ANÁLISE DE DESEMPENHO DO PRODUTO CHIRPS NA ESTIMATIVA DA PRECIPITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DOS PORCOS, VALE DO CARIRI, SUL DO CEARÁ

Raimundo Glauber Lima Cunha - Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM

glauber.cunha@sgb.gov.br

Palavras-Chave - CHIRPS; Bacia Hidrográfica; Validação Estatística.

INTRODUÇÃO

A precipitação constitui uma das principais variáveis de entrada do ciclo hidrológico, influenciando diretamente a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, o balanço hídrico, o planejamento agrícola e a gestão dos recursos hídricos, enfim, estudos hidrológicos de maneira em geral. Entretanto, em regiões semiáridas, como o Nordeste brasileiro, a reduzida densidade da rede pluviométrica, associada às falhas existentes nas séries históricas de observações, limita a representação espacial e temporal dos eventos de chuva, aumentando as incertezas em estudos hidrológicos e climatológicos. Nesse contexto, os Produtos de Estimativa de Precipitação por Satélite (Satellite Precipitation Estimates – SPE) vêm sendo amplamente utilizados como alternativa para suprir a escassez de dados observados, podem ser utilizadas também em áreas de eventos críticos de cheia ou seca, porém deve-se fazer uma análise criteriosa desses dados (SPE) face a presença aleatória de erros e o viés do sistema. Entre esses produtos destaca-se o *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS)*, desenvolvido pelo Climate Hazards Group da Universidade da Califórnia, que integra imagens de satélite com observações pluviométricas de superfície, produzindo séries históricas de precipitação com resolução espacial de aproximadamente 5 km e cobertura temporal desde 1981. Diversos estudos demonstram que o desempenho do produto CHIRPS varia conforme as características climáticas, topográficas e a densidade da rede de monitoramento existente. Assim, torna-se necessária sua validação regional, principalmente em áreas sob influência orográfica, onde a distribuição espacial das chuvas apresenta elevada heterogeneidade, caso da região em estudo.

A bacia hidrográfica do Riacho dos Porcos localiza-se na porção sul do Estado do Ceará, abrangendo parte do Vale do Cariri e da Chapada do Araripe, região de grande importância hidrogeológica por concentrar aquíferos estratégicos para o abastecimento público e para o desenvolvimento econômico regional. O relevo da Chapada do Araripe exerce forte influência na distribuição espacial das precipitações, tornando a avaliação da qualidade das estimativas por satélite fundamental para aplicações em modelagem hidrológica e gestão integrada dos recursos hídricos. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do produto CHIRPS na estimativa da precipitação mensal e anual da bacia hidrográfica do Riacho dos Porcos durante o período de 1995 a 2024, comparando suas estimativas com dados observados em estações pluviométricas distribuídas na área de estudo.

METODOLOGIA

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do Riacho dos Porcos (figura 1), localizada na porção oriental da Bacia Sedimentar do Araripe, abrangendo aproximadamente 4.298 km². A região apresenta clima semiárido, com precipitação concentrada entre janeiro e maio, fortemente influenciada pela Zona de Convergência Intertropical e pelos efeitos orográficos da Chapada do Araripe. Para caracterização da precipitação observada foram selecionadas 32 estações pluviométricas disponibilizadas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). As séries históricas passaram por procedimentos de controle de qualidade, preenchimento de falhas e consistência, permitindo a construção de uma série contínua referente ao período de 1995 a 2024.

ISSN:2764-9040

As estimativas de precipitação foram obtidas por meio do produto CHIRPS Daily Version 2.0 Final, desenvolvido pelo Climate Hazards Center, cuja resolução espacial é de aproximadamente 0,05° × 0,05° (≈5,3 km), abrangência espacial de 60º S – 60º N - 180ºW -180º E , método de estimativa infravermelho, com dados de estações in situ. O produto combina imagens de satélite, técnicas de interpolação espacial e observações pluviométricas, proporcionando elevada resolução temporal e espacial. Utilizou-se os seguintes indicadores estatísticos: Coeficiente de Determinação (R^2); Eficiência de Nash–Sutcliffe (NSE); Erro Médio Absoluto (MAE); Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE); Viés Percentual (PBIAS), amplamente empregados em estudos hidrológicos, para avaliação do desempenho do produto CHIRPS mediante comparação entre os dados estimados e observados nas escalas mensal e anual. Tais indicadores permitiram avaliar simultaneamente a precisão, a tendência sistemática dos erros e a capacidade do produto em reproduzir a variabilidade temporal da precipitação observada.

RESULTADOS

A comparação entre os dados de precipitação observados e as estimativas produzidas pelo algoritmo CHIRPS evidenciou desempenho bastante satisfatório para a bacia hidrográfica do Riacho dos Porcos, principalmente na escala mensal. A elevada concordância entre as séries indica que o produto reproduz adequadamente a variabilidade temporal da precipitação na região, demonstrando potencial para aplicações hidrológicas em áreas semiáridas. A Figura 1 apresenta a bacia hidrográfica em estudo que contempla parte da Chapada do Araripe, a qual favorece processos orográficos, responsáveis por diferenças significativas na distribuição das chuvas.

A análise estatística realizada na escala mensal apresentou coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,96**,** indicando que 96% da variabilidade observada foi explicada pelas estimativas do CHIRP**S**. O coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe **(**NSE = 0,95**)** classificou o desempenho como excelente, segundo os critérios propostos por Moriasi et al. (2007). Esse indicador confirma que as estimativas produzidas pelo algoritmo apresentam desempenho significativamente superior ao uso da média histórica como estimador da precipitação. O erro médio absoluto **(**MAE = 11,2 mm) e a raiz do erro quadrático médio **(**RMSE = 20,1 mm**)** indicaram pequenas diferenças entre os valores observados e estimados, evidenciando elevada precisão do produto para aplicações hidrológicas. O PBIAS igual a 3,4% revelou discreta tendência de subestimativa das precipitações, valor considerado muito bom segundo a literatura especializada, indicando ausência de viés sistemático relevante.

O desempenho anual apresentou redução em relação à escala mensal. Embora os valores de R^2 (0,73) **e** NSE (0,69) permaneçam classificados como bons, verificaram-se maiores discrepâncias em anos extremamente secos ou excepcionalmente chuvosos. Os maiores desvios ocorreram principalmente nos anos de 2015 e 2021, quando o algoritmo apresentou dificuldades em representar eventos pluviométricos extremos. Esse comportamento é recorrente em produtos derivados de sensoriamento remoto, uma vez que sistemas convectivos intensos costumam ser suavizados durante os processos de estimativa.

A Figura 2 retrata o gráfico de dispersão entre a precipitação observada e estimada e seus hietogramas a nível mensal. O gráfico evidencia elevada concentração dos pontos ao redor da linha de identidade (1:1), denotando forte correlação entre as valores observados e estimados. Nota-se pequena dispersão dos dados, confirmando a boa capacidade do algoritmo em reproduzir tanto eventos de baixa quanto de média intensidade pluviométrica. Os hietogramas marginais reforçam essa interpretação ao indicar que o CHIRPS reproduziu adequadamente a distribuição estatística da precipitação observada. Apenas eventos extremos apresentaram maiores diferenças, comportamento esperado em produtos de estimativa por satélite. De maneira geral, os resultados confirmam o que já se explana em estudos recentes realizados em diferentes regiões brasileiras, que demonstram elevado potencial do CHIRPS para aplicações em modelagem hidrológica, monitoramento de secas, estudos climáticos e avaliação da disponibilidade hídrica

ISSN:2764-9040

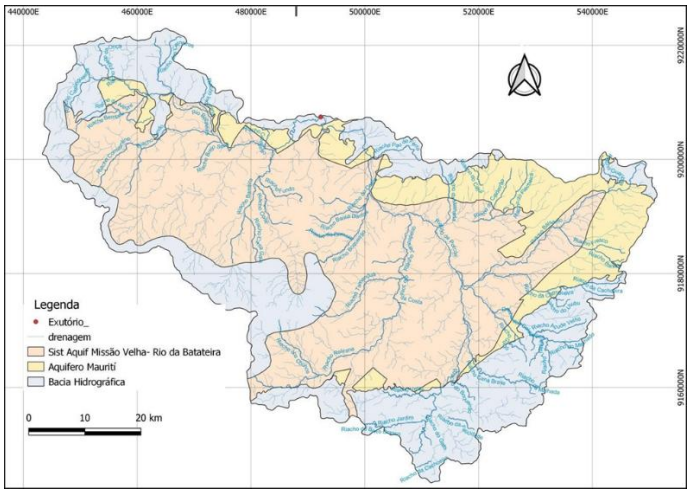


Figura 1 – Bacia hidrográfica do Riacho dos Porcos e aquíferos. Fonte: Cunha et al. (2023).

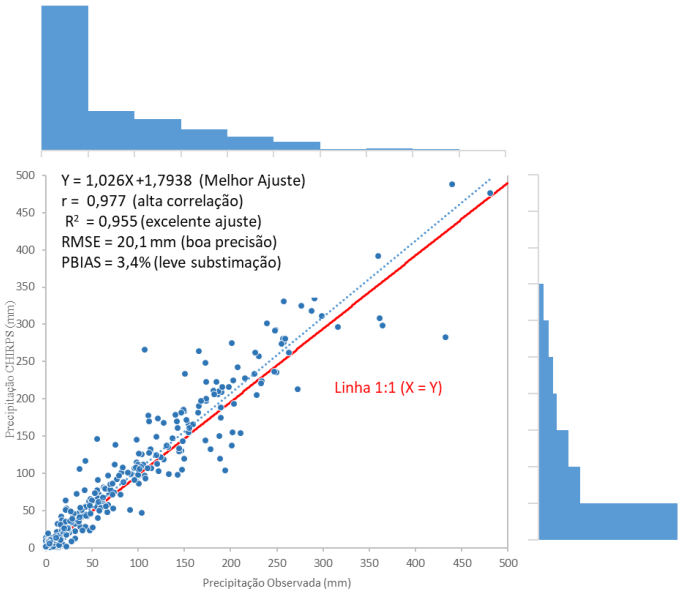


Figura 2 – Gráfico de dispersão (observados x estimados) com hietogramas marginais (1995-2024)

Para a escala anual, o desempenho do satélite manteve-se estatisticamente robusto, sendo classificado como bom**.** O gráfico da figura 3 mostra que o algoritmo acompanha bem a variabilidade interanual da precipitação, sendo útil para análises climáticas regionais. Observa-se uma leve subestimação de 1995 a 2013, tanto para os períodos secos como chuvosos, confirmado pelo valor do PBIAS = 3,4%, indicando uma boa sensibilidade aos mecanismos climáticos regionais. Os anos 2014, 2015, 2021 e 2022 mostram as maiores diferenças. Em 2015 o CHIRPS superestimou um ano de seca severa, enquanto em 2021 subestimou forte um ano úmido. Esses erros pontuais sugerem limitação do algoritmo em eventos anômalos de grande escala. O R^2 de 0,73 e o NSE de 0,69 ratificam a habilidade do algoritmo em representar as flutuações interanuais da bacia. O valor do PBIAS anual que se iguala ao mensal, revela leve tendência de subestimativa e indica estabilidade no balanço de massa hídrica anual, enquanto o RMSE = 109,32 mm/ano refletiu a propagação natural dos erros de amostragem diários acumulados ao longo do ano. Em termos práticos, o CHIRPS reproduz bem anos secos, mas sofre limitação em anos muito chuvosos, (>1200 mm), onde subestima os picos.

A figura 4 que apresenta o gráfico de dispersão com linha 1:1, este mostra a nuvem de pontos alinhada à diagonal e o R^2 de 0,73 confirmam boa relação linear. Há leve tendência de subestimativa nos anos onde a precipitação supera os 1200 mm, comportamento típico de produtos de satélite que suavizam picos convectivos intensos. Os valores em 2015 e 2021 desviam da linha 1:1 e reduzem o desempenho geral, mas não comprometem a classificação " Bom" dada por Moriasi et al (2007). A dispersão é menor nos anos secos, (<800 mm), mostrando que o CHIRPS é mais preciso em estiagens. Ainda na figura 4 as curvas quase sobrepostas demonstram consistência no longo prazo. O déficit final de 1300 mm em 30 anos equivale a um viés médio de 3,4%, valor considerado baixo na gestão de recursos hídricos. O paralelismo entre as linhas indica que o erro é sistemático e não acumulativo progressivo. Isso viabiliza o uso do CHIRPS para balanço hídrico de reservatórios e estudos de tendências climáticas, desde que aplicada correção de viés para volumes totais

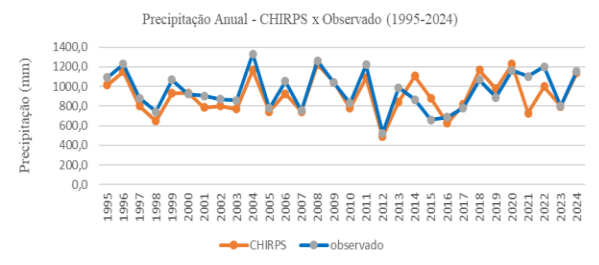


Figura 3 - Precipitação anual gerada pelo CHIRPS e valores observados em pluviômetr

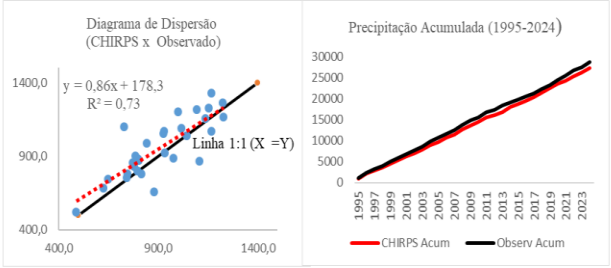


Figura 4 - Gráfico de Dispsersão e Precipitação Acumulada dos valores Estimados pelo CHIRPS e Observados por Pluviômetros

CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que o produto CHIRPS apresentou elevado desempenho na estimativa da precipitação da bacia hidrográfica do Riacho dos Porcos durante o período de 1995 a 2024. Na escala mensal, os elevados valores de R^2 (0,96) **e** NSE (0,95**)** evidenciaram excelente capacidade do algoritmo em reproduzir a variabilidade temporal da precipitação observada, enquanto o baixo valor de PBIAS (3,4%) indicou reduzida tendência de subestimativa. Na escala anual, embora o desempenho tenha sido ligeiramente inferior, os resultados permaneceram satisfatórios **(**R^2 = 0,73 **e** NSE = 0,69), demonstrando que o produto também pode ser empregado em análises climatológicas de longo prazo. Os resultados permitem concluir que o CHIRPS constitui uma ferramenta confiável para estudos hidrológicos em regiões semiáridas, especialmente em áreas com reduzida densidade de estações pluviométricas. Recomenda-se sua utilização em aplicações relacionadas ao balanço hídrico, modelagem hidrológica, monitoramento de secas, gestão integrada dos recursos hídricos e estudos hidrogeológicos, observando-se a necessidade de correções de viés em eventos extremos de precipitação.

REFERÊNCIAS

CUNHA, R. L. C. et al. Pluviometria Média na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Porcos a qual alimenta o Sistema Aquífero Missão Velha–Rio da Batateira e o Aquífero Mauriti. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2023.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). Banco de Dados Hidrometeorológicos. Disponível em: https://www.funceme.br. Acesso em: maio de 2025.

FUNK, C. et al. *The Climate Hazards InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS): A New Environmental Record for Monitoring Extremes*. Scientific Data, v. 2, 2015.

MORIASI, D. N. et al. *Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations*. Transactions of the ASABE, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.

ISSN:2764-9040