REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

# VALIDAÇÃO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO ESTIMADOS PELO CHIRPS PARA A REGIÃO SUL DE ANGOLA

## VALIDATION OF CHIRPS-ESTIMATED PRECIPITATION DATA FOR THE SOUTHERN REGION OF ANGOLA

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias • 28/07/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/784954477

Amílcar Ernesto António José[1]

Joana Bernardo[2]

Adriano Chimuando[3]

Silvano Sebastião[4]

**RESUMO**

Este trabalho visa analisar os dados mensais de estimativa de precipitação do banco de dados de dados de Precipitação Infravermelha com Estação (CHIRPS) do Grupo de Riscos Climáticos e verificar sua proximidade em comparação com os dados de quatro estações meteorológicas automáticas (4) (EMA) do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INAMET), que representam a Região Sul de Angola (RSA). O presente estudo tem como objetivo validar as estimativas de precipitação do produto CHIRPS por meio da análise de métricas estatísticas, com o objetivo de subsidiar o monitoramento da seca e o planejamento dos recursos hídricos. Diante da escassez e das falhas nos dados meteorológicos na RSA, que limitam a produção de estudos científicos devido à insuficiência de séries temporais que cobrem a região, fontes alternativas de dados, como reanálises, são frequentemente usadas, que são a melhor opção para preencher essas lacunas. A análise utiliza várias métricas estatísticas, incluindo o coeficiente de correlação de Pearson, o coeficiente de determinação, a linha de inclinação (slope), o erro quadrático médio da raiz (RMSE), o erro absoluto médio (MAE) e o viés foram utilizados para avaliar a precisão e a confiabilidade do CHIRPS sob diferentes condições climáticas. Um dos principais fatores para essa escassez de dados na Região Sul de Angola (RSA) foi a prolongada guerra civil. Atualmente, embora haja investimentos públicos e privados para a instalação de novas Estações Meteorológicas Automáticas (EMAs), estes ainda não são suficientes para cobrir toda a Região Sul de Angola.

**Palavras-chave:** Precipitação; CHIRPS; Validação; Região Sul de Angola; Estações Meteorológicas.

**ABSTRACT**

This work is to analyze the monthly rainfall estimation data from the

Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) database and to verify their proximity in comparison with the data from four automatic meteorological stations (4) (EMA) of the National Institute of Meteorology and Geophysics (INAMET), which represent the Southern Region of Angola (RSA). The present study aims to validate the precipitation estimates of the CHIRPS product through analysis of statistical metrics, with the objective of subsidizing drought monitoring and water resources planning. In view of the scarcity and flaws in meteorological data in the RSA, which limit the production of scientific studies due to the insufficiency of time series covering the region, alternative data sources, such as reanalyses, are often used, which are the best option to fill these gaps. The analysis employs several statistical metrics including the Pearson correlation coefficient, the coefficient of determination, the slope, the root mean square error (RMSE), the mean absolute error (MAE), and the bias were used to assess the accuracy and reliability of CHIRPS under different climatic conditions.

One of the main factors behind this data scarcity in the Southern Region of Angola (SRA) was the prolonged civil war. At present, although public and private investments have been made toward installing new Automatic Weather Stations (AWSs), these are still insufficient to cover the entire Southern Region of Angola.

**Keywords:** Precipitation; CHIRPS; Validation; Southern Angola; Weather Stations.

## 1. INTRODUÇÃO

O dado climático tem grande influência nas tarefas e nas tomadas de decisão de setores-chave, como o socioeconómico, a agricultura e o meio ambiente. Estes dados são indispensáveis para a gestão

pública e planificação de recursos hídricos; com eles, é possível realizar estudos de impacto ambiental, análise de variabilidade meteorológica e apoio à segurança alimentar (Costa et al., 2019). A monitorização de variáveis climáticas é um requisito indispensável para a gestão pública e para o ordenamento dos recursos hídricos, permitindo a execução de estudos de impacto ambiental e de variabilidade meteorológica que geram resultados notórios no manejo de crises hídricas em qualquer sociedade (Wanderley, 2013 apud Costa et al., 2019). No contexto do ciclo hidrológico, o parâmetro da precipitação assume um papel primordial, sendo a variável fundamental para o suporte à agricultura de subsistência e para a compreensão dos regimes climáticos regionais.

Apesar da sua importância, o acesso a dados observados de qualidade em África continua a ser um desafio crítico. Segundo o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC, 2021), o continente enfrenta um déficit crônico de investimento na aquisição, manutenção e ampliação de redes de observação terrestres. Esta lacuna na densidade de estações meteorológicas dificulta a investigação científica e compromete a precisão das previsões climáticas, afetando diretamente as políticas de mitigação e adaptação às mudanças globais (CDKN e ACDI, 2022). Em Angola, este cenário foi agravado pelo longo período de guerra civil, que resultou na destruição de infraestruturas e na interrupção de séries temporais históricas, especialmente na Região Sul de Angola (RSA), uma zona caracterizada por vulnerabilidades climáticas extremas.

Como estratégia para superar a escassez de dados in situ, a comunidade científica tem recorrido cada vez mais aos dados de sensoriamento remoto e produtos de reanálise climática. De acordo

com Pombo, Oliveira e Mendes (2015), a utilização de medições provenientes de sensores remotos instalados em satélites permite uma caracterização mais detalhada do regime de variáveis como a precipitação, a evaporação e a temperatura, superando as limitações físicas das redes terrestres. Contudo, a aplicação destes dados exige rigor estatístico. Estudos recentes, como o de Almeida, Zhu e Coelho (2025), que avaliou oito produtos de precipitação sobre Angola, reforçam que nenhum produto é confiavelmente absoluto em todas as escalas temporais e espaciais. A necessidade de validação regional torna-se, portanto, imperativa para garantir que as estimativas de satélite estejam em concordância com a realidade local antes de serem aplicadas na gestão hídrica ou monitoramento de secas.

Neste cenário, o produto CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data) surge como uma alternativa promissora. Investigações preliminares sugerem que o CHIRPS é particularmente útil para o monitoramento de secas na Região Sul de Angola (Almeida et al., 2025). Todavia, para que o seu uso seja recomendado de forma operacional, é necessário quantificar a sua precisão face aos dados reais das Estações Meteorológicas Automáticas (EMA) do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INAMET).

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Área de Estudo

A área selecionada para a realização deste estudo corresponde ao território da República de Angola, localizada na costa sudoeste do continente africano, entre as latitudes 4°22'S e 18°02'S e as

longitudes 11°41'E e 24°05'E (HUNTLEY et al., 2019). Angola possui uma área de 1.246.700 km², com uma faixa costeira de 1.650 km. A extensão territorial é de aproximadamente 4.837 km no sentido norte-sul e 1.236 km no sentido oeste-leste. A área de estudo delimita-se nas quatro províncias situadas na região sul do país: Namibe, Huíla, Cunene e Cuando Cubango. Conforme ilustrado na Figura 1, os pontos vermelhos indicam a localização das estações meteorológicas utilizadas como referência a partir de dados de precipitação do CHIRPS versão 2.0 (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations, version 2.0).

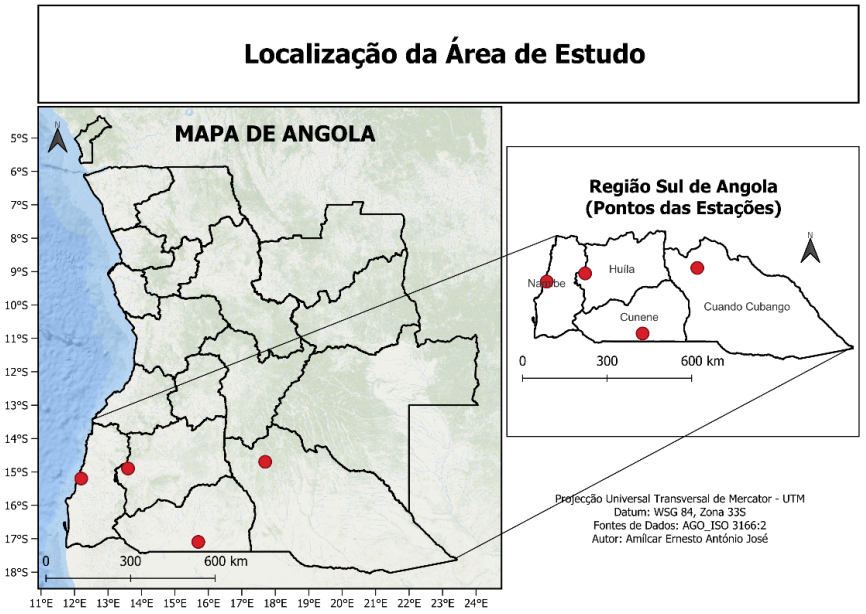


**Figura 1.** Localização da área de estudo e estações meteorológicas da região sul de Angola.

### 2.1.1. Caracterização Climática da Região Sul de Angola (RSA)

De acordo com Xavier (2013), o clima da região sul de Angola, segundo a classificação de Köppen, é predominantemente semiárido e tropical de altitude, apresentando variações significativas em função da topografia e da influência da corrente fria de Benguela. O clima é caracterizado por duas estações bem definidas: a estação seca (inverno), que ocorre entre os meses de

maio e setembro, e a estação chuvosa (verão), que se estende de novembro a maio. A seguir, apresenta-se a caracterização climática das principais províncias da região:

- **Namibe (Moçamedes):** apresenta clima desértico a semiárido, com precipitação média anual entre 50 mm e 120 mm. As temperaturas médias variam de 24 °C a 28 °C. A corrente de Benguela contribui para a baixa umidade relativa do ar e para a ocorrência de temperaturas amenas na faixa litorânea.

- **Huíla (Lubango):** possui clima tropical de altitude, com precipitação anual variando entre 400 mm e 1.200 mm. As temperaturas médias oscilam entre 18 °C e 25 °C, podendo ultrapassar 30 °C durante o verão.

- **Cunene (Ondjiva):** caracteriza-se por clima semiárido, com precipitação anual entre 200 mm e 600 mm. As temperaturas podem exceder 35 °C nas áreas de menor altitude. A estação seca é bem definida, ocorrendo entre os meses de maio e setembro.

- **Cuando Cubango (Menongue):** apresenta clima tropical a semiárido, com precipitação anual entre 500 mm e 900 mm. As temperaturas médias variam entre 25 °C e 30 °C, com registros de picos superiores a 35 °C no verão.

### 2.2. Descrição dos Dados do CHIRPS

O Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data, versão 2.0 (CHIRPSv2.0) é um conjunto quase-observacional que combina dados de satélite e estações de superfície. Este conjunto visa suprir a escassez de dados em regiões com baixa densidade de

estações meteorológicas, como ocorre em grande parte do continente africano. Apresenta uma resolução espacial de aproximadamente 0,05° × 0,05° (cerca de 5 km), com cobertura latitudinal entre 50°S e 50°N e longitudinal entre 180°W e 180°E. Os dados estão disponíveis desde 1981 até o presente, com resoluções temporais diárias, décadas e mensais (Funk et al., 2015).

### 2.3. Descrição dos Dados Observados da Estação

Os dados observados de precipitação originam-se da rede de estações meteorológicas (convencionais e automáticas) do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Angola (INAMET). As séries temporais selecionadas para as províncias do Namibe (Moçâmedes) e da Huíla (Lubango) abrangem o período de janeiro de 1981 a dezembro de 2020, enquanto para o Cuando Cubango (Menongue) o registo estende-se de janeiro de 1981 a dezembro de 2018. Ressalta-se que, para o Cunene (Ondjiva), a disponibilidade de dados limita-se a um período de sete anos (2015 a 2021). O critério de seleção da rede de estações baseou-se na disponibilidade integral de estações operadas pelo INAMET na região sul do país. A Tabela 1 apresenta a identificação das estações meteorológicas com informações relevantes obtidas pelo portal de Informações profissionais sobre as condições meteorológicas no mundo (OGIMET) para o estudo.

**Tabela 1.** Identificação das Estações Meteorológicas selecionadas

| ID Estação | Longitude | Latitude | Altitude (metros) | Código WMO |
|---|---|---|---|---|
| Lubango (Sa da Bandeira) | 13.57 | -14.9 | 1760 m | 66390 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Moçamedes | 12.15 | -15.20 | 43 m | 66422 |
| Menongue (Serpa Pinto) | 17.40 | -14,3 | 1348 m | 66410 |
| Ondjiva (Pereira de Eca) | 15.43 | -17.04 | 1108 m | 66460 |

**Fonte:** Elaborado pelos autores, com base em dados de Ogimet (2026).

## 3. VALIDAÇÃO DOS DADOS DO CHIRPS

Esta investigação tem como objetivo principal validar as estimativas mensais do produto CHIRPS para a Região Sul de Angola, utilizando métricas estatísticas de precisão e correlação. Pretende-se verificar a veracidade destes dados apartir dos pontos das estações nas províncias do Namibe, Huíla, Cunene e Cuando Cubango, contribuindo assim para o fortalecimento do conhecimento hidroclimático numa região onde a lacuna de dados históricos ainda é um obstáculo ao desenvolvimento científico.

O procedimento de validação deste estudo baseia-se num protocolo de consistência estatística para confrontar os valores de precipitação estimada pelo produto CHIRPS (P_sat) com os valores observados nas estações terrestres do INAMET (P_obs). A descrição do processo segue as etapas abaixo:

### 3.1. Processamento e Harmonização de Dados

Devido à natureza distinta das fontes de dados onde o INAMET, fornece medições pontuais e o CHIRPS de estimativas em grelha (grid), procedeu-se à extração dos valores do satélite a partir dos

pixéis que coincidem com as coordenadas geográficas de cada estação. As séries temporais foram harmonizadas para a escala mensal, assegurando que a comparação ocorresse apenas em períodos com disponibilidade plena de dados em ambas as fontes, eliminando meses com falhas de registo superiores a 10% sob aplicação de controlo de qualidade. Para a realização deste estudo, foram utilizadas as ferramentas QGIS, versão estável 3.22, software livre, para o mapeamento, e Python 3.14.2, linguagem de programação livre, para a organização, a limpeza, a manipulação dos dados e a visualização dos resultados.

### 3.2. Métricas Estatísticas de Desempenho

Para quantificar a precisão do CHIRPS na Região Sul de Angola, foram aplicadas métricas que avaliam diferentes aspectos do erro: Relação Linear e Concordância: Utilizou-se o Coeficiente de Correlação de Pearson (r) e o Coeficiente de Determinação ($r^2$) para verificar se o satélite acompanha a sazonalidade das chuvas. O Coeficiente de Correlação de Pearson (r) é utilizado para medir a força e direção de uma relação linear entre duas variáveis em que os seus valores variam de -1 a 1, onde os valores próximos a 1 indicam correlação linear positiva (perfeita) e valores próximo a -1 indicam correlação linear negativa (perfeita) e por fim ausência de relação (r = 0). Ela escrita matematicamente pela fórmula:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2}}$$

O coeficiente determinação ($r^2$) é método que serve para avaliar o grau de associação entre dois fatores, por meio de proporção da variabilidade em uma variável, sendo que ela é escrita pela equação:

$$r = \frac{\Sigma (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\Sigma (y_i - \bar{y})^2}$$

Onde o $\hat{y}_i$ é o valor estimado, $y_i$ representa o valor observado, $y_i$ representa a média das observações, considerando a somatório total dos quadrados Bayissa (2017 apud Costa 2019, p. 6). O Slope (inclinação da reta) e o Intercept foram calculados para avaliar a proporcionalidade da estimativa.

Magnitude do Erro: A Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e o Erro Médio Absoluto (MAE), foram aplicados para medir o desvio médio em milímetros (mm). O RMSE, em particular, permite identificar a sensibilidade do produto a eventos de precipitação extrema. Onde o $y_i$ corresponde aos valores dos dados estimados (CHIRPS), $\hat{y}_i$ representa os dados das estações meteorológicas e o (n) representa os números de dados total de observações. Desta forma o RMSE é expresso pela equação:

$$RMSE = \sqrt{[\frac{1}{n} \sum_1^n (y_i - \hat{y}_i)^2]}$$

O Erro médio absoluto (sigla em inglês, MAE): é definido como a média dos valores absolutos dos erros, usa-se este método para evitar a subestimação. Em que, $y_i$ corresponde aos valores dos dados estimados (CHIRPS), $\hat{y}_i$ representa os dados das estações meteorológicas e o (n) representa os números de dados total de observações. A equação do MAE é expressa por:

$$\mathrm{MAE} = \frac{1}{n} \sum_1^n |y_i - \hat{y}_i|$$

O BIAS ou Viés (Erro médio, ME): O cálculo do Viés (Bias) foi fundamental para determinar se o algoritmo do CHIRPS tende a subestimar ou superestimar o volume total de chuva em cada

província estudada. Portanto o Viés, mede a tendência sistemática de uma variável, permitindo avaliar se ocorre superestimação ou subestimação em relação a outra variável de referência. Dessa forma, quanto mais positivo for o valor do viés, maior será a superestimação; por outro lado, valores negativos indicam subestimação da variável analisada. A equação é dada por:

$$ME = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)$$

Onde o $y_i$ corresponde aos valores dos dados estimados (CHIRPS), $\hat{y}_i$ representa os dados das estações meteorológicas e o (n) representa os números de dados total de observações.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Análise da Precisão Estatística (Tabela 2 e Figura 2)

Os resultados demonstram desempenhos heterogéneos na região (Tabela 2). O Cunene apresentou a maior precisão estatística ($R^2$ = 0,83; r = 0,91), indicando que, apesar da série temporal curta, o CHIRPS replica com elevada fidelidade a variabilidade local. A Huíla também apresentou correlação forte (r = 0,81), consolidando o produto como fiável para o planalto central. Em contraste, o Namibe revelou o menor desempenho (r = 0,61). O baixo valor do declive (inclinação = 0,16) e o viés negativo (bias = -21,44) indicam uma subestimativa acentuada. Essa discrepância pode ser explicada pela complexidade da zona costeira e desértica, onde chuvas esporádicas e nevoeiros dificultam a estimativa por infravermelho do satélite. O Cuando Cubango foi a única região com viés positivo (5,2), sugerindo uma ligeira tendência de sobrestimação, conforme ilustra a Tabela 2.

**Tabela 2.** Métricas estatísticas de validação das estimativas de precipitação do produto CHIRPS em relação aos dados observados do INAMET, para as estações da Região Sul de Angola.

| Estações | Inclinação | Intercept | R2 | RMSE | MAI |
|---|---|---|---|---|---|
| Namibe | 0.16 | -0.48 | 0.37 | 37.58 | 21.57 |
| Huila | 0.73 | -0.74 | 0.65 | 49.83 | 30.7 |
| Cunene | 0.99 | -0.06 | 0.83 | 21.94 | 11.34 |
| C.Cubango | 0.9 | 11.29 | 0.61 | 51.79 | 30.3 |

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/validacao-dos-dados-de-precipitacao-estimados-pelo-chirps-para-a-regiao-sul-de-angola?noblockage

### 4.2. Validação Mensal CHIRPS Vs. Observado (Estação)

A análise visual dos gráficos de dispersão (Figura 2) permite identificar o comportamento do produto CHIRPS em diferentes regimes pluviométricos da Região Sul de Angola.

**Província do Cunene:** apresenta a melhor performance visual. Os pontos estão fortemente concentrados em torno da linha 1:1, confirmando o elevado **$R^2$ [ou r] de 0,83.**

A linha de regressão (vermelha) quase se sobrepõe à linha ideal (tracejada), indicando que o satélite replica com precisão tanto os meses secos quanto os chuvosos.

**Província da Huíla:** observa-se uma boa concordância (**$R^2$ [ou r] = 0,65**), embora com dispersão moderada nos meses de precipitação

elevada (acima de 200 mm). A proximidade entre a linha vermelha e a linha tracejada sugere que o produto é confiável para esta região do planalto.

**Província do Cuando Cubango:** o gráfico revela uma tendência de subestimativa em eventos extremos. Embora a correlação seja aceitável, a linha de regressão começa a afastar-se da linha 1:1 à medida que a precipitação observada aumenta, sugerindo que o satélite tem dificuldade em captar a magnitude total das chuvas intensas nesta zona.

**Província do Namibe:** é o cenário de maior criticidade. O gráfico mostra uma dispersão acentuada e um achatamento da linha de regressão em relação à linha 1:1. O baixo valor de $R^2$ (0,37) e o desvio visual confirmam que o CHIRPS não consegue captar adequadamente a variabilidade da zona árida litoral, onde muitos eventos de chuva registados pelas estações terrestres não são detectados, ou são drasticamente subestimados, pelo satélite.

A análise dos indicadores estatísticos revela que o desempenho do CHIRPS não é uniforme em toda a Região Sul de Angola. O desempenho superior observado no Cunene ($R^2$ [ou r] = 0,83) e na Huíla ($R^2$ [ou r] = 0,65) corrobora os achados de Almeida *et al.* (2025), que identificaram o CHIRPS como um dos produtos de satélite mais robustos para o monitoramento de precipitação no território angolano, superando outros produtos de reanálise em regiões de topografia complexa.

Por outro lado, o baixo desempenho no Namibe ($R^2$ = 0,37) reflete uma limitação comum em algoritmos de estimativa por satélite em zonas áridas. Segundo Dinku *et al.* (2018), os sensores de

infravermelho tendem a apresentar dificuldades em regiões litorais desérticas, onde a presença de nuvens estratiformes quentes pode não resultar em chuva real, levando a erros de deteção. Essa dispersão visual observada na Figura 2, caracterizada pelo afastamento da linha 1:1, indica que, no Namibe, o CHIRPS tende a gerar ruído em meses de baixa pluviosidade, fenómeno também documentado por Toté *et al.* (2015) em estudos sobre o sudoeste africano.

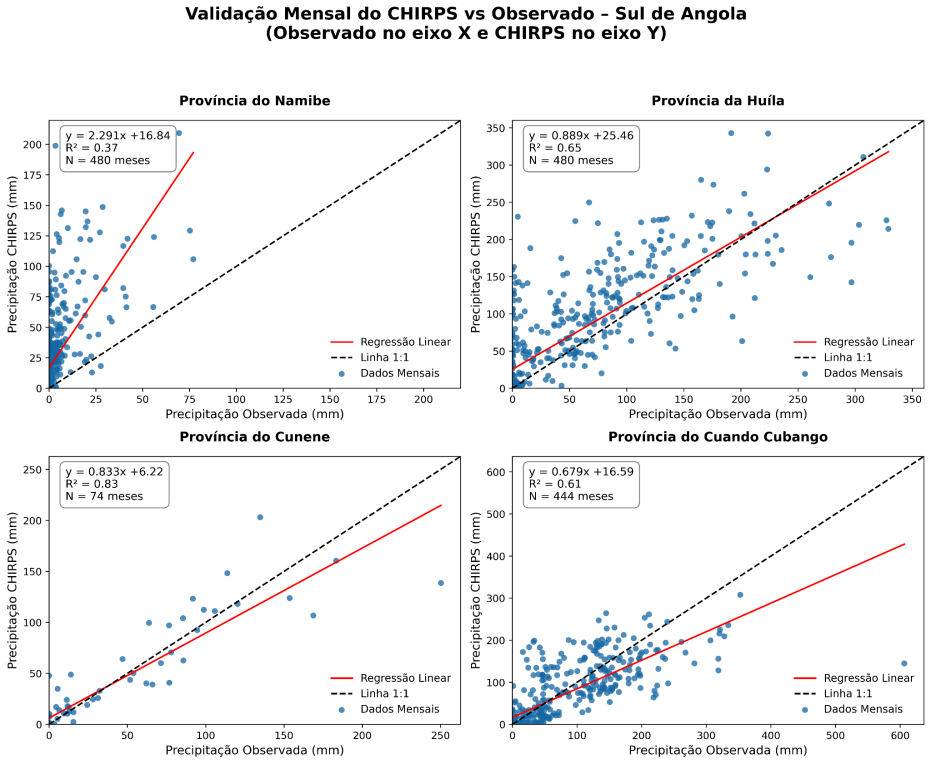


**Figura 2.** Apresenta os resultados dos gráficos de dispersão da validação mensal da precipitação CHIRPS vs. observado para a Região Sul de Angola (RSA).

## 4.3. Análise da Sazonalidade e do Ciclo Médio

A comparação entre os dados mensais estimados (CHIRPS) e observados (estações meteorológicas), entre janeiro de 1981 e dezembro de 2020, mostra que o coeficiente de determinação nas estações meteorológicas das províncias do Namibe, da Huíla e do Cuando Cubango é superior a 30%, enquanto no Cunene atinge 80%, sendo ainda possível verificar uma forte associação entre os

dois conjuntos de dados na Região Sul de Angola. Os cálculos do coeficiente de determinação entre os dados do CHIRPS e das estações meteorológicas foram testados quanto à significância estatística para p = 0,05, de acordo com o teste de Wilcoxon. Para além da precisão estatística mensal, é fundamental avaliar se o produto CHIRPS acompanha o ciclo sazonal da região, conforme ilustrado na Figura 3.

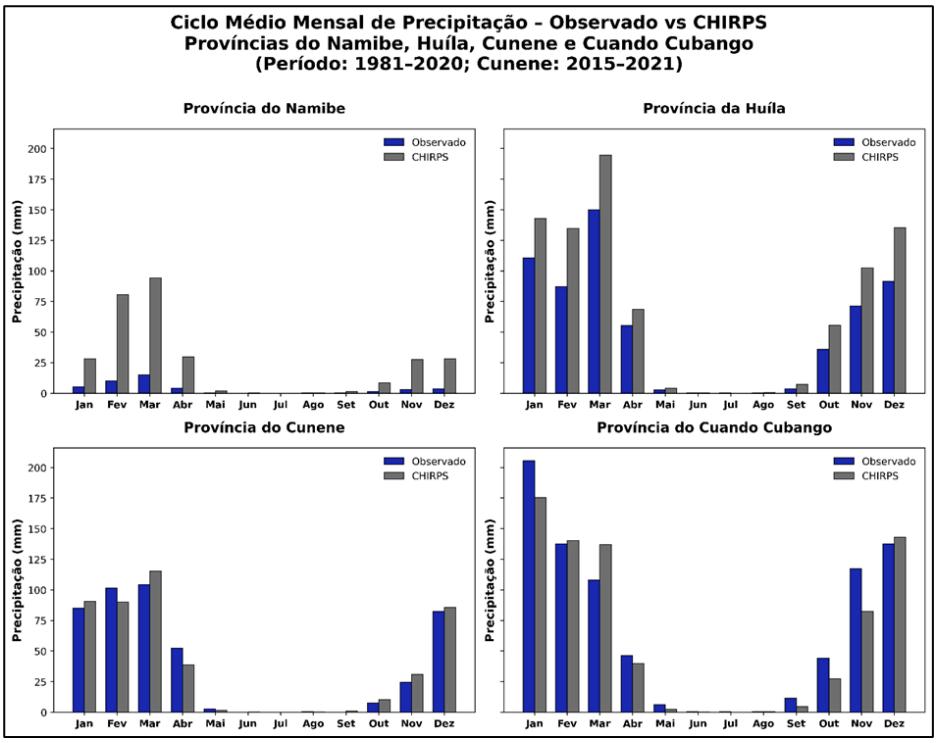


**Figura 3.** Ciclo médio mensal da precipitação (mm), comparando dados observados (INAMET) e estimativas do CHIRPS. As barras representam a média histórica para cada mês do ano. Período de referência: 1981–2020 (Namibe e Huíla); 1981–2018 (Cuando Cubango); e 2015–2021 (Cunene).

**Sincronismo sazonal:** observa-se que, em todas as estações (Namibe, Huíla, Cunene e Cuando Cubango), o CHIRPS demonstra uma excelente capacidade de identificar o regime pluviométrico da região. O produto capta com precisão o início das chuvas em outubro/novembro, o pico máximo em março e o período de estiagem (seca) entre junho e agosto. Este sincronismo é fundamental para o planeamento do calendário agrícola regional.

**Padrões de viés e sobrestimação:** apesar do acerto na fase da chuva, a Figura 2 revela uma tendência sistemática de sobrestimação na Huíla e no Namibe. Nestas províncias, as barras correspondentes ao CHIRPS superam consistentemente os valores do INAMET durante os meses mais chuvosos (janeiro a abril). Tecnicamente, isso sugere que o algoritmo do CHIRPS, ao processar dados de infravermelho, pode estar a interpretar nuvens frias não precipitantes como chuva, elevando artificialmente os totais mensais nestas zonas.

**Fidelidade no Cunene:** o gráfico do Cunene reforça o que foi observado na análise de correlação: há uma sobreposição quase perfeita entre as barras azuis e cinzentas. Isso indica que, para esta província, o produto não apresenta apenas alta correlação linear, mas também uma baixa margem de erro volumétrico, sendo o dado mais confiável do conjunto estudado.

**O "efeito cauda" no Namibe:** no Namibe, nota-se que o satélite estima chuvas residuais em meses em que a estação terrestre regista zero absoluto. Este fenómeno indica uma dificuldade do sensor em lidar com a extrema aridez da costa angolana, onde a evaporação rápida ou a baixa espessura das nuvens pode confundir as estimativas do satélite.

A Figura 3 demonstra que, apesar dos erros de magnitude, o CHIRPS replica com sucesso a sazonalidade climática. Este sincronismo entre o início e o fim da época chuvosa é uma característica forte do produto, conforme destacado por Funk *et al.* (2015), criadores do algoritmo CHIRPS, que sublinham a eficácia da integração de dados de estações climáticas históricas para corrigir a tendência sazonal do satélite.

Contudo, a sobrestimação sistemática observada nas províncias da Huíla e do Namibe (barras cinzentas superiores às azuis) pode ser explicada pelo efeito da orografia e da aridez. Pombo, Oliveira e Mendes (2015) explicam que, em Angola, a transição entre o planalto e o litoral cria microclimas que desafiam a resolução espacial de 0,05° do satélite. O "efeito cauda" no Namibe, em que o satélite estima chuva em meses secos, é uma evidência de que o algoritmo pode estar a sobrestimar a frequência de eventos leves - viés que Cavalcante *et al.* (2020) descrevem como típico em regiões onde a evaporação subnuvem é elevada.

## 5. CONCLUSÕES

O presente estudo avaliou a confiabilidade do produto CHIRPS v2.0 em comparação com os dados observados pelo INAMET na Região Sul de Angola. A análise integrada das métricas estatísticas (Tabela 1), da dispersão ponto a ponto (Figura 1) e do ciclo sazonal (Figura 2) permite as seguintes conclusões:

a. **Sincronismo sazonal como ponto forte:** a análise do ciclo médio mensal (Figura 2) revelou que o CHIRPS possui uma excelente capacidade de identificar o regime pluviométrico regional, captando com precisão o início, o pico (março) e o fim da época chuvosa em todas as províncias. Esta característica torna o produto uma ferramenta valiosa para o zoneamento agrícola e para a definição de calendários de cultivo na Região Sul.

b. **Desempenho geográfico diferenciado:** o produto demonstrou alta confiabilidade para as províncias do Cunene e da Huíla, onde a correlação e a concordância visual foram

superiores. No Cunene, a sobreposição quase perfeita entre as barras de dados observados e estimados confirma a viabilidade do CHIRPS para o monitoramento operacional de hidrologia.

c. **Vieses em zonas áridas e de altitude:** observou-se uma tendência sistemática de sobrestimação (viés positivo) no Namibe e na Huíla. No Namibe, o satélite apresenta dificuldade em lidar com a aridez extrema, estimando chuvas em meses de zero absoluto, o que sugere a necessidade de aplicação de algoritmos de correção de viés para estudos nesta faixa litoral.

d. **Subestimativa de eventos extremos:** no Cuando Cubango, apesar da boa correlação sazonal, a análise de dispersão indicou que o CHIRPS tende a subestimar os volumes em meses de precipitação muito intensa, fator crítico que deve ser considerado em projetos de infraestrutura hidráulica.

Em suma, o CHIRPS valida-se como a melhor alternativa para suprir a escassez de dados *in situ* em Angola, desde que sejam respeitadas as suas limitações quantitativas em regiões áridas. Recomenda-se que estudos futuros foquem na calibração regional do produto, utilizando as estações do INAMET como referência para ajustar as magnitudes de chuva estimada às necessidades reais de cada província.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Manuel; ZHU, Senlin; COELHO, Pedro. Evaluation of eight satellite and reanalysis precipitation products over Angola: The value

of targeted regional assessment for water management. **Journal of Hydrology: Regional Studies,** v. 62, p. 102955, dez. 2025

ANGOP. Angola conta com 90 estações meteorológicas e sísmicas. Disponível em: https://www.angop.ao/noticias/ambiente/angola-conta-com-90-estacoes-meteorologicas-e sismicas/. Acesso em: 23 mar. 2026.

CAVALCANTE, R. B. L.; FERREIRA, D.B.S.; PONTES, P.R.M.; TEDESCHI, R.G.; COSTA, C.P.W.; SOUZA, E.B. Bias correction of satellite precipitation products: A review of methods and applications. **Remote Sensing Applications: Society and Environment,** v. 18, 100305, 2020.

CDKN; ACDI. **Climate Risk Management in Africa:** The Role of Satellite Data. Climate and Development Knowledge Network & African Climate and Development Initiative, 2022.

COSTA, J. C.; PEREIRA, G.; ELISA, M.; SILVA, S.; CARDOZO, F. **Validação dos dados de precipitação estimados** PELO. n. June, 2019.

DINKU, T.; CECCATO, P.; GROVER-KOPEC, E.; LEMMA, M.; CONNOR, S. J.; ROPELEWSKI, C. F. Validation of high-resolution satellite rainfall products over complex terrain**. International Journal of Remote Sensing,** v. 39, n. 12, 2018.

FUNK, C.; PETERSON, P.; LANDSFELD, M.; PEDREROS, D.; VERDIN, J.; SHUKLA, S.; HUSAK, G.; ROWLAND, J.; HARRISON, L.; HOELL, A.; MICHAELSEN, J. **The climate hazards infraRed precipitation with stations a new environmental record for monitoring extremes. Scientific** Data, v. 2, n. 150066, 2015.

HUNTLEY, B. J. Angola, um perfil: fisiografia, clima e padrões de biodiversidade. In: HUNTLEY, B. et al. Biodiversidade de Angola: ciência e conservação. Cham: Springer, 2019. cap. 2, p. 15–42. Disponível em: Acesso em: https://www.unescolifeonland.com/fotos/gca/biodiversidadeangola_39a73_719217065cf16352f19c8.pdf. Acesso em: 23 jun. 2025.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to **the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, 2021.

MINTTICS. Nota sobre o Plano de Desenvolvimento Estratégico e modernização do INAMET. Disponível em: https://minttics.gov.ao/INAMET/ Portal institucional. Acesso em: 23 mar. 2026.

POMBO, S.; OLIVEIRA, R.; MENDES, M. Caracterização do regime de precipitação em Angola com base em dados de satélite e observações in situ. **Revista Angolana de Geociências, Luanda, 2015.**

TOTÉ, C.; PATRICIO, D.; BOOGAARD, H.; VAN DER WIJNGAART, R.; ERNST, M.; FUNK, C. Evaluation of satellite rainfall estimates for drought and flood monitoring in Mozambique and Southwestern Africa. **Remote Sensing,** v. 7, n. 2, p. 1758-1776, 2015.

WANDERLEY, H. S.; AMORIM, R. F. C.; CARVALHO, F. O. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Estado de Alagoas.

**Revista Brasileira de Meteorologia,** v. 34, n. 4, p. 543-552, 2019. (Apud COSTA, C. P. W., 2019).

XAVIER, J. A. Reconstrucción de la variabilidad pluviométrica en Angola en el periodo 1979-2003. Tese (Doutorado em Meteorologia), Universidad Complentense de Madrid, Espanha, 2013. Disponível em: https://docta.ucm.es/entities/publication/e9cecbd7-eb6d-4058-84f0-26e03d325618. Acesso em: 01 Jan. 2025.

---

[1] Mestrando em Meteorologia no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, pela Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[2] Professora na Universidade José Eduardo dos Santos (UJES), Faculdade de Ciências Agrárias. Huambo, Angola. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[3] Meteorologista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Angola. Luanda, Angola. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.

[4] Graduado em Geofísica pela Universidade Agostinho Neto (UAN). Luanda, Angola. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail