a precipitação pluvial estimada pode ser empregada no lugar dos dados observados. Os resultados mostram que os cinco conjuntos de dados tendem a superestimar a precipitação pluvial da EMA, principalmente na estação chuvosa (outubro a março). O GPCC é a fonte que melhor representa a precipitação pluvial, seguida pela base de XAVIER. Ambas as fontes apresentam a segunda maior resolução horizontal entre as fontes avaliadas (0,25° x 0,25°). Por outro lado, o CHIRPS é a fonte que pior representa as chuvas no município, apesar de ser a fonte com maior resolução (0,05° x 0,05°). Este estudo demonstra a viabilidade de indicar alternativas de bancos de dados pluviométricos, na ausência de séries temporais longas e homogêneas para Uberlândia, permitindo a elaboração de estratégias preventivas dentro de cenários de risco ambiental e, consequentemente, o desenvolvimento de políticas públicas mais efetivas.

Palavras-chave: Precipitação pluvial. Validação. Minas Gerais.

Abstract: Weather and climate monitoring and forecasting are fundamental tools for decision-makers in Brazil. Even so, the country presents a lack of long and homogeneous meteorological data time series. In this sense, Uberlândia - the second largest municipality in Minas Gerais - is impacted by hydrological extremes and associated disasters, requiring better knowledge of its climate regime. Thus, the objective of this study is to validate the monthly precipitation from INMET Automatic Weather Station (AWS) in Uberlândia, by comparing it with five different data sources, in a regular grid point (CHIRPS, XAVIER, GPCC, TRMM e GPCP), in order to assess whether estimated precipitation can be used instead of observed data. The results show that the five datasets tend to overestimate the AWS precipitation, especially in the rainy season (October to March). The GPCC is the source that best represents the precipitation, followed by the XAVIER. Both sources have the second highest horizontal resolution among the sources evaluated (0.25° x 0.25°). On the other hand, CHIRPS is the source that represents the worst precipitation in the municipality, despite being the source with the highest resolution (0.05° x 0.05°). This study demonstrates the feasibility to indicate precipitation database alternatives, in the absence of long and homogeneous time series for Uberlândia, allowing for preventive strategy elaboration within environmental risk scenarios and, consequently, the development of more effective public policies.

Keywords: Precipitation. Validation. Minas Gerais.

Resumen: El monitoreo y pronóstico del tiempo y el clima son herramientas fundamentales para los tomadores de decisiones en Brasil. Aun así, el país carece de series temporales largas y homogéneas de datos meteorológicos. En ese sentido, Uberlândia, el segundo municipio más grande de Minas Gerais, se ve afectado por extremos hidrológicos y desastres asociados, lo que requiere un mejor conocimiento de su régimen climático. Así, el objetivo de este estudio es validar la precipitación mensual de la Estación Meteorológica Automática (EMA) del INMET en Uberlândia, comparándola con cinco fuentes de datos diferentes en una cuadrícula regular (CHIRPS, XAVIER, GPCC, TRMM e GPCP), para evaluar si la precipitación estimada se puede utilizar en lugar de los datos observados. Los resultados muestran que los cinco conjuntos de datos tienden a sobreestimar las precipitaciones de la EMA, especialmente en la temporada de lluvias (octubre a marzo). El GPCC es la fuente que mejor representa la lluvia, seguida de la base XAVIER. Ambas fuentes tienen la segunda resolución horizontal más alta entre las fuentes evaluadas (0,25° x 0,25°). Por otro lado, CHIRPS es la fuente que representa la peor precipitación en el municipio, a pesar de ser la fuente con mayor resolución (0.05° x 0.05°). Este estudio demuestra la viabilidad de indicar alternativas para las bases de datos de precipitaciones, en ausencia de series temporales largas y homogéneas para Uberlândia, que permitan la elaboración de estrategias preventivas en escenarios de riesgo ambiental y, en consecuencia, el desarrollo de políticas públicas más eficaces.

Palabras clave: Precipitación. Validación. Minas Gerais.

Submetido em: 12/04/2022
Aceito para publicação em: 08/07/2022
Publicado em: 29/07/2022

1. INTRODUÇÃO

Os dados meteorológicos são essenciais para avaliar os impactos da variabilidade espaço-temporal das forçantes do clima no sistema terrestre (XAVIER; KING; SCANLON, 2016). É cada vez mais importante a disponibilidade de dados confiáveis para identificar e compreender as tendências de longo prazo e os extremos climáticos, bem como os seus impactos sobre os recursos hídricos, agricultura, áreas urbanas, turismo e tantos outros setores da sociedade (JONES *et al*., 2003; STEDUTO *et al*., 2009).

Nas regiões tropicais e subtropicais, a precipitação pluvial é uma das variáveis mais importantes para definir as condições climáticas locais (ARKIN; XIE, 1994). Tal importância se deve a alta variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial nestas regiões e, consequentemente, pela ocorrência de eventos extremos responsáveis por causarem impactos socioambientais (SILVA *et al.*, 2019).

O monitoramento e a previsão de tempo e clima são ferramentas fundamentais para os tomadores de decisão no Brasil. Mesmo assim, o país apresenta carência de séries temporais de dados meteorológicos longos e homogêneos. Diante disso, alguns estudos relacionados à comparação entre diferentes fontes de dados foram realizados para a validação e avaliação da representatividade da precipitação pluvial estimada. O trabalho desenvolvido por Limberger e Silva (2018) demonstrou alta correlação linear entre a precipitação pluvial mensal das estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e dos centros *Climatic Research Unit* (CRU), *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC) e *National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR *Reanalysis 1*) na bacia amazônica brasileira, entre 1979 e 2010. Os autores observaram que os dados em grade regular podem ser aplicados de forma segura nos estudos climáticos da área avaliada. Além disso, verificaram que o NCEP/NCAR *Reanalysis 1* apresentou amplitude sazonal abaixo das demais fontes de dados, enquanto o GPCC é a base de dados que apresentou a maior correlação linear com a ANA.

Silva *et al.* (2019) utilizaram a precipitação pluvial oriunda das estações meteorológicas de observação de superfície automáticas (EMA) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para os municípios de Paranaponema e Joaquim Távora (Paraná), Ourinhos e Presidente Prudente (São Paulo), a fim de comparar com os dados obtidos do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation*

with Station (CHIRPS) e *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP), entre 2008 e 2015. Os resultados mostraram que a precipitação pluvial do TRMM e GPCP apresentou maior correlação com os dados mensais das EMA, enquanto o CHIRPS demonstrou melhor ajuste linear aos dados diários.

Ferreira Filho *et al*. (2020) analisaram a precipitação pluvial mensal e anual no estado do Pará, entre 1986 e 2015, a partir de dados do HidroWeb (ANA) e do GPCC. Os autores observaram maiores acumulados de precipitação pluvial no nordeste do Pará, enquanto os menores acumulados foram identificados no sudeste do estado, tanto no HidroWeb (ANA), quanto no GPCC. Os dados mensais apresentaram comportamento similar aos dados sazonais, com duas estações bem distintas ao longo do ano, uma chuvosa e outra menos chuvosa (FERREIRA FILHO *et al*., 2020). Além disso, os autores verificaram que os dados das fontes concordaram entre si nos meses de maio, outubro, novembro e dezembro, enquanto nos demais meses isso não ocorreu devido a erros de captura das imagens de satélite. No entanto, em razão da diferença sutil entre as fontes, ambas foram consideradas consistentes para analisar a precipitação pluvial no Pará (FERREIRA FILHO *et al*., 2020).

Nassaj *et al*. (2022) compararam a precipitação pluvial mensal, sazonal e anual nas principais bacias hidrográficas do Irã, obtida por diferentes fontes (GPCC, CRU, *Climate Prediction Center* - CPC, CHIRPS, *PERSIANN-Climate Data Record* - PERSIANN-CDR, GPCP, *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications version 2* - MERRA2 e ECMWF *Reanalysis version 5* - ERA5), entre 1987 e 2016. Os resultados indicaram que o GPCC representou de maneira eficaz a precipitação pluvial no Irã, com coeficiente de correlação acima de 0,70, exceto nas áreas centrais. Nestas áreas, o CRU apresentou coeficiente de correlação superior a 0,90. Além disso, o CHIRPS apresentou o melhor resultado em relação ao viés relativo nas bacias hidrográficas do sul e sudoeste, o que indicou que esse viés foi irrelevante na maioria dos meses (NASSAJ *et al*., 2022).

Nesse sentido, Uberlândia - o segundo maior município do estado de Minas Gerais - é impactado com extremos hidrológicos (LIMA, 2019; LIMA; CARPENEDO, 2020) e com os desastres associados (LEITE, 2019). O município carece de séries longas e homogêneas de dados meteorológicos, dificultando um melhor conhecimento sobre o clima do município, o que impacta diretamente os estudos sobre variabilidade e mudanças climáticas, bem como o monitoramento e previsão de tempo e clima, essenciais para o planejamento urbano e rural. Assim, o objetivo deste estudo é validar a precipitação pluvial mensal da EMA (INMET) em

Uberlândia - MG através da comparação com cinco diferentes fontes de dados em ponto de grade regular (CHIRPS, GPCC, TRMM, GPCP e XAVIER; KING; SCANLON, 2016), com a finalidade de avaliar se a precipitação pluvial estimada pode ser empregada no lugar dos dados observados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Dados

Foram utilizadas seis bases de dados de precipitação pluvial mensal: EMA (INMET); CHIRPS; Xavier, King e Scanlon (2016); GPCC; TRMM; e GPCP. A fim de facilitar a leitura, daqui por diante utilizaremos a abreviação "XAVIER" para indicar os dados de Xavier, King e Scanlon (2016). Todas estas fontes, com exceção da EMA, são construídas em ponto de grade regular, de forma que o CHIRPS é a fonte que apresenta a maior resolução horizontal (0,05° de latitude x 0,05° de longitude), enquanto o GPCP é a fonte com menor resolução (2,5° de latitude x 2,5° de longitude) (Tabela 1). O período de análise para cada fonte de dados pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Características das bases de dados mensais em ponto de grade.

Base de Dados	Resolução horizontal	Período de Análise
CHIRPS	0,05° x 0,05°	jan/09 - dez/19
XAVIER	0,25° x 0,25°	jan/09 - dez/15
GPCC	0,25° x 0,25°	jan/09 - dez/16
TRMM	0,5° x 0,5°	jan/09 - abr/15
GPCP	2,5° x 2,5°	jan/09 - dez/19

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A EMA está localizada no município de Uberlândia - MG, no Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, nas coordenadas 18°55'01" de latitude Sul e 48°15'18" de longitude Oeste, em 869 m de altitude. Apesar da EMA de Uberlândia estar operando desde 17 de dezembro de 2002, até o final de 2008 há dados faltantes em 43,9% dos dias. Por este motivo o período de análise inicia em 2009.

A precipitação pluvial do CHIRPS (FUNK *et al.*, 2015) apresenta cobertura quase global, de 50°S a 50°N e para todas as longitudes, com resolução temporal diária e mensal,

de 1981 até o presente (FUNK *et al*., 2015). Os dados do CHIRPS são construídos a partir de dados de estações meteorológicas *in situ* e a partir de dados de satélites, com o intuito de criar séries temporais em grade para análise de tendências e monitoramento de secas sazonais. Estes dados foram obtidos no site do *Climate Hazards Center* (CHC).

A precipitação pluvial de XAVIER é construída a partir de uma ampla rede estações meteorológicas, com aproximadamente 9.259 pluviômetros, interpolando os dados através da Distância Angular Ponderada (ADW) e do Inverso da Distância Ponderada (IDW). Estes dados foram obtidos da Universidade do Texas em Austin e estão disponíveis de janeiro de 1980 a dezembro de 2015.

A base de dados do GPCP (ADLER *et al*., 2003) é construída a partir da precipitação pluvial de estações pluviométricas e de estimativas a partir da temperatura do topo de nuvens e de taxas de precipitação pluvial, obtidas a partir de radiômetros do canal infravermelho abordo de satélites geoestacionários. Os dados mensais, disponíveis de 1979 até o presente, foram obtidos da versão 2.3 através do site da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) *Physical Sciences Laboratory*.

A base de dados do TRMM (KUMMEROW *et al*., 2000) é uma missão conjunta da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e da Agência de Exploração Aeroespacial do Japão, que foi lançada em 1997 para estudar a precipitação pluvial da região tropical do globo. O sistema de observação do TRMM é composto por três sensores principais: um radar passivo para a detecção de precipitação pluvial, um radiômetro passivo de microondas e um radiômetro que opera na região espectral do infravermelho e do visível. Os dados foram obtidos no aplicativo *Giovanni*, e desenvolvido pelo *Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center* (GES DISC). A precipitação pluvial do TRMM apresenta resolução temporal diária e mensal, para o período de novembro de 1997 a abril de 2015. Em maio de 2015 as operações do TRMM foram encerradas.

O conjunto de dados de precipitação pluvial do GPCC (SCHNEIDER *et al*., 2017), de 1901 até 2016, fornece produtos em grade derivados de estações meteorológicas com controle de qualidade. Esta fonte de dados é operada pelo *Deutscher Wetterdienst* (*National Meteorological Service of Germany*), sendo um componente do GPCP, com ênfase principal no tratamento das observações globais *in situ*. O GPCC coleta dados de precipitação pluvial, que são observados localmente em estações pluviométricas e distribuídos como relatórios

CLIMAT (código para relatar dados climatológicos mensais) e *Surface Synoptic Observations* (SYNOP) por meio do Sistema de Telecomunicação Global do *World Weather Watch* (GTS), da Organização Meteorológica Mundial (*World Meteorological Organization* - WMO). Os dados do GPCC foram obtidos no site do *Climate Reanalyzer.*

2.2. Procedimentos Metodológicos

Para a comparação da precipitação pluvial mensal de CHIRPS, XAVIER, TRMM e GPCP com os dados da EMA, inicialmente foi necessário extrair a série temporal no ponto de grade (latitude e longitude) da EMA de Uberlândia. Para isso foram usados os softwares *Grid Analysis and Display System* (GrADS) e *Climate Data Operator* (CDO). Os dados do GPCC foram obtidos diretamente para as coordenadas geográficas da EMA.

Inicialmente calculamos a média mensal da precipitação pluvial obtida das cinco fontes e da EMA, com a finalidade de comparar os acumulados médios mensais entre os dados observados e estimados. O período utilizado para o cálculo da média de cada fonte pode ser observado na Tabela 1. Para a comparação entre a chuva das fontes e da EMA, calculamos a média mensal da EMA para o respectivo período da fonte (*cf.* Tabela 1).

Posteriormente, calculamos a diferença percentual, o erro absoluto e o erro médio quadrático mensal. Os cálculos dos erros foram realizados no software IBM SPSS. Através da análise de *boxplots* comparamos os quartis da precipitação pluvial obtida das fontes e da EMA. Por fim, com a finalidade de detectar possíveis variações ao longo do tempo na representação da chuva pelos dados estimados, comparamos as séries temporais das fontes com a da EMA.

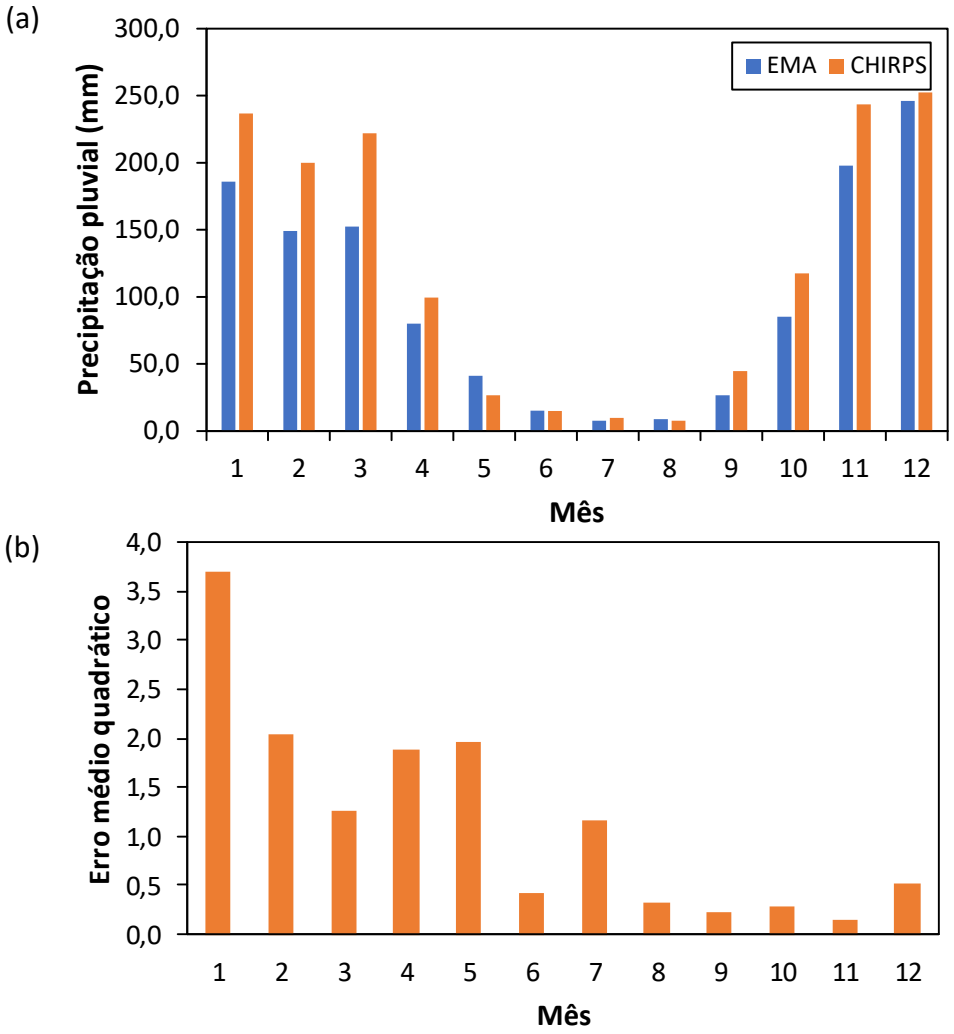
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Comparação entre CHIRPS e EMA (2009-2019)

A Figura 1 apresenta a média mensal da precipitação pluvial do CHIRPS e da EMA para o período entre 2009 e 2019, bem como o erro médio quadrático entre estas fontes. O CHIRPS representa relativamente bem a EMA (Figura 1a), dominando superestimação da precipitação pluvial, com exceção dos meses de maio, junho e agosto, chegando a diferenças percentuais de até +50,5% em setembro. Em relação ao erro médio quadrático entre estas

fontes (Figura 1b), os maiores erros são observados durante a estação chuvosa e início da estação seca (entre janeiro e maio, incluindo o mês de julho), enquanto os menores erros ocorrem durante a estação seca e início da estação chuvosa (junho e agosto a novembro).

Figura 1 - (a) Precipitação pluvial mensal (mm) do CHIRPS e da EMA e (b) erro médio quadrático mensal entre a precipitação pluvial do CHIRPS e da EMA em Uberlândia - MG, entre 2009 e 2019.

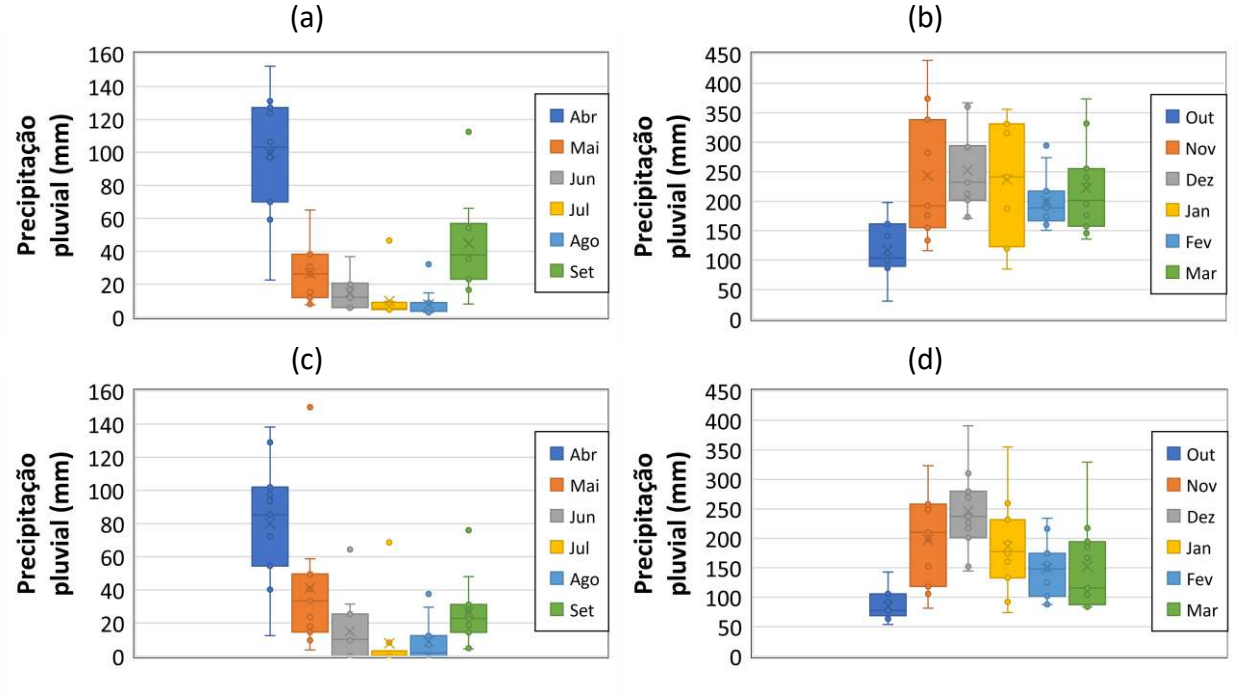


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Os *boxplots* da precipitação pluvial do CHIRPS e da EMA para os meses mais secos (abril a setembro) e chuvosos (outubro a março) são apresentados na Figura 2. Entre os meses de abril e setembro (Figuras 2a, 2c), podemos observar que o CHIRPS apresenta valores de mediana e máximo maiores do que a EMA. Além disso, percebe-se que em todos os meses os valores mínimos da EMA são inferiores do que aqueles identificados no CHIRPS.

De outubro a março (Figuras 2b, 2c), o intervalo interquartil é maior no CHIRPS do que na EMA.

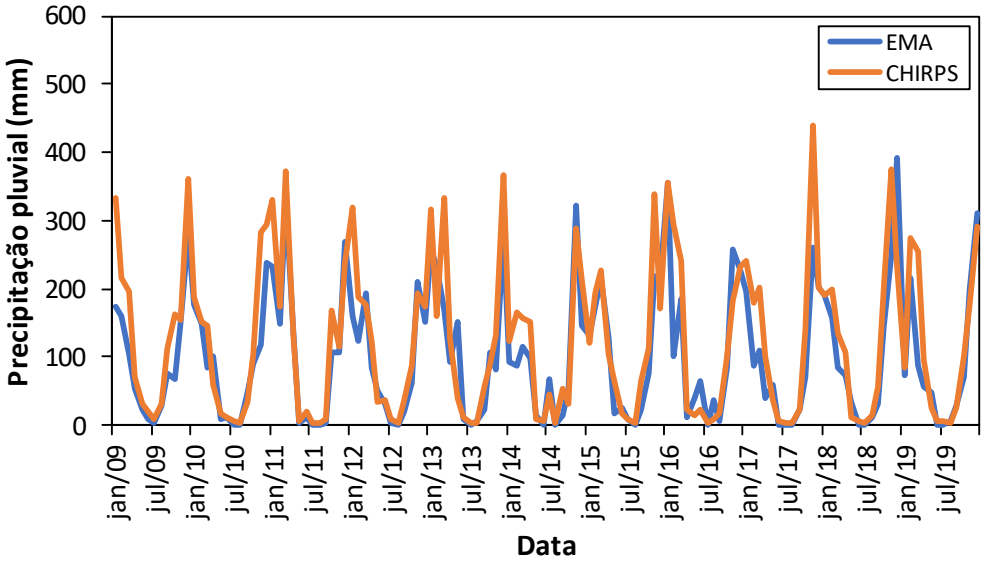
Figura 2 - *Boxplot* da precipitação pluvial mensal (mm) do CHIRPS (superior) e da EMA (inferior) em Uberlândia - MG entre (a, c) abril e setembro e (b, d) outubro e março, de 2009 a 2019.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Em relação à série temporal mensal da precipitação pluvial do CHIRPS e da EMA, entre 2009 e 2019, no geral a precipitação pluvial do CHIRPS superestima a da EMA, principalmente nos meses mais chuvosos. Há diferenças expressivas em janeiro de 2009 e 2012, em que a EMA apresenta acumulados de 174,2 e 160,6 mm em janeiro, enquanto o CHIRPS de 332,7 e 319,8 mm, respectivamente.

Figura 2 - Comparação entre a precipitação pluvial mensal (mm) do CHIRPS e da EMA em Uberlândia - MG, entre janeiro de 2009 e dezembro de 2019.

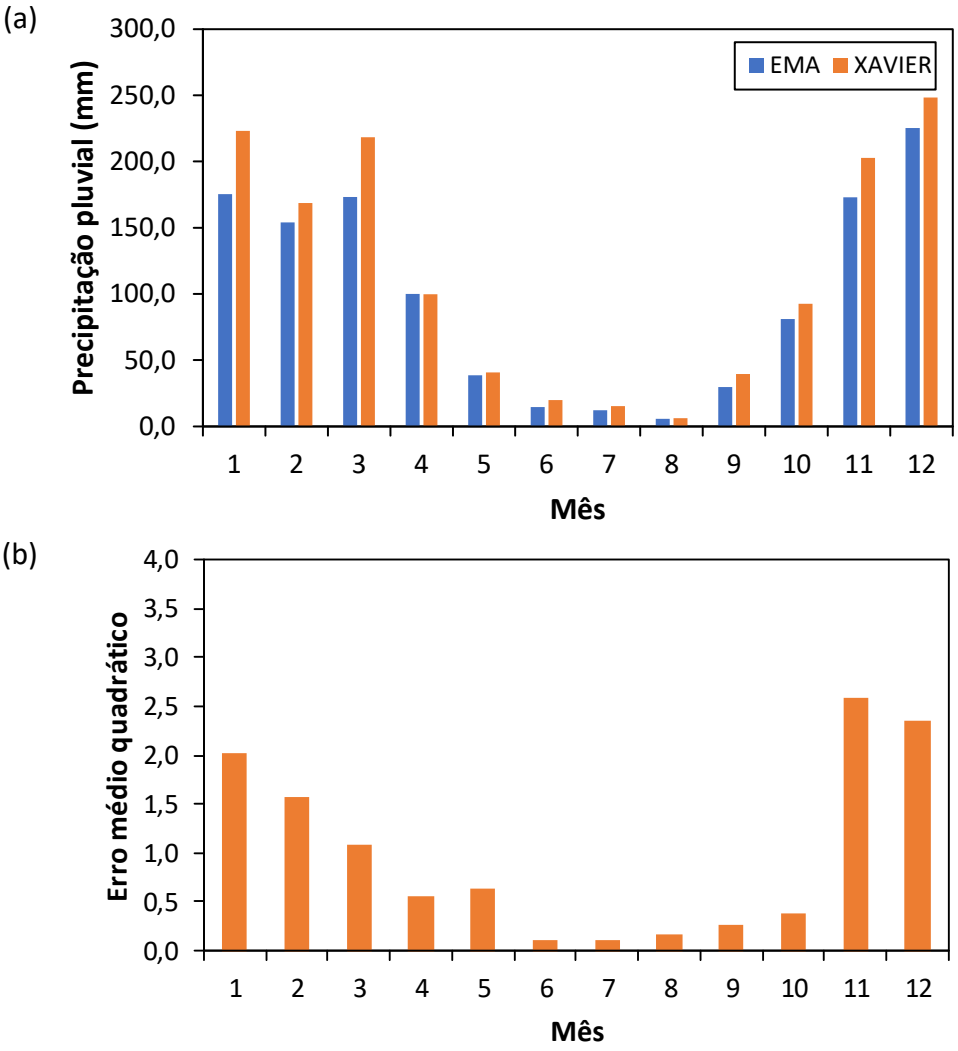


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

3.2. Comparação entre XAVIER e EMA (2009-2015)

A comparação entre as bases de dados de XAVIER e da EMA é apresentada na Figura 4. A precipitação pluvial mensal de XAVIER, para o período de 2009 a 2015, superestima os acumulados mensais da EMA em praticamente todos os meses, com exceção de abril (Figura 4a). As maiores diferenças percentuais entre a precipitação pluvial de XAVIER e da EMA ocorrem em junho e setembro (+31,2 e +28,5%, respectivamente). Os altos desvios percentuais nestes meses estão associados aos baixos acumulados mensais de precipitação pluvial, o que resulta em grandes desvios percentuais entre XAVIER e EMA, mesmo com diferenças absolutas pequenas.

Figura 4 - (a) Precipitação pluvial mensal (mm) de XAVIER e da EMA e (b) erro médio quadrático mensal entre a precipitação pluvial de XAVIER e da EMA em Uberlândia - MG, entre 2009 e 2015.



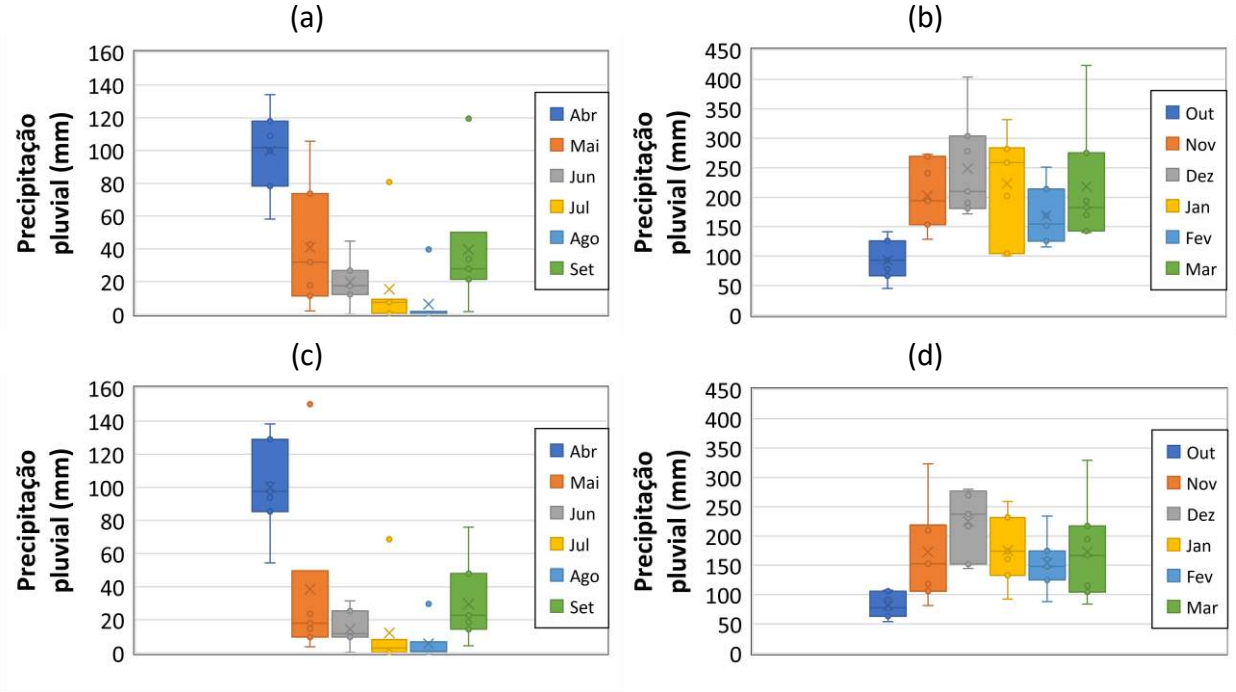
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Avaliando o erro médio quadrático mensal (Figura 4b), os meses com maiores acumulados de chuva do ano (novembro e dezembro) são os que apresentam os maiores erros, enquanto o erro é menor nos meses com os menores acumulados (junho a setembro).

Conforme o *boxplot* dos meses de abril a setembro (Figuras 5a, 5c), nota-se que, apesar de haver discrepâncias entres os resultados obtidos pelas fontes (XAVIER e EMA), os valores das medianas são similares. Os dados são assimétricos negativos em ambas as fontes, visto que a posição da mediana está próxima ao terceiro quartil. Os valores discrepantes (*outliers*) são identificados nos dois casos. De outubro a março (Figuras 5b, 5d)

a dispersão entre a precipitação pluvial é maior nos dados de XAVIER, o que altera a simetria destes dados, visto que a mediana se encontra distante do centro do retângulo.

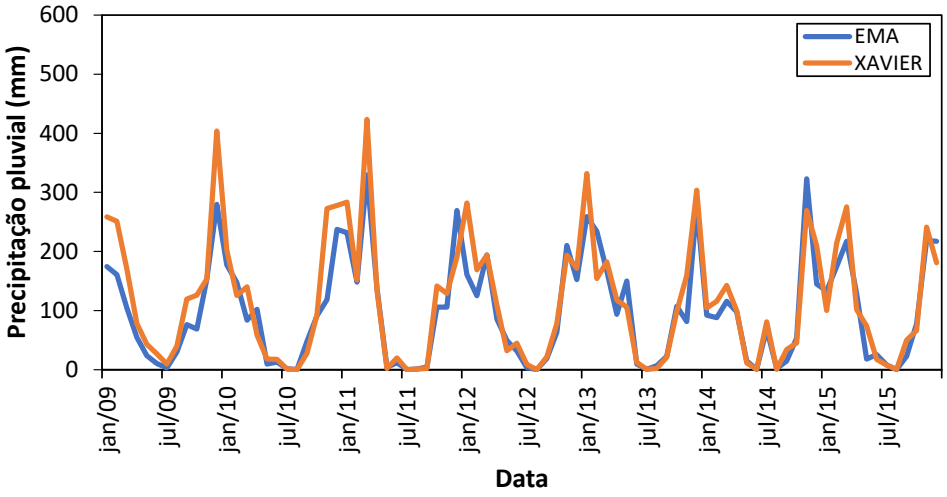
Figura 5 - *Boxplot* da precipitação pluvial mensal (mm) de XAVIER (superior) e da EMA (inferior) em Uberlândia - MG entre (a, c) abril e setembro e (b, d) outubro e março, de 2009 a 2015.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A base de dados de XAVIER representa relativamente bem as variações temporais da precipitação pluvial da EMA, principalmente nos meses de menores acumulados (Figura 6). Por outro lado, nos meses de maiores acumulados, os dados de XAVIER tendem a superestimar os dados da EMA. No estudo realizado por Veber *et al*. (2019), os autores observaram que a precipitação pluvial diária da Estação Agroclimatológica e de XAVIER em Pelotas - RS, no período de 2006 a 2013, se aproximaram da linha de tendência. Porém, houve alguns valores discrepantes nos dias com precipitação pluvial superior a 50 mm.

Figura 6 - Comparação entre a precipitação pluvial mensal (mm) de XAVIER e da EMA em Uberlândia - MG, entre janeiro de 2009 e dezembro de 2015.



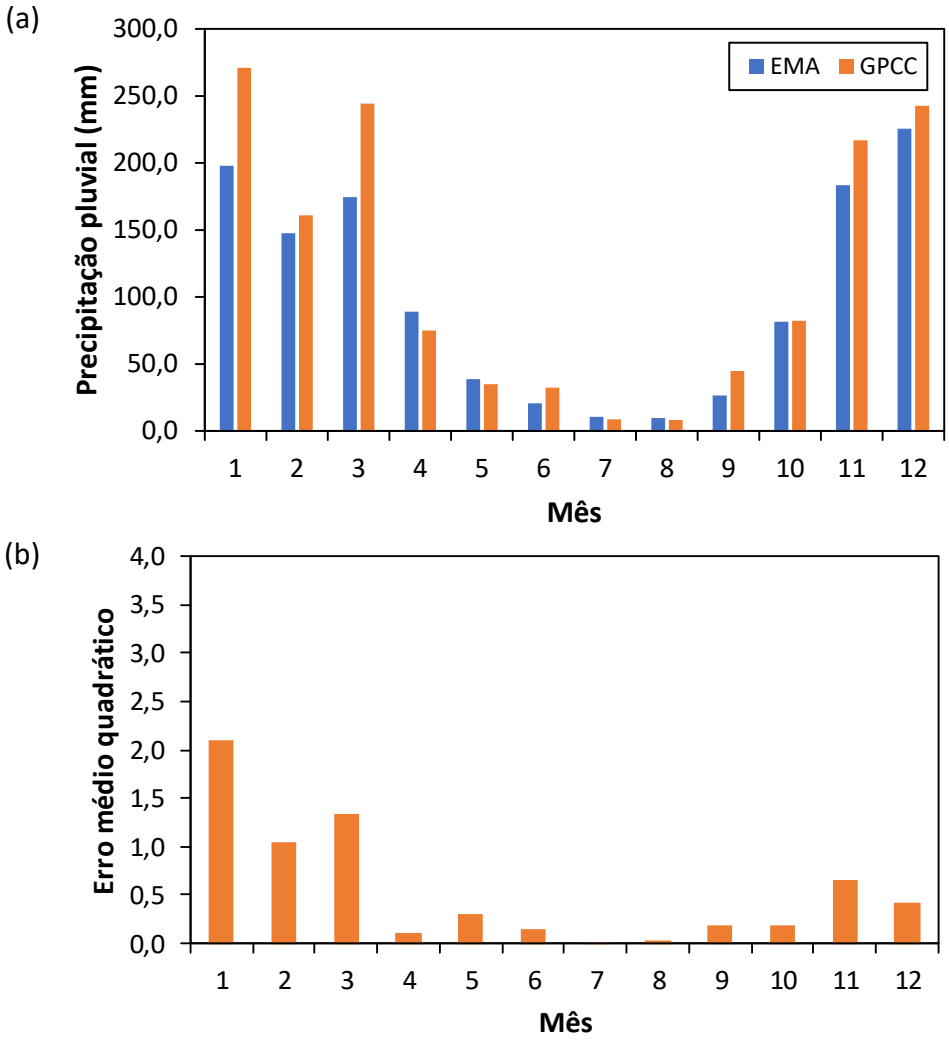
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

3.3. Comparação entre GPCC e EMA (2009-2016)

A precipitação pluvial mensal (2009-2016) do GPCC e da EMA em Uberlândia, bem como o erro médio quadrático mensal entre estas fontes, são apresentas na Figura 7. No geral, há superestimação do GPCC no início e durante a estação chuvosa (setembro a março), com as maiores diferenças percentuais em setembro (+51,5%). Por outro lado, domina subestimação no início e durante a estação seca (abril a agosto), com exceção do mês de junho, sendo julho o mês com a maior diferença percentual negativa, de -19,2%.

Em relação ao erro médio quadrático (Figura 7b), o trimestre de janeiro a março é o que apresenta os maiores erros do ano, sendo janeiro (mês mais chuvoso do GPCC e segundo mês mais chuvosa da EMA) o mês com maior erro. Já nos meses menos chuvosos, com acumulados inferiores a 100 mm (abril a outubro), os erros são menores, fato que concorda com o resultado de estudos anteriores, como o de Ferreira Filho *et al*. (2020), o que justifica os menores valores de precipitação pluvial na estação seca.

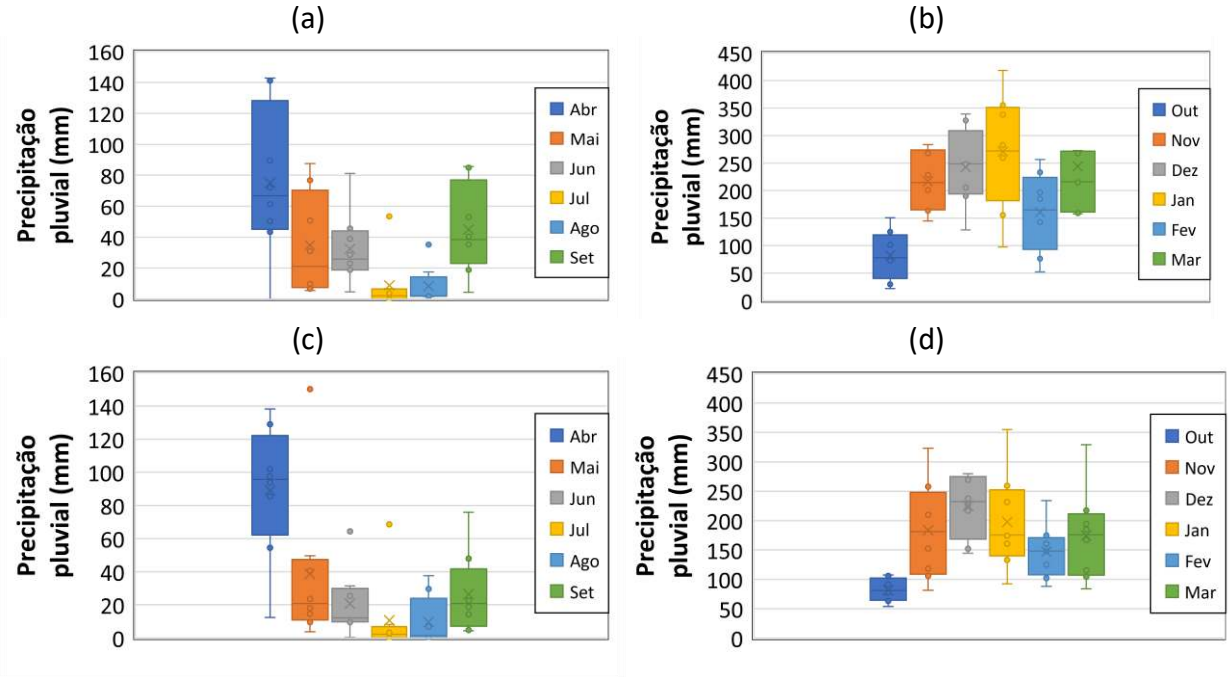
Figura 7 - (a) Precipitação pluvial mensal (mm) do GPCC e da EMA e (b) erro médio quadrático mensal entre a precipitação pluvial do GPCC e da EMA em Uberlândia - MG, entre 2009 e 2016.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

No geral, a mediana da precipitação pluvial está próxima ao terceiro quartil, indicando que os dados de abril a setembro (Figuras 8a, 8c) do GPCC e da EMA são assimétricos negativos. Além disso, a amplitude dos dados do GPCC nos meses de abril, maio e setembro é alta, o que indica alta dispersão dos acumulados de chuva, diferente do que ocorre nos meses de junho, julho e agosto. De outubro a março (Figuras 8b, 8d), o GPCC apresenta maior dispersão no mês de janeiro, enquanto no *boxplot* da EMA, os dados são mais dispersos em novembro. No geral, os dados do GPCC na estação chuvosa (outubro a março) são simétricos. No entanto, aqueles coletados pela EMA apresentam características assimétricas, como observado em dezembro, fevereiro e março, meses em que os dados se mostram assimétricos negativos, enquanto em janeiro os dados são assimétricos positivos.

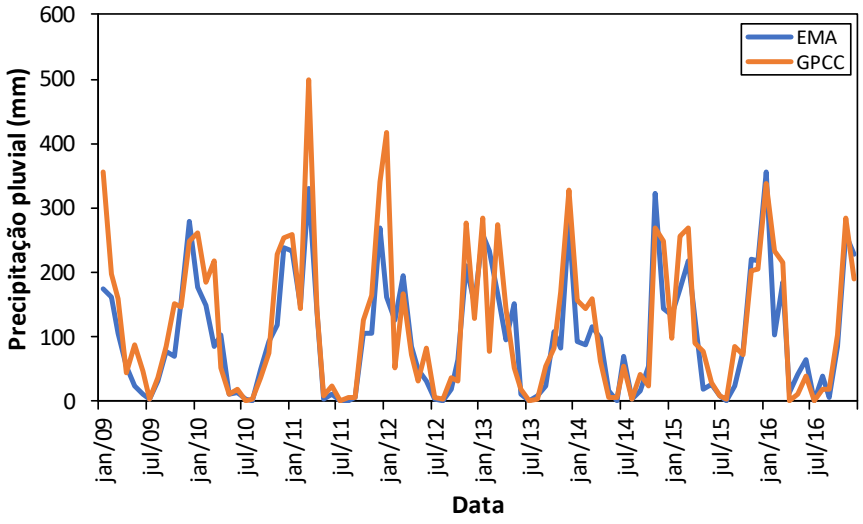
Figura 8 - *Boxplot* da precipitação pluvial mensal (mm) do GPCC (superior) e da EMA (inferior) em Uberlândia - MG entre (a, c) abril e setembro e (b, d) outubro e março, de 2009 a 2016.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A precipitação pluvial do GPCC representa relativamente bem as variações temporais (entre 2009 e 2016) dos dados da EMA (Figura 9), apesar de haver subestimação, principalmente nos meses mais chuvosos, de -19,4%.

Figura 9 - Comparação entre a precipitação pluvial mensal (mm) do GPCC e da EMA em Uberlândia - MG, entre janeiro de 2009 e dezembro de 2016.

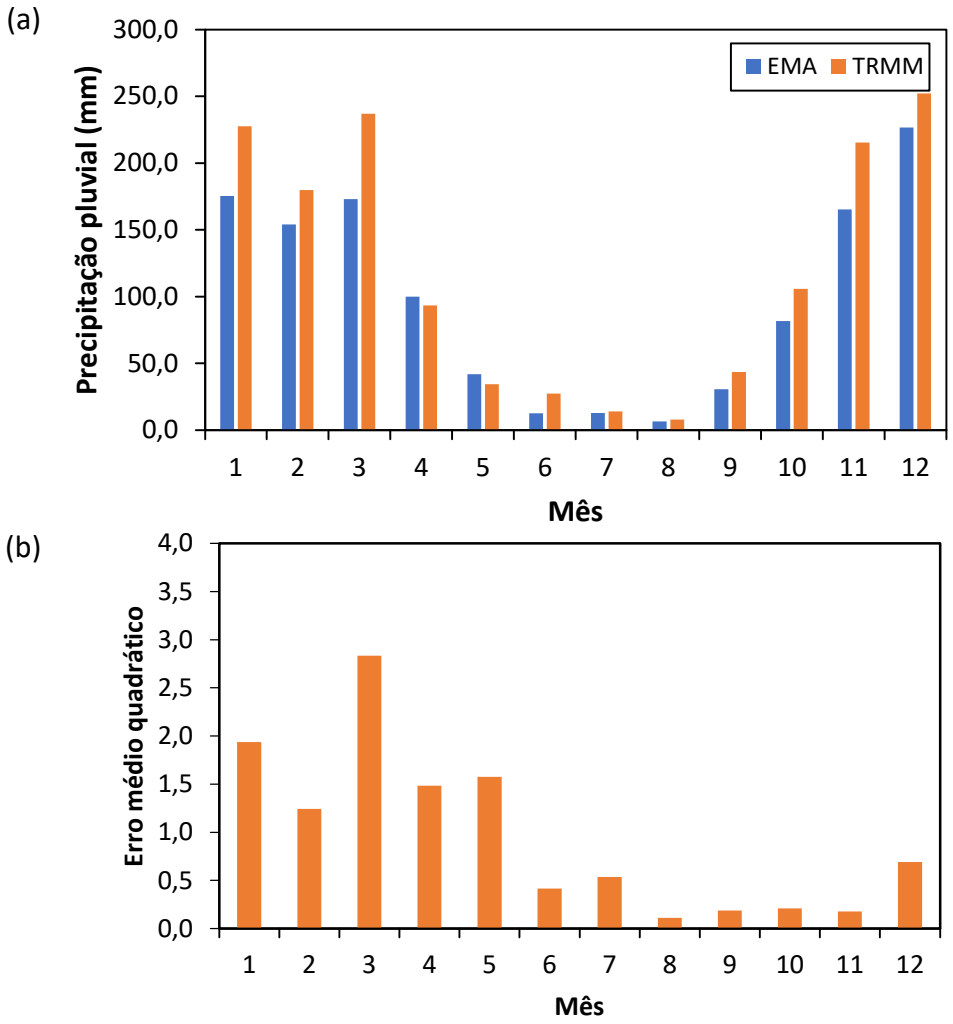


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

3.4. Comparação entre TRMM e EMA (2009-2015)

A Figura 10 apresenta a precipitação pluvial mensal do TRMM e da EMA, bem como o erro médio quadrático entre as fontes. No geral, o TRMM representa bem os acumulados mensais da EMA (Figura 10a), apesar de predominar superestimação, com exceção do mês de abril e maio, com diferenças percentuais de até +73,4% em junho. Em relação ao erro médio quadrático (Figura 10b), os maiores erros ocorrem durante a estação chuvosa e início da seca (entre janeiro e maio). Por outro lado, os menores erros são observados no final da estação seca e início da chuvosa (entre agosto e novembro).

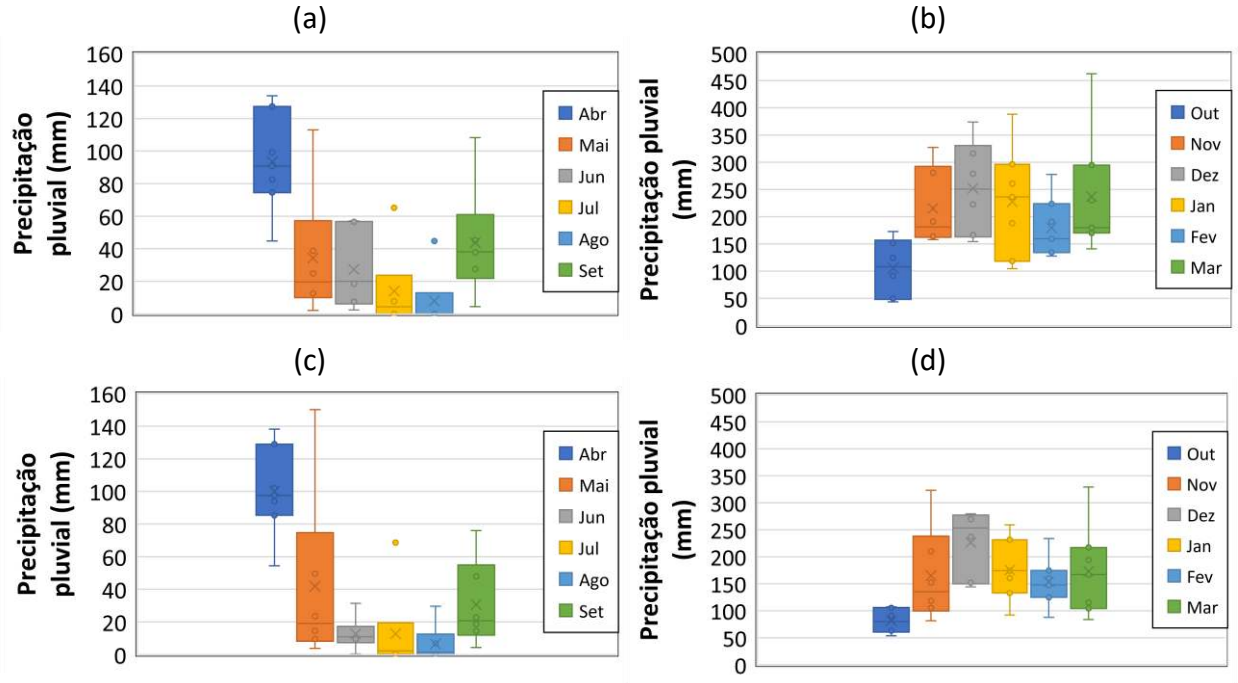
Figura 10 - (a) Precipitação pluvial mensal (mm) do TRMM e da EMA e (b) erro médio quadrático mensal entre a precipitação pluvial do TRMM e da EMA em Uberlândia - MG, entre 2009 e abril de 2015.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A partir da Figura 11, podemos observar que, assim como nos *boxplot* das demais fontes durante a estação seca (abril a setembro), a precipitação pluvial do TRMM e da EMA apresenta valores discrepantes (*outliers*). Estas discrepâncias ocorrem nos meses de julho e agosto no TRMM (Figura 11a) e no mês de julho na EMA (Figura 11c). Além disso, tanto a precipitação pluvial mensal do TRMM, quanto da EMA, apresenta assimetria negativa e alta dispersão nos meses de abril, maio e setembro. Na análise dos meses chuvosos (Figuras 11b, 11d) não há valores discrepantes e os dados apresentam assimetria variando entre positiva e negativa em ambas as fontes.

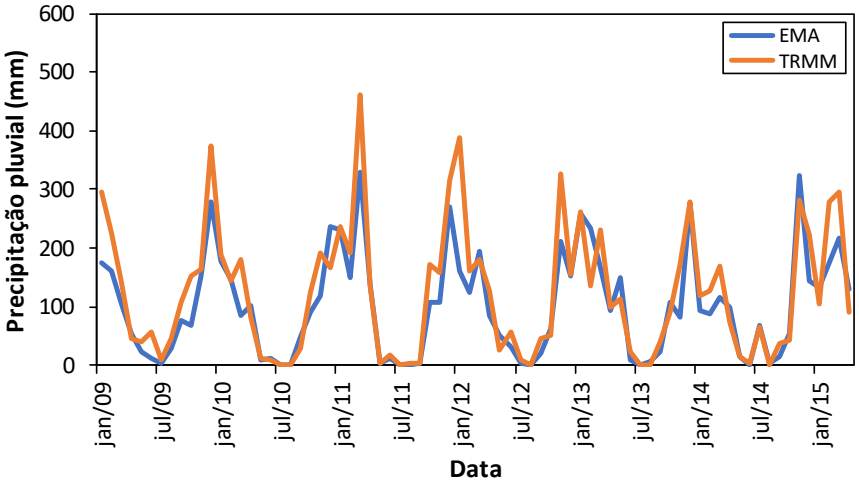
Figura 11 - *Boxplot* da precipitação pluvial mensal (mm) do TRMM (superior) e da EMA (inferior) em Uberlândia - MG entre (a, c) abril e setembro e (b, d) outubro e março, de 2009 a abril de 2015.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

No geral, a precipitação pluvial do TRMM apresenta maiores similaridades com os dados da EMA nos meses de menores acumulados (Figura 12). As maiores diferenças entre as duas fontes são identificadas nos meses chuvosos, em que o TRMM superestima a EMA, com destaque para janeiro de 2009 a abril de 2009, janeiro de 2011 a abril de 2011 e outubro de 2011 a abril de 2012.

Figura 12 - Comparação entre a precipitação pluvial mensal (mm) do TRMM e da EMA em Uberlândia - MG, entre janeiro de 2009 e abril de 2015.

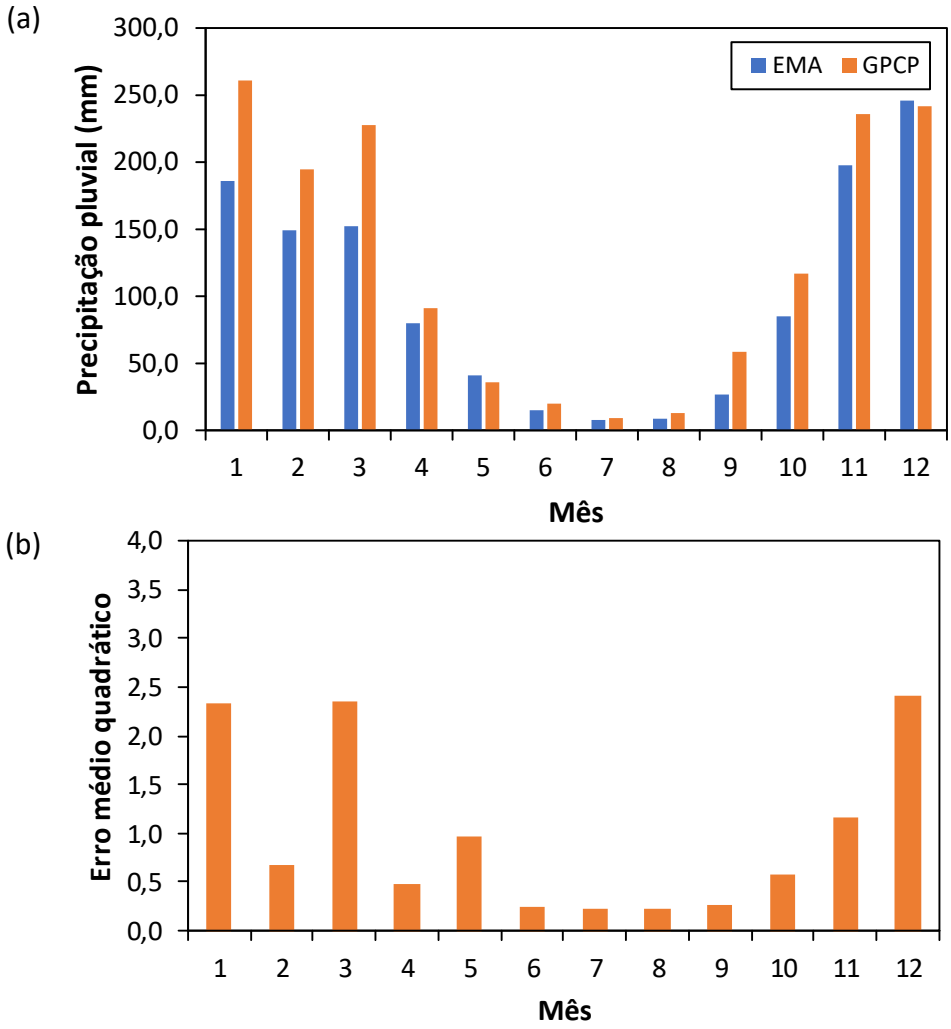


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

3.5. Comparação entre GPCP e EMA (2009-2019)

Através da comparação entre a precipitação pluvial mensal obtida pelo GPCP e pela EMA, entre 2009 e 2019, bem como os erros entre ambos, podemos observar que, de uma forma geral, o GPCP representa bem a precipitação pluvial da EMA (Figura 13a), com predomínio de superestimação ao longo do ano, com exceção dos meses de maio e dezembro. A maior diferença percentual entre o GPCP e a EMA ocorre em setembro (+74,8%). Em relação ao erro médio quadrático (Figura 13b), os maiores erros ocorrem nos meses mais chuvosos, de novembro a março, enquanto os menores erros são observados nos meses mais secos, de junho a agosto.

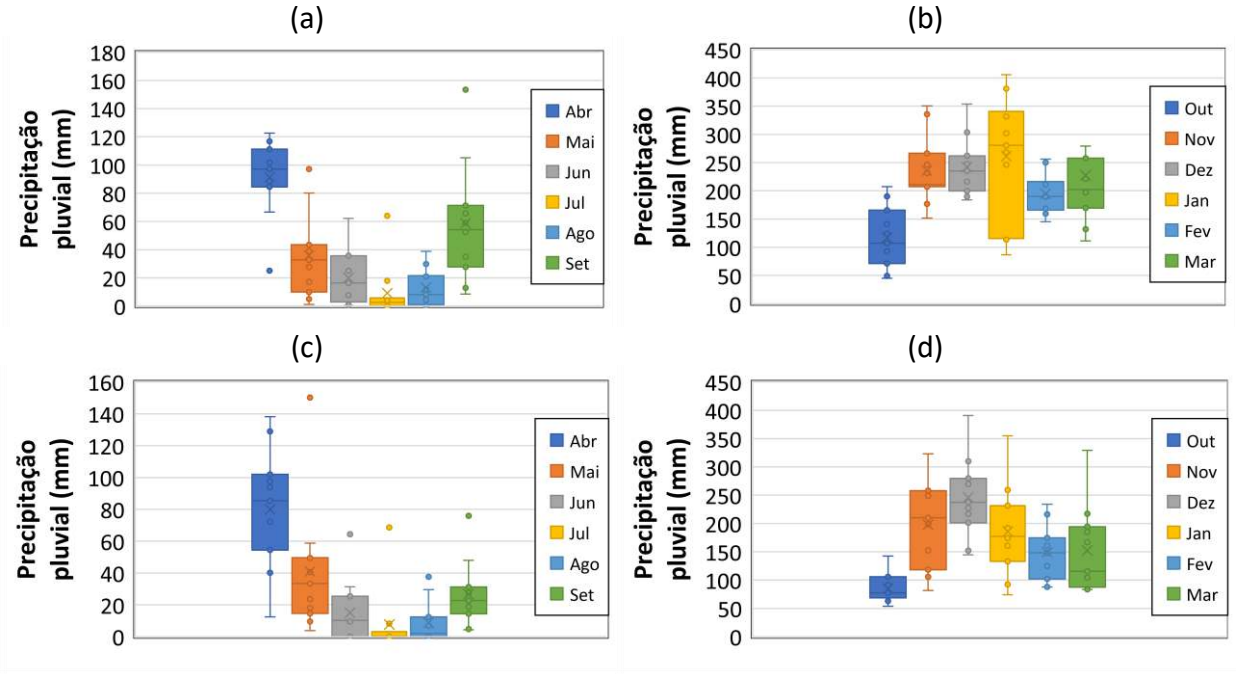
Figura 13 - (a) Precipitação pluvial mensal (mm) do GPCP e da EMA e (b) erro médio quadrático mensal entre a precipitação pluvial do GPCP e da EMA em Uberlândia - MG, entre 2009 e 2019.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Os *boxplots* dos meses de abril a setembro (Figuras 14a, 14c) indicam a presença de *outliers* em praticamente todos os meses, tanto no GPCP, quanto na EMA. A dispersão dos dados no GPCP é maior em maio, junho e setembro (Figura 14a). Na EMA (Figura 14a), os dados de precipitação pluvial apresentam intervalo interquartil disperso no mês de abril. De outubro a março (Figuras 14b, 14d) os dados se mostram assimétricos e dispersos em ambas as fontes, principalmente em janeiro.

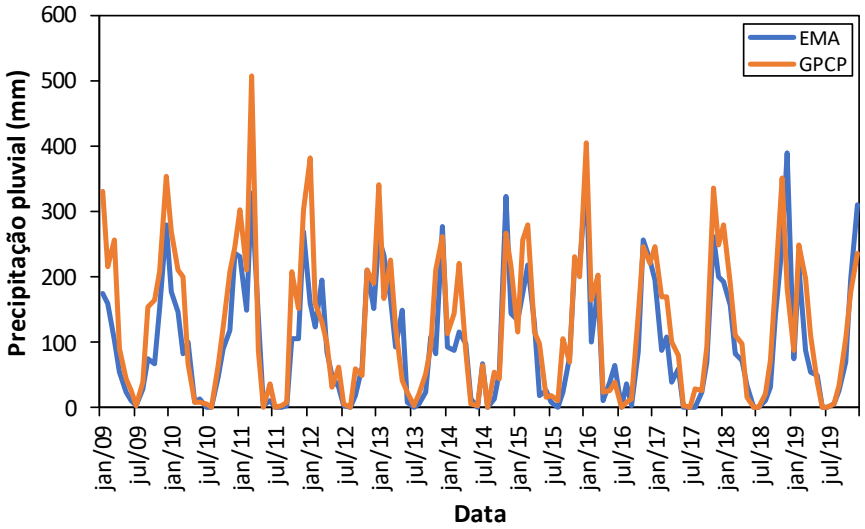
Figura 14 - *Boxplot* da precipitação pluvial mensal (mm) do GPCP (superior) e da EMA (inferior) em Uberlândia - MG entre (a, c) abril e setembro e (b, d) outubro e março, de 2009 a 2019.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

As séries temporais de precipitação pluvial mostram que o GPCP apresenta maiores amplitudes em relação à EMA nos meses mais chuvosos. Desta forma, verifica-se que os dados da base do GPCP superestimam os dados da EMA.

Figura 15 - Comparação entre a precipitação pluvial mensal (mm) do GPCP e da EMA de Uberlândia - MG, entre janeiro de 2009 e dezembro de 2019.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo validou a precipitação pluvial mensal no município de Uberlândia - MG a partir da comparação entre as séries temporais da EMA (INMET) e de cinco diferentes fontes de dados em ponto de grade regular (CHIRPS, XAVIER, GPCC, TRMM e GPCP), com a finalidade de avaliar se os dados estimados podem ser empregados no lugar dos dados observados.

Os resultados apresentados sugerem que a precipitação pluvial dos cinco conjuntos de dados tende a superestimar os dados da EMA, principalmente na estação chuvosa de Uberlândia (outubro a março). O GPCC é a fonte que melhor representa a precipitação pluvial da EMA, uma vez que são verificados os menores erros (erro médio quadrático e erro absoluto) em relação às demais fontes. A base de XAVIER é a segunda melhor fonte para representar a precipitação pluvial de Uberlândia, apesar de não representar adequadamente o início da estação chuvosa (novembro e dezembro). Ambas as fontes apresentam a segunda maior resolução horizontal entre as bases avaliadas (0,25° de latitude x 0,25° de longitude). Por outro lado, o CHIRPS é a fonte que pior representa as chuvas da EMA, apesar de representar bem o início da estação chuvosa (novembro e dezembro) e apresentar a maior resolução horizontal entre as fontes (0,05° de latitude x 0,5° de longitude).

Os resultados obtidos neste estudo estão em desacordo com aqueles observados por Silva *et al.* (2019) nos municípios de Paranapoema (PR), Joaquim Távora (PR) e Presidente Prudente (SP), pois os dados mensais do GPCP apresentaram melhor correlação, enquanto no presente estudo essa mesma fonte não conseguiu representar adequadamente a precipitação pluvial em Uberlândia, especialmente nos meses mais chuvosos. Conforme apontado por Silva *et al.* (2019), os dados do TRMM demonstraram correlações elevadas em comparação com a EMA. Contudo, no presente estudo esta fonte apresentou menores erros em relação à EMA de Uberlândia no final da estação seca e início da chuvosa, e maiores erros no final da estação chuvosa e durante a seca.

Este estudo é importante para indicar alternativas de bases de dados de precipitação pluvial devido à falta de séries longas e homogêneas no município de Uberlândia. Só assim será possível elaborar estratégias que previnam cenários de risco para a sociedade e, consequentemente, desenvolver políticas públicas mais eficientes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Educação Tutorial do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (PET-Geografia/UFU); ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; ao conjunto de dados Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) do *Climate Hazards Group*; ao conjunto de dados de Xavier, King e Scanlon (2016); aos dados de precipitação pluvial mensal do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP) e *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC) fornecidos pela NOAA PSL.

REFERÊNCIAS

ADLER, Robert F.; HUFFMAN, George J.; CHANG, Alfred; FERRARO, Ralph; XIE, Ping-Ping; JANOWIAK, John; RUDOLF, Bruno; SCHNEIDER, Udo; CURTIS, Scott; BOLVIN, David; GRUBER, Arnold; SUSSKIND, Joel; ARKIN, Philip; NELKIN, Eric. The Version-2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979-Present). **Journal of Hydrometeorology**, v.4, n.6, p.1147-1167, 2003. DOI: https://doi.org/10.1175/1525-7541(2003)004<1147:TVGPCP>2.0.CO;2

ARKIN, Phillip A.; XIE, Pingping. The global precipitation climatology project: first algorithm intercomparison project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.75, n.3, p. 01-419, 1994. DOI: https://doi.org/10.1175/1520-0477(1994)075<0401:TGPCPF>2.0.CO;2

FERREIRA FILHO, David Figueiredo; LIRA, Bruna Roberta Pereira; CRISPIM, Diêgo Lima; PESSOA, Francisco Carlos Lira; FERNANDES, Lindemberg Lima. Análise pluviométrica no estado do Pará: Comparação entre dados obtidos de estações pluviométricas e do satélite GPCC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.26, jan/jun 2020. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/67914/40756>. Acesso em: 01 abr. 2022. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.67914

FUNK, Chris; PETERSON, Pete; LANDSFELD, Martin; PEDREROS, Diego; VERDIN, James; SHUKLA, Shraddhanand; HUSAK, Gregory; ROWLAND, James; HARRISON, Laura; HOELL, Andrew; MICHAELSEN, Joel. The climate hazards infrared precipitation with stations - a new environmental record for monitoring extremes. **Scientific Data**, v.2, 150066, 2015. DOI: https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66

JONES, J. W.; HOOGENBOOM, G.; PORTER, C. H.; BOOTE, K. J.; BATCHELOR, W. D.; HUNT, L. A.; WILKENS, P. W.; SINGH, U.; GIJSMAN, A. J.; RITCHIE, J. T. The DSSAT Cropping System Model. **European Journal of Agronomy**, v.18, n.3-4, p.235-265, 2003. DOI: https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00107-7

KUMMEROW, C.; SIMPSON, J.; THIELE, O.; BARNES, W.; CHANG, A. T. C.; STOCKER, E.; ADLER, R. F.; HOU, A.; KAKAR, R.; WENTZ, F.; ASHCROFT, P.; KOZU, T.; HONG, Y.; OKAMOTO, K.; IGUCHI, T.; KUROIWA, H.; IM, E.; HADDAD, Z.; HUFFMAN, G.; FERRIER, B.; OLSON, W. S.;

ZIPSER, E.; SMITH, E. A.; WILHEIT, T. T.; NORTH, G.; KRISHNAMURTI, T.; NAKAMURA, K. The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after Two Years in Orbit. **Journal of Applied Meteorology**, v.39, n.12, p.1965-1982, 2000. DOI: https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040<1965:TSOTTR>2.0.CO;2

LEITE, Eduardo Soares. **Sistemas atmosféricos, precipitações intensas e impactos na cidade de Uberlândia - MG**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

LIMA, Mirian de Paula. **Circulação atmosférica associada aos extremos secos e chuvosos em Uberlândia - MG**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

LIMA, Mirian de Paula; CARPENEDO, Camila Bertoletti. Eventos extremos secos em Uberlândia-MG e circulação atmosférica associada. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.27, p.158-180, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.70256

LIMBERGER, Leila; SILVA, Maria Elisa Siqueira. Precipitação observada na Amazônia brasileira: comparação entre os dados das redes convencionais e dados da Reanálise I do NCEP/NCAR, CRU e GPCC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.22, jan/jun 2018, p.20-37, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.48841

NASSAJ, Behzad Navidi; ZOHRABI, Narges; SHAHBAZI, Alireza Nikbakht; FATHIAN, Hossein. Evaluating the performance of eight global grided precipitation datasets across Iran. **Dynamics of Atmospheres and Oceans**, v.98, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2022.101297

SCHNEIDER, Udo; FINGER, Peter; MEYER-CHRISTOFFER, Anja; RUSTEMEIER, Elke; ZIESE, Markus; BECKER, Andreas. Evaluating the Hydrological Cycle over Land Using the Newly-Corrected Precipitation Climatology from the Global Precipitation Climatology Centre (GPCC). **Atmosphere**, v.8, n.3, 2017. DOI: https://doi.org/10.3390/atmos8030052

SILVA, Carlos Batista; SILVA, Maria Elisa Siqueira; AMBRIZZI, Tércio; TOMMASELLI, José Tadeu Garcia; PATUCCI, Natália Nunes; MATAVELI, Guilherme Augusto Verola; LIMA, Bruna Simões; CORREA, Wesley Campos. Precipitação na América do Sul – Dados obtidos em Estações Meteorológicas Automáticas e Sistemas Orbitais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.25, jul/dez 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.58813

STEDUTO, Pasquale; HSIAO, Theodore C.; RAES, Dirk; FERERES, Elias. AquaCrop - The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles. **Agronomy Journal**, v.101, n.3, p.426-437, 2009. DOI: https://doi.org/10.2134/agronj2008.0139s

VEBER, Patrick Morais. Análise de consistência entre dados interpolados e observados de precipitação no município de Pelotas/RS. **Brazilian Journal of Development**, v.5, n.6, p.5993-6000, jun. 2019. ISSN 2525-8761. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv5n6-111

XAVIER, Alexandre C.; KING, Carey W.; SCANLON, Bridget R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, v.36, n.6, p.2644-2659, 2016. DOI: https://doi.org/10.1002/joc.4518