

ANÁLISE COMPARATIVA PARA SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS: UM ESTUDO DE CASO PARA O ESTADO DA PARAÍBA

Maria José Herculano Macedo ¹
Fabiano da Silva Araújo ²
Bernardo Barbosa da Silva ³

INTRODUÇÃO

A ausência de informações sobre a distribuição de dados pluviométricos representa uma limitação significativa para a modelagem e compreensão das características e variabilidade da precipitação ao longo do tempo e espaço, sendo fundamental que as séries temporais sejam contínuas e isentas de falhas para garantir análises ambientais e socioeconômicas confiáveis (RUEZZENE et al., 2021). A obtenção destes dados pode ser realizada de diversas formas como estações meteorológicas, sensores orbitais, satélites e métodos de preenchimento de falhas.

A obtenção de dados pluviométricos em grande volume, densidade cobrindo uma ampla área apresenta grande valor social, histórico e ambiental para toda a população. Tal importância se deve ao fato de se poder realizar diversas aplicações em áreas como segurança civil, transportes, energética, ecologia e saúde. Martins et al. (2022) destacam que as séries históricas são essenciais para qualificar a escassez e o excedente de água em uma área, pois a disponibilidade e a qualidade deste elemento podem vir a afetar o planejamento agrícola e as políticas públicas de gerenciamento da água.

Entretanto, há para a região nordeste do Brasil, baixa densidade destes equipamentos, alta proporção de ausência de dados e registros de curta duração (RODRIGUES et al., 2020). Além disso, as vezes são detectados problemas decorrentes da operação ou falhas nos aparelhos levando a obtenção de dados inconsistentes e erros de medição. Mesmo com a ocorrência dessas lacunas, deve ser dada grande atenção na utilização desses dados em estudos que demandam o uso de séries contínuas

¹ Professora da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, maria.jose@professor.ufcg.edu.br;

² Doutorando do Curso de Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, fabiano.silva@professor.ufcg.edu.br;

³ Professor da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, bbdasilvaufpe@gmail.com;

(COUTINHO et al., 2018). Por isso, se torna necessário complementar o uso de dados pluviométricos observados com dados de outras diferentes fontes de obtenção.

Andrade et al. (2022) realizaram para diferentes biomas do Nordeste brasileiro um estudo avaliando o desempenho de estimativas mensais de precipitação derivadas do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS), Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG), ERA5-Land e TerraClimate quando comparadas às estimativas obtidas com a precipitação observada para o período de 2001-2019 dos dados obtidos de Xavier et al. (2022). Verificou-se para os três primeiros satélites coeficientes de correlação superior a 0,93, quando comparados com os dados observados, revelando uma alta correlação entre os dados observados e os estimados por satélite.

Os dados pluviométricos disponíveis por Xavier e colaboradores resultaram em dois artigos de revistas publicados nos anos de 2015 e 2022. Xavier et al. (2015) desenvolveram grades de precipitação, evapotranspiração, temperaturas do ar máxima e mínima diária, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento em 2 metros de altura para todo o território brasileiro, com resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ e resolução temporal diária. Utilizaram para o desenvolvimento desse produto dados de 3.625 pluviômetros e 735 estações meteorológicas ao longo do período de 1980–2013. Já Xavier et al. (2022) aprimoraram os dados das variáveis anteriores reduzindo a escala espacial da grade para $0,1^\circ \times 0,1^\circ$, permitindo contemplar maior gama de informações espaciais sobre a pluviometria e nesta última publicação o número de pluviômetros empregados foi de 11473, contemplando o período de janeiro de 1961 a julho de 2020.

Nesse contexto, um estudo focado na obtenção e análise de dados pluviométricos é de extrema relevância para o estado da Paraíba, uma vez que a região é caracterizada por grande variabilidade climática e frequentes períodos de estiagem. Essas condições tornam essencial a existência de séries temporais de precipitação contínuas e confiáveis para apoiar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, auxiliando na tomada de decisão.

A Paraíba, sendo um estado do semiárido nordestino, enfrenta desafios únicos relacionados à disponibilidade de água, afetando setores vitais como a agricultura, a segurança hídrica e o desenvolvimento econômico. Dessa forma, o objetivo desse estudo consiste em realizar uma comparação entre os dados de Xavier et al. (2015) e Xavier et al. (2022) com as informações das estações convencionais obtidas do Instituto Nacional

de Meteorologia (INMET), realizando correlações entre os dados e analisando diferentes tipos de erros existentes entre as diferentes fontes.

METODOLOGIA

A área de estudo corresponde o estado da Paraíba. Para a pesquisa foram selecionadas seis estações convencionais localizadas ao longo do estado da Paraíba, sendo estas: Areia, Campina Grande, Monteiro, João Pessoa, Patos e São Gonçalo, conforme coordenadas geográficas, em graus, informadas na Tabela 1. Além disso, essa Tabela apresenta informações relacionadas a altitude das estações convencionais e percentuais de dados faltosos.

Tabela 1 – Informações sobre a localização das estações convencionais usadas no estudo e percentuais de dados faltosos.

Estações	Código	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Valores(%)
Areia	82696	-6,975556	-35,718056	571,75	45,3
Campina Grande	82795	-7,225556	-35,904722	546,27	30,9
Monteiro	82792	-7,894444	-37,124722	606,41	37,3
João Pessoa	82798	-7,095278	-34,848611	9,67	1,7
Patos	82791	-7,053611	-37,273889	251,65	46,8
São Gonçalo	82689	-6,835833	-38,311667	237,04	40,4

Fonte: Elaborada pelos autores

Os dados de pluviometria mensal observados nas estações convencionais no período de 01/01/1980 a 31/12/2020 serão comparados com os dados de chuva mensal obtidos a partir dos dados diários de Xavier et al. (2015) e Xavier et al. (2022). A precipitação observada em grade se encontra disponível no site: <https://sites.google.com/site/alexandrecandidoxavierufes/brazilian-daily-weathergridde-d-data?authuser=0>.

Para realização da análise comparativa entre os produtos de precipitação observados foram calculadas as seguintes métricas: Erro Absoluto Médio (EAM), Erro Relativo Médio (ERM), Raiz do Erro Médio Quadrático (REM) e correlação de Pearson (r) para as seis estações já descritas, conforme equações abaixo:

$$EAM = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_{est} - X_{obs}| \quad (1)$$

$$ERM = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{X_{est} - X_{obs}}{X_{obs}} \right| \quad (2)$$

$$REQM = \left(\sum_{i=1}^N \frac{(X_{est} - X_{obs})^2}{N} \right)^{1/2} \quad (3)$$

$$r = \frac{cov(X_{est} - X_{obs})}{\sqrt{var(X_{est}) \cdot var(X_{obs})}} \quad (4)$$

Em que:

X_{est} – Precipitação mensal obtida através dos dados de Xavier;

X_{obs} – Precipitação mensal observada nos dados do INMET;

N – Número de pares das variáveis.

O ERM, EAM e REMQ apresenta um valor perfeito se for igual a zero, enquanto o coeficiente de Pearson (r) representa a força da relação linear existente entre as estimativas e observações, variando de -1 a 1, com uma pontuação perfeita em 1 (ANDRADE et al., 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é possível notar maiores médias de EAM associadas à estação de Areia, seguida por João Pessoa, indicando que as estimativas para essas estações apresentam as maiores diferenças absolutas em relação aos dados observados. Por outro lado, as menores médias de EAM foram registradas em Monteiro, seguida de Patos, sugerindo estimativas mais precisas para essas localidades. Os maiores valores médios de ERM foram encontrados em São Gonçalo e Monteiro, indicando maiores discrepâncias percentuais entre as estimativas e os valores observados. Em contraste, João Pessoa apresentou os menores valores médios de ERM, sugerindo uma maior precisão relativa das estimativas nessa estação. João Pessoa e Areia tiveram os maiores valores médios de REMQ, refletindo desvios mais significativos nas estimativas de precipitação. Os menores valores médios de REMQ foram registrados em Campina Grande e Monteiro, indicando menores desvios nessas localidades.

Tabela 2 – Informações sobre os valores médios das métricas de comparação dos dados INMET com Xavier (2015) e INMET com Xavier (2022)

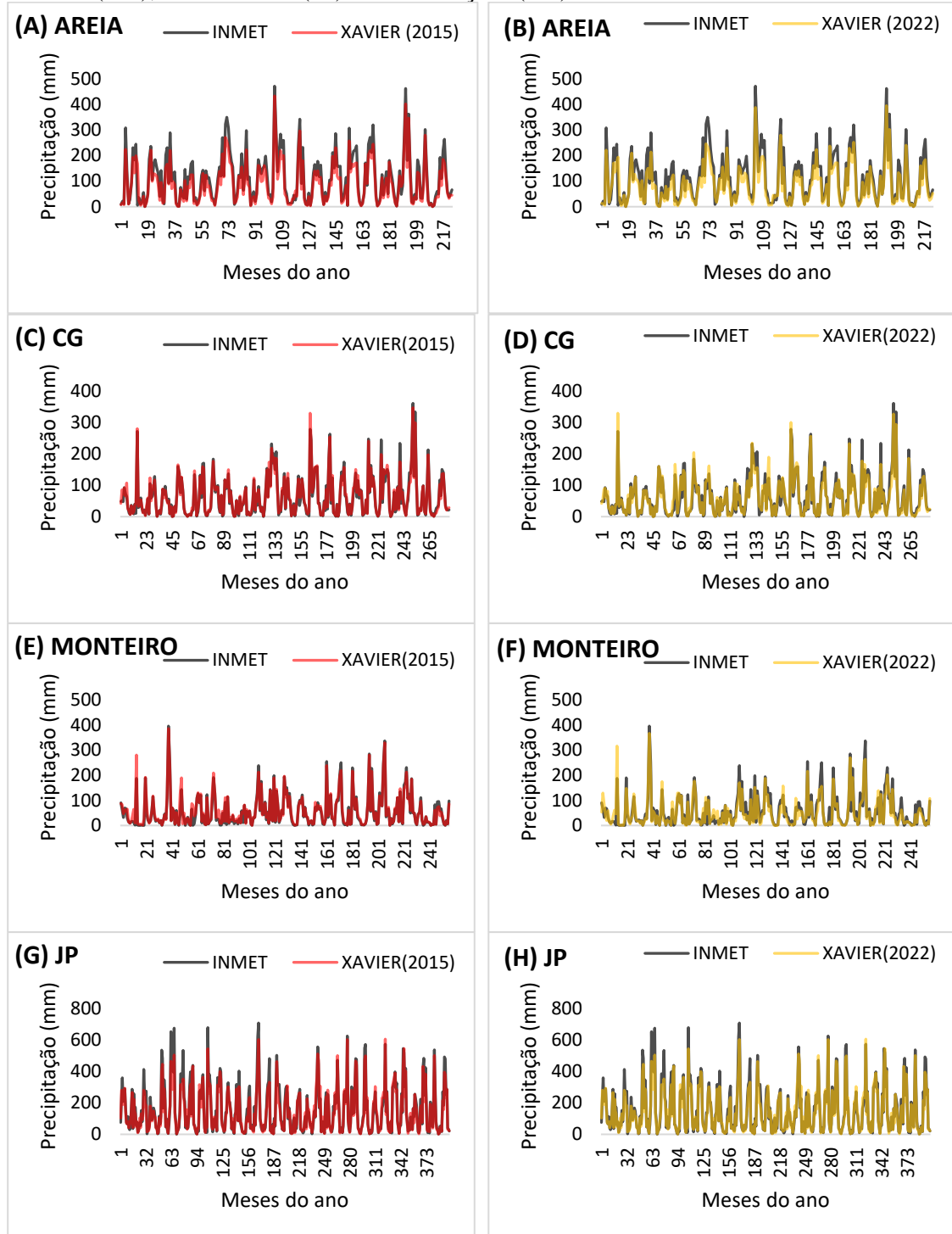
Estação	Xavier	Xavier	Xavier	Xavier	Xavier	Xavier	Xavier	Xavier
	(2015)	(2022)	(2015)	(2022)	(2015)	(2022)	(2015)	(2022)
	EAM	EAM	ERM	ERM	REMQ	REMQ	r	r
Areia	24,1	29,1	36,2	44,9	32,8	39,2	0,98	0,97
Campina Grande	7,0	10,9	23,7	39,1	10,8	16,7	0,99	0,97
Monteiro	8,0	17,1	162,4	142,0	14,3	24,8	0,98	0,93
João Pessoa	22,9	24,2	15,4	22,9	39,4	38,9	0,98	0,98
Patos	9,8	16,2	103,8	72,7	15,9	25,8	0,99	0,96
São Gonçalo	16,6	18,4	191,2	275,6	28,7	29,9	0,97	0,96

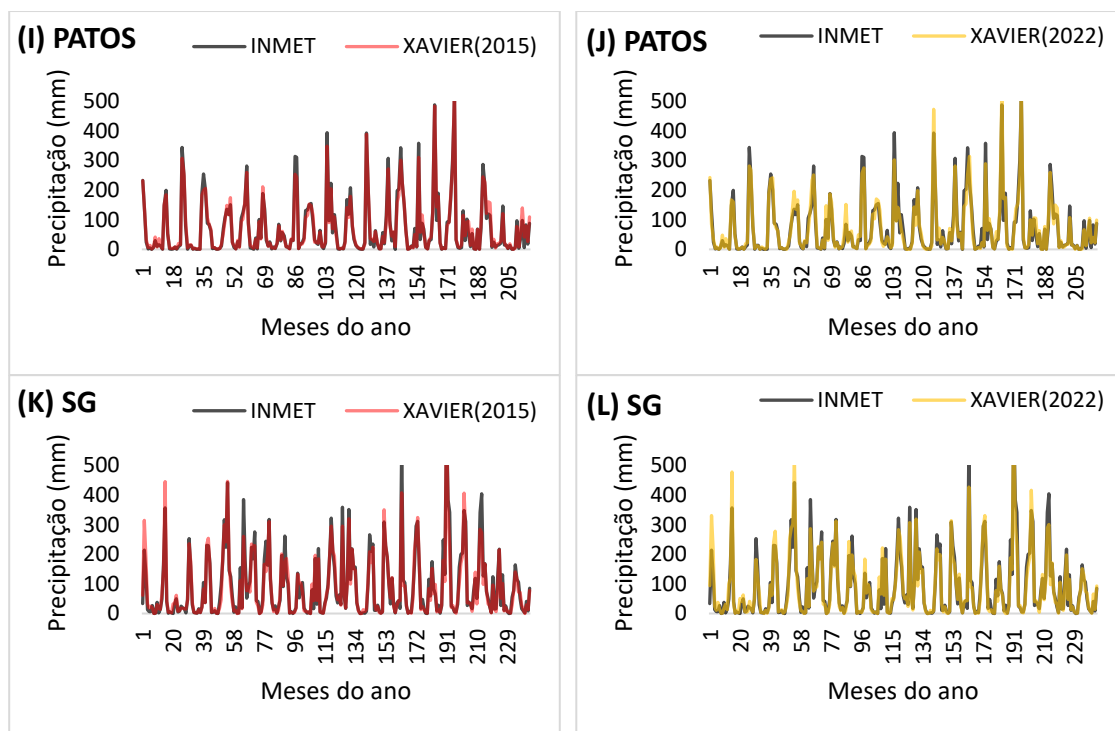
Fonte: Elaborada pelos autores (2024)

A maioria das estações apresentou um aumento nos valores médios de EAM, ERM e REMQ ao comparar Xavier (2022) com Xavier (2015), sugerindo uma diminuição geral na precisão das estimativas mais recentes. Com exceção para Monteiro e Patos tiveram valores de ERM menores em 2022 em comparação com 2015, indicando uma melhora na precisão relativa das estimativas mais recentes nessas localidades. João Pessoa apresentou um menor valor de REMQ em 2022 do que em 2015, sugerindo uma leve melhora na precisão dos desvios das estimativas.

Na Figura 1 se tem as séries comparativas do INMET com Xavier (2015) e as séries comparativas do INMET com Xavier (2022) para as seis estações convencionais em estudo. Nessa representação é possível notar os padrões dos dados do INMET sendo reproduzidos nas séries de Xavier (2015) e Xavier (2022). Ao comparar os gráficos em análise, a estação convencional de Areia apresenta maior frequência de meses em que os valores de Xavier subestimam os valores do INMET.

Figura 1 (A,C,E,G,I,K) – Gráficos comparativos INMET com Xavier (2015) e Figura 1 (B,D,F,H,J,L) gráficos comparativos INMET com Xavier (2022), sendo Campina Grande (CG), João Pessoa (JP) e São Gonçalo (SG).





Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre os dados de Xavier (2015) e Xavier (2022) revela que as estimativas mais recentes apresentam maiores diferenças em relação aos dados observados pelo INMET, como evidenciado pelos aumentos nos valores de EAM, ERM e REMQ. Contudo, o coeficiente de correlação r permanece elevado, sugerindo que, apesar dos maiores erros absolutos e relativos, a tendência geral dos dados estimados ainda segue de perto as observações reais, fato também evidenciado na análise gráfica das séries. Essa análise destaca a importância de considerar múltiplas métricas ao avaliar a qualidade das estimativas, especialmente em contextos onde a precisão é crítica para a gestão de recursos hídricos.

Palavras-chave: Precipitação, Comparação, Estações Convencionais, Dados em grade.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J.; M.; RIBEIRO, A.; BEZERRA, U. A.; MORAES, A. C.; MONTENEGRO, S. M. G. L. A comprehensive assessment of precipitation products: Temporal and spatial analyses over terrestrial biomes in Northeastern Brazil. **Remote**

Sensing Applications: Society and Environment, v. 28, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100842>

COUTINHO, E. R.; DA SILVA, R. M.; MADEIRA, J. G. F.; COUTINHO, P. R. O. S.; BOLOY, R. A. M.; DELGADO, A. R. S. Aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNAs) no Preenchimento de Lacunas de Séries Temporais Meteorológicas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n.2, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-7786332013> .

MARTINS, L. L.; MARTINS, W. A.; RODRIGUES, I. C. A.; XAVIER, A. C. F.; DE MORAES, J. F. L.; BLAIN, G. C. Gap-filling of daily precipitation and streamflow time series: a method comparison at random and sequential gaps. **Hydrological Sciences Journal**, v. 68, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02626667.2022.2145200>

D.T. RODRIGUES, W.A.; GONÇALVES, M.H. SPYRIDES, C.M. SANTOS E SILVA, D.O. DE SOUZA. Spatial distribution of the level of return of extreme precipitation events in Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, v.40, n.12, p.5098-5113, 2020.

RUEZZENE, C. B.; MIRANDA, R. B.; TECH, A. R. B.; MAUAD, F. F. Preenchimento de falhas em dados de precipitação através de métodos tradicionais e por inteligência artificial. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2021.