

PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE PERNAMBUCO (1998-2020): ANÁLISE DESCRITIVA UTILIZANDO OS SENSORES TRMM E GPM

Flávia Helena Manhães Vasconcellos¹, Rodrigo Mikosz Gonçalves² e Julia Isabel Pontes³

^{1 2 3}Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Departamento de Engenharia Cartográfica - DeCart, Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação - PPCGTG. Av. da Arquitetura, s/nº CEP - 50740-550, Cidade Universitária, Recife - PE, Brasil

¹flaviamanhaes302@gmail.com, ²rodrigo.mikosz@gmail.com, ³juliaisap@gmail.com

RESUMO

A precipitação é considerada um elemento fundamental no ciclo hidrológico, pois é através dela que é feita a recarga hídrica nas bacias e nas reservas subterrâneas. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar as séries temporais de precipitação média mensais a partir dos dados multi-satélites (TRMM e GPM) e estações pluviométricas distribuídas nas mesorregiões do Estado de Pernambuco, bem como obter estatísticas descritivas de precipitação anual. Os principais resultados das análises estatísticas são: valores extremos médios anuais da precipitação: metropolitana do Recife (máx = 195 mm/ano, mín = 61 mm/ano), mata Pernambucana (máx = 172 mm/ano, mín = 56 mm/ano), Agreste (máx = 111 mm/ano, mín = 30 mm/ano), sertão (máx = 90 mm/ano, mín = 21 mm/ano), São Francisco (máx = 68 mm/ano, mín = 16 mm/ano). A evolução temporal e espacial da precipitação média anual mostra 3 regiões homogêneas: costa de Pernambuco (metropolitana e mata), zona de transição (agreste) e semi-árido (sertão e são francisco).

Palavras-chave – Precipitação, TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), GPM (Global Precipitation Measurement), Estações pluviométricas.

ABSTRACT

Precipitation is considered a fundamental element in the hydrological cycle, as it is through it that water recharge is carried out in basins and underground reserves. The present work aimed to characterize the time series of monthly average precipitation from multi-satellite data (TRMM and GPM) and rainfall stations distributed in the mesoregions of the State of Pernambuco, as well as to obtain descriptive statistics of annual precipitation. The main results of the statistical analysis are: extreme annual average values of precipitation: Metropolitan of Recife (max = 195 mm/year, min = 61 mm/year), Mata Pernambucana (max = 172 mm/year, min = 56 mm/year), Agreste (max = 111 mm/year, min = 30 mm/year), Sertão (max = 90 mm/year, min = 21 mm/year), São Francisco (max = 68 mm/year, min = 16 mm/year). The temporal and spatial evolution of the average annual precipitation shows 3 homogeneous regions: Pernambuco coast (Metropolitan and Mata), transition zone (Agreste), semi-arid (Sertão and São francisco).

Key words – Precipitation, TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), GPM (Global Precipitation Measurement), Gauges.

1. INTRODUÇÃO

A precipitação é considerada um elemento fundamental no ciclo hidrológico, pois é através dela que é feita a recarga hídrica nas bacias e nas reservas subterrâneas [1]. Enquanto isso, as mudanças climáticas globais, o aquecimento global e o aumento da temperatura ocasionaram mudanças espaço-temporais no regime pluviométrico [2]. Consequentemente, torna-se necessário monitorar esta componente do ciclo hidrológico bem como validar as estimativas da mesma [3]. Pesquisas no âmbito de monitoramento da precipitação, bem como da sua sazonalidade podem ser encontradas em [4], [5], entre outros.

A precipitação é tradicionalmente medida por estações meteorológicas in situ que fornecem dados de alta precisão em tempo real [6] principalmente por suas séries históricas que ajudam na compreensão de padrões. No entanto, as estações fornecem dados pontuais e não abrangem todo o território, a análise do déficit hídrico em uma bacia hidrográfica pode ser afetada pela falta de estações [3]. Além de que em muitos casos, apresentam dados ausentes, seja por falta de medições ou por falhas de equipamentos [7]. As observações por sensores a bordo de satélites artificiais na órbita da Terra é um recurso que vêm sendo utilizado com frequência por conta da abrangência de amostragem superior as estações meteorológicas. Porém, apresentam algumas desvantagens como a resolução espacial, sendo recomendados critérios de análises e validação das estimativas para que sejam utilizados de forma adequada [8, 9].

O projeto TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) foi a primeira missão dedicada a medição da precipitação nas zonas tropicais e subtropicais, o qual foi desenvolvido em uma parceria entre Estados Unidos da América - EUA e Japão. A missão foi iniciada em 1997 disponibilizando dados a partir do ano de 1998 com duração até 2015. A sucessão do TRMM foi dada através do projeto GPM (Global Precipitation Measurement), no qual compreende um consórcio de agências espaciais internacionais, onde melhorias foram desenvolvidas com relação a precisão e cobertura dos dados. Os dados do GPM são disponibilizados a partir de 2014 até os dias atuais (2022), oferecendo um conjunto de informações com diversas aplicações na área ambiental como por exemplo, em estudos de inundações e secas [10].

[11] relataram que ocorre uma quantidade de distribuição irregular das chuvas nas mesorregiões do estado de Pernambuco por causa das suas diferentes condições climáticas, em que alternam entre o clima tropical chuvoso

com precipitações de outono-inverno para a região da Mata e a porção meridional do Agreste, para o clima semiárido na porção norte ocidental do Agreste e em todo o Sertão pernambucano, com chuvas de verão-outono em algumas áreas e de outono-inverno, em outras bem menos extensas. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo caracterizar as séries temporais de precipitação média mensais a partir dos dados multi-satélites (TRMM e GPM) e estações pluviométricas distribuídas nas mesorregiões do Estado de Pernambuco, bem como obter estatísticas descritivas de precipitação anual.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O estado de Pernambuco compreende cinco Mesorregiões Geográficas, as quais são definidas através de três dimensões possibilitando assim uma identidade regional, são elas: o processo social, o quadro natural, e a rede de comunicação e lugares (<http://www.ibge.gov.br/>). As Mesorregiões são: (i) a Metropolitana do Recife; (ii) a Mata Pernambucana; (iii) o Agreste Pernambucano; (iv) o Sertão Pernambucano e (v) o São Francisco Pernambucano (Figura 1).

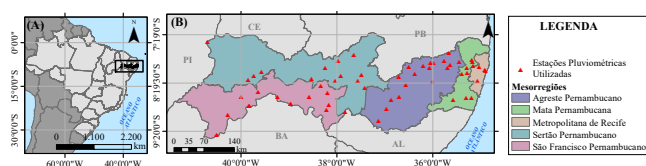


Figura 1: Localização da área de estudo: (A) Mapa do Brasil destacando o estado de Pernambuco; (B) Mesorregiões e Estações pluviométricas.

2.2. Materiais

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas as missões espaciais do TRMM 3B43 e do GPM as quais se referem às estimativas combinadas mensais de precipitação. Os dados foram obtidos gratuitamente através de agências internacionais em formato raster. Também foram selecionadas estações pluviométricas de agências nacionais por meio de consulta ao website e uso da ferramenta ANA (Agência Nacional de Águas) Data Acquisition, o qual realiza o download dos dados de várias estações pluviométricas e fluviométricas em formato .txt.

A Tabela 1 apresenta um resumo contendo os materiais utilizados descrevendo o tipo de dado, o período utilizado e as resoluções espaciais e temporais.

Tipo	Período	Resolução	
		Espacial	Temporal
TRMM (3B43)	1998-2013	0.25°	Mensal
GPM	2014-2020	0.1°	Mensal
Estações Meteorológicas	1998-2020	In situ	Mensal e Diária

Tabela 1: Descrição dos dados.

2.3. Métodos

A metodologia pode ser observada na Figura 2, iniciando pela aquisição dos dados temporais, seguido do tratamento dos mesmos para composição das séries históricas, validação das estimativas de precipitação, recorte das mesorregiões, tratamento descritivo dos dados e posteriormente a análise dos resultados obtidos. Nas seções seguintes são detalhadas cada uma destas etapas.

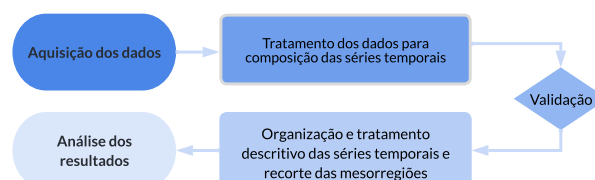


Figura 2: Fluxograma Metodológico.

2.3.1. Processo de Aquisição dos Dados

Inicialmente, um banco de dados foi reunido e organizado seguindo os seguintes passos (i) Download dos dados mensais de precipitação estimados pelo TRMM entre os anos de 1998 e 2013 no formato .tiff (ii) Download dos dados precipitação estimado pelo GPM entre os anos de 2014 e 2020 no formato .tiff (iii) Download mensal de 8 estações convencionais no banco de dados do Inmet entre os anos 1998 e 2020 em formato .csv (iv) Utilização do plugin ANA Data Acquisition no software QGIS para o download dos dados de precipitação para os anos de 1998-2020. O que retornou 555 arquivos de extensão .txt, cada arquivo contendo a série histórica de uma estação pluviométrica. As observações que não possuíam registro foram excluídas do banco de dados, ao fim só retornaram 57 estações.

2.3.2. Tratamento dos dados para composição das séries temporais

Os dados diários de precipitação provenientes do plugin foram organizados no excel e manipulados em linguagem python com auxílio de bibliotecas de análise de dados, tal manipulação tornou compatível a resolução temporal das séries históricas. Após essa etapa os bancos de dados oriundos do Inmet e ANA foram concatenados. A composição final da base de precipitação possui informações como o código da estação, mês, ano e precipitação.

Para extrair os valores de precipitação do raster a partir do arquivo vetorial das coordenadas das estações in situ, foi construída uma função em python (extractPixel), com auxílio das bibliotecas, pandas, geopandas e rasterio, em que os parâmetros de entrada da função foram o arquivo raster em formato .tif, as coordenadas das estações convertidas de shapefile para o formato pandas.core.frame.DataFrame, o mês e o ano. Como saída da função tem-se o banco de dados com campo de código da estação, valor estimado da precipitação, mês e ano. Mais detalhes sobre a programação podem ser encontradas no repositório github.

2.3.3. Validação

A etapa de validação dos dados de precipitação foi realizada utilizando o banco de dados das estações meteorológicas e o banco de dados das estimativas dos satélites TRMM e GPM. A validação realizou-se a partir da comparação geográfica homóloga da série temporal *in situ* com a respectiva série temporal TRMM e GPM. A estatística utilizada para essa comparação foi o coeficiente de correlação de Pearson (r) com intervalo de confiança de 95%, que tem como finalidade quantificar o tipo de correlação e dependência entre as séries temporais. Valores mais próximos de ± 1 indicam correlações mais forte positiva ou negativa e valores mais próximos de zero indicam fraca correlação.

2.3.4. Recorte das mesorregiões e análise descritiva dos dados do TRMM e do GPM

Para realizar o recorte das mesorregiões com os dados de precipitação a primeira etapa foi compatibilizar os dados; como a resolução espacial do TRMM é maior que a do GPM, somente o arquivo .tif do TRMM foi utilizado para construção do shapefile de grid, o qual foi obtido no QGIS utilizando a ferramenta converter raster para vetor. Posteriormente o grid foi reduzido a pontos a partir da obtenção do centroide de cada célula.

As estimativas mensais do conjunto de imagens foram obtidas a partir da função `extractPixel`, que tiveram como parâmetros de entrada o shapefile de centroide, o mês e o ano da estimativa. A função retornou um arquivo .csv contendo a posição, o ano, o mês, a precipitação estimada e a mesorregião; sendo possível realizar uma análise descritiva (valores de precipitação máximos, mínimos, média aritmética, mediana, desvio padrão, para cada mesorregião, utilizando as bibliotecas `pandas`.

Para representar o comportamento da precipitação para cada mesorregião foi construído um gráfico de linhas e gerado mapas anuais utilizando a biblioteca `plotly`.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise da Validação

A etapa de validação se deu com a classificação da correlação entre as observações *in situ* e a sua respectiva posição homóloga obtidas das estimativas do TRMM e GPM. A comparação destes dados foi realizada com relação aos períodos temporais comuns, onde os meses que houveram ausências de dados, ou poucas observações ($N < 30$) nas estações meteorológicas foram descartados e não utilizados nas estatísticas. Aproximadamente 75,8% das estações obtiveram classificação forte positiva, as demais tiveram classificação fraca positiva (3%), moderada positiva (3%), ínfima negativa (7,6%) e ínfima positiva (10,6%), com o valor de $P \ll 0,001$. [12] avaliaram os dados das estimativas de precipitação do TRMM de 2000 a 2014 na região semi-árida do Iran em diferentes escalas de tempo e observaram que o coeficiente de correlação aumentou à medida que o período das escalas temporais aumentaram para todas as células da grade, para dados mensais, como os dessa pesquisa,

as estimativas foram classificadas apenas como moderada positiva e forte positiva.

3.2. Precipitação

As precipitações médias anuais entre os anos de 1998 e 2020 nas mesorregiões do estado de Pernambuco estão representadas na Figura 3, em que podemos observar que a mesorregião metropolitana do Recife se manteve com as maiores médias durante todo o período estudado, com seu máximo no ano 2000 com a média de 195 mm/ano e seu mínimo em 2012 com 61 mm/ano. A mesorregião da mata Pernambucana, assim como a metropolitana, obteve seus extremos nos anos 2000 e 2012 com 172 mm/ano e 56 mm/ano, respectivamente. As mesorregiões do agreste e Sertão são as únicas que contrastam durante a série histórica, entretanto agreste possui as maiores médias anuais. Podemos destacar os extremos do agreste com o máximo em 2000 com 111 mm/ano e o mínimo em 2012 com 30 mm/ano. Já o sertão, diferente das mesorregiões anteriores tem sua precipitação média máxima em 2009 com média de 90 mm/ano e seu mínimo assim como as demais permanece no ano 2012 com 21 mm/ano. A mesorregião que obteve as menores médias anuais foi a do São Francisco Pernambucano com seus extremos nos anos de 2009 e 2012, com valores médios de precipitação máxima com cerca de 68 mm/ano e o mínimo em 2012 com apenas 16 mm de média anual.

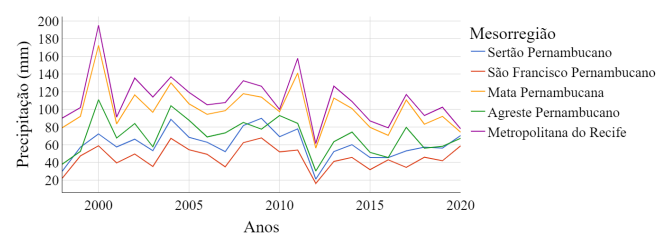


Figura 3: Precipitação média anual nas mesorregiões pernambucanas entre 1998 e 2020

Os resultados encontrados nessa pesquisa estão em conformidade com os vistos por [13] que descreve que 2000 foi um dos anos que alcançou os maiores valores em todas as mesorregiões. [13] ainda destaca que em 2011 todas as mesorregiões atingiram valores maiores em comparação ao ano anterior, com exceção da mesorregião do São Francisco Pernambucano; o autor relata que isso se deve ao fato que no ano de 2011 na Mesorregião do São Francisco apenas os meses de fevereiro e abril foram os que registraram os maiores acúmulos de precipitação.

A distribuição espacial da precipitação anual média no estado é retratada na Figura 4; onde os tons de azul mais escuros representam maiores valores da precipitação média e as mais claras menores valores. Ao observar a série histórica conseguimos enxergar um padrão espacial da precipitação que a medida que se afasta da região litorânea, há uma contínua diminuição das chuvas até atingir as mesorregiões do sertão e São Francisco, as quais apresentam distribuições muito próximas. Os resultados encontrados corroboram com [14] e [4] que Pernambuco é dividido em 3 zonas: litoral, transição e semi-árido quando se trata de precipitação.

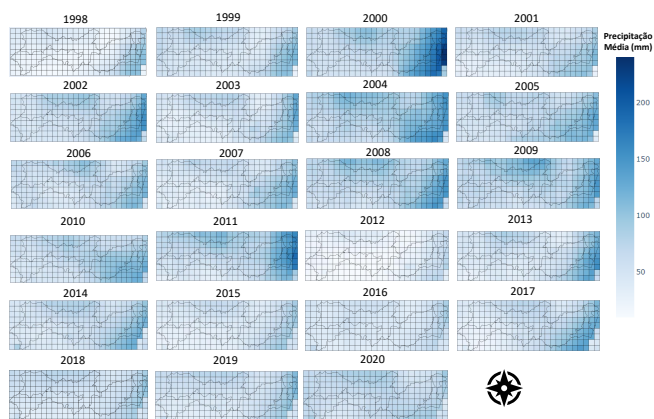


Figura 4: Evolução Temporal da Precipitação Média Anual no Estado de Pernambuco.

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a caracterização séries temporais de precipitação média mensais para as mesorregiões do estado de Pernambuco no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2020 a partir dos dados multi-satélites (TRMM e GPM) e estações pluviométricas *in situ*. Os resultados deste estudo indicam que:

1. Através da correlação de Pearson (r) da precipitação estimada com a adquirida pelas estações pluviométricas temos que aproximadamente 75,8% das estações foram classificadas como forte positiva, com $P \ll 0,001$. Estes resultados refletem a consistência entre os multi-satélites e as estações observadas.
2. A mesorregião metropolitana do Recife se manteve com as maiores médias durante todo o período estudado (máx = 195 mm/ano, mín = 61 mm/ano), seguido da Mata Pernambucana (máx = 172 mm/ano, mín = 56 mm/ano), Agreste (máx = 111 mm/ano, mín = 30 mm/ano), Sertão (máx = 90 mm/ano, mín = 21 mm/ano), São Francisco (máx = 68 mm/ano, mín = 16 mm/ano). Os anos em que ocorreram os extremos de máximo foram os anos 2000 (metropolitana do Recife, mata pernambucana e agreste) e 2009 (sertão e são francisco), e o ano que ocorreu os extremos de mínimo foi 2012 para toda a área de estudo.
3. Identificação visual de padrão espacial durante a série histórica em que a medida que se afasta da região litorânea ocorre diminuição no regime pluviométrico. A evolução temporal e espacial da precipitação média anual mostra 3 regiões homogêneas: costa de Pernambuco, uma zona de transição e o semi-árido.

5. REFERÊNCIAS

[1] Maria Gabriela de Queiroz, Thieres George Freire da Silva, Sérgio Zolnier, Carlos André Alves de Souza, Luciana Sandra Bastos de Souza, George do Nascimento Araújo, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim, and Magna Soelma Beserra de Moura. Partitioning of rainfall in a

seasonal dry tropical forest. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 20:230–242, 2020.

- [2] Reza Zamani, Rasoul Mirabbasi, Mohammad Nazeri, Sarita Gajbhiye Meshram, and Farshad Ahmadi. Spatio-temporal analysis of daily, seasonal and annual precipitation concentration in jharkhand state, india. *Stochastic environmental research and risk assessment*, 32:1085–1097, 2018.
- [3] Gabriel Pereira, Maria Elisa Siqueira Silva, Elisabete Caria Moraes, and F da S CARDOZO. Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo satélite trmm para o brasil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 18:139–148, 2013.
- [4] Alan Cezar Bezerra, Sidney Anderson Teixeira da Costa, Jhon Lennon Bezerra da Silva, Athos Murilo Queiroz Araújo, Geber Barbosa de Albuquerque Moura, Pabrcio Marcos Oliveira Lopes, and Cristina Rodrigues Nascimento. Annual rainfall in pernambuco, brazil: regionalities, regimes, and time trends. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 36:403–414, 2021.
- [5] Karim W Abdelmalik and Karem Abdelmohsen. Grace and trmm mission: The role of remote sensing techniques for monitoring spatio-temporal change in total water mass, Nile basin. *Journal of African Earth Sciences*, 160:103596, 2019.
- [6] Stavros Kolios and Anastasios Kalimeris. Evaluation of the trmm rainfall product accuracy over the central mediterranean during a 20-year period (1998–2017). *Theoretical and Applied Climatology*, 139:785–799, 2020.
- [7] Anderson Augusto Bier and Simone Erotildes Teleginski Ferraz. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas em dados meteorológicos para estações no sul do brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 32:215–226, 2017.
- [8] Marcelo Pedrosa Curtarelli, Enner Herenio Alcântara, Carlos Alberto Sampaio de Araújo, José Luiz Stech, and João Antônio Lorenzett. Avaliação da dinâmica temporal da evaporação no reservatório de itumbiara, go, utilizando dados obtidos por sensoriamento remoto. *Revista Ambiente & Água*, 8:272–289, 2013.
- [9] Sergio H Franchito, V Brahmananda Rao, Ana C Vasques, Clovis ME Santo, and Jorge C Conforte. Validation of trmm precipitation radar monthly rainfall estimates over brazil. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114, 2009.
- [10] Gail Skofronick-Jackson, Walter A Petersen, Wesley Berg, Chris Kidd, Erich F Stocker, Dalia B Kirschbaum, Ramesh Kakar, Scott A Braun, George J Huffman, Toshio Iguchi, et al. The global precipitation measurement (gpm) mission for science and society. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98:1679–1695, 2017.
- [11] Manoel Correia de Oliveira Andrade. Pernambuco e o trópico. *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, pages 11–20, 2007.
- [12] Mehdi Mahbod, Fabio Veronesi, and Amin Shirvani. An evaluative study of trmm precipitation estimates over multi-day scales in a semi-arid region, iran. *International Journal of Remote Sensing*, 40:4143–4174, 2019.
- [13] Ednaldo Araújo MENDONÇA et al. Análise da precipitação nas mesorregiões do estado de pernambuco. 2016.
- [14] Priscila T Oliveira, Santos e Silva, and Kellen Carla Lima. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of northeast brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 130:77–90, 2017.