



<https://periodicos.ufba.br/index.php/cadgeoc>
ISSN 2238-4960

Cadernos de Geociências da UFBA
v. 21, nº 1 (2026)

DOI:10.9771/geocad.v20i0.72758



Artigo de Pesquisa

Análise da anomalia da precipitação do Estado da Bahia entre 1981 a 2023 a partir de imagens históricas do satélite CHIRPS

Rainfall anomaly analysis of the State of Bahia between 1981 and 2023 based on the historical images from the CHIRPS satellite

RAUL COSTA PINTO¹ & MÁRIO JORGE DE SOUZA GONÇALVES²

¹ Universidade Federal da Bahia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4352-2938>

E-mail: raulcosta7@hotmail.com

² Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos_INEMA, Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos_INEMA

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0282-8912>

E-mail: mariotaboca@gmail.com

RESUMO - Imagens do satélite *Climate Hazards Center Infrared Precipitation with Station* (CHIRPS) são importantes ferramentas para se avaliar a precipitação numa bacia hidrográfica. Fornecendo imagens diárias desde 1981, o CHIRPS conta com agregado de dados de precipitação provenientes das mais diversas fontes meteorológicas mundiais. O objetivo deste trabalho é avaliar a precipitação no Estado da Bahia, entre 1981 a 2023 utilizando o Índice de Anomalia de Precipitação. Este índice é interpretado pelos valores positivos compondo as áreas com os maiores volumes precipitados e os valores negativos como as áreas com maior redução do volume precipitado, ambos em relação à média histórica. Este método foi aplicado para a Bahia através de 75.336 imagens do CHIRPS, com todo esse procedimento realizado no Google Earth Engine. Os resultados demonstraram que os percentuais de precipitação oscilaram de -61,30 a 58,75, com os valores negativos na porção Central, Oeste, Norte e extremo Sul do Estado, indicando uma menor ocorrência de precipitações nestas porções, e os maiores valores na divisa com o Estado de Sergipe e ao longo do Litoral Norte, com uma grande concentração na porção sudoeste da Baía de Todos os Santos, indicando uma maior ocorrência de precipitações nas proximidades do litoral.

Palavras-chave: *Google Earth Engine*; Álgebra de mapas; Índice de Anomalia de Chuva (IAC); Processamento digital de imagens de satélite (PDI).

ABSTRACT - Images from the Climate Hazards Center Infrared Precipitation with Station (CHIRPS) satellite are important tools for assessing precipitation in a hydrological basin. Providing images daily since 1981, CHIRPS relies on aggregated precipitation data from the widest variety of global meteorological sources. The goal of this study is to assess the precipitation in the State of Bahia between 1981 and 2023 using the Precipitation Anomaly Index. This index is interpreted by positive values comprising the areas with the highest precipitated volumes and negative values as the areas with a great reduction in precipitated volume, as well as in relation to the historical average. This method was applied to Bahia using 75,336 CHIRPS images, with the entire procedure carried out on Google Earth Engine. The results showed that precipitation percentages oscillated between -61.30 to 58.75, with negative values in the central, western, northern, and southernmost parts of the state, indicating lower occurrence of precipitation in these areas, and the highest values are found on the border with the state of Sergipe and along the northern coast, with a high concentration in the southwestern part of Baía de Todos os Santo, indicating a higher occurrence of precipitation near the coast.

Keywords: *Google Earth Engine*; Map algebra; Rainfall Anomaly Index (RAI); Digital processing of the satellite images.

1. INTRODUÇÃO

Podendo ser reputada como a variável mais importante do ciclo hidrológico (LIMA JÚNIOR *et al.* 2023), o fenômeno meteorológico da precipitação pode ser considerado o “input” de uma bacia hidrográfica – quando entendemos uma bacia enquanto um sistema aberto. Levando em conta não só o modelamento que a precipitação confere a superfície da Terra por meio da sua dinâmica geomorfológica e ambiental (LEMONS *et al.* 2021), a precipitação também é de suma importância para a vida do homem sob o nosso planeta, já que, conforme nos lembram Uliana *et al.* (2024), a precipitação também é um fator primordial no planejamento e gestão dos recursos hídricos, pois ela regula a disponibilidade hídrica das bacias, recarrega os aquíferos e gera o escoamento superficial.

Além disso, como a precipitação afeta a vida do homem de maneira direta (como a recarga dos sistemas aquáticos, fonte de irrigação para a agricultura, etc.) e indireta (como fonte de lazer, contemplação da natureza etc.), o ser humano tem buscado meios de entender como se dá a dinâmica da precipitação sob a superfície terrestre. No Brasil, por exemplo, as principais fontes de dados climatológicos, sobretudo os de precipitação, provêm das instituições federais, tais como: o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - que possui mais de 400 estações pluviométricas espalhadas pelo território nacional; e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) - que concentra e disponibiliza dados de mais de 3.800 estações de monitoramento de chuva através do portal HidroWeb (LIMA JÚNIOR *et al.* 2023). Ainda de acordo com esses autores, os órgãos estaduais também se destacam no fornecimento de informações relativas ao monitoramento climático. Porém, grande parte dessas estações meteorológicas não estão distribuídas de maneira igualitária no território brasileiro, pois elas em sua maioria estão localizadas ou na faixa litorânea ou próximas à rede hidrográfica (COSTA *et al.* 2019).

Esse problema tem levado diversos autores a se utilizarem dos dados de precipitação obtidos pelo sensoriamento remoto orbital. Tal iniciativa se deve ao fato de que os dados advindos de satélites que orbitam a Terra podem imagear praticamente todo o planeta e, a depender da sua resolução temporal (tempo de revisita a uma mesma área) (FLORENZANO, 2011), podem inclusive entregar imagens diárias da Terra. Sendo que uma dessas fontes de dados de precipitação provenientes do sensoriamento remoto é o CHIRPS (*Climate Hazards Center Infrared Precipitation with Station*), que nada mais é do que um agregado de dados de precipitação provenientes das mais diversas fontes, tais como: CHPClim - *The Climate Hazards Group's Precipitation Climatology*; NOAA - Observações de satélites com espectroscopia de infravermelho termal (Thermal Infrared, TIR), geoestacionárias quase globais da *National Oceanic and Atmospheric Administration*; CPC - Centro de Previsão Climática; NCDC - *National Climatic Data Center*; TRMM - *Tropical Rainfall Measuring Mission*; GPM - *Global Precipitation Measurement*; e produtos de estações meteorológicas de superfície e serviços regionais para fazer a estimativa da precipitação (COSTA *et al.* 2019; LIMA JÚNIOR *et al.* 2023; ULIANA *et al.* 2024).

O CHIRPS foi desenvolvido por pesquisadores ligados ao EROS (*Earth Resources Observation and Science*) e ao USGS (*United States Geological Survey*), disponibilizando assim dados desde 1981 (Lemos *et al.* 2021). Em relação a sua resolução espacial, cada pixel da imagem proveniente do CHIRPS possui 5.566 metros (cerca de 0,05°), além disso ele cobre cerca de 50° de latitude norte a 50° de latitude sul da superfície terrestre (COSTA *et al.* 2019; DOS SANTOS *et al.* 2019; LIMA JÚNIOR *et al.* 2023). Isto posto, o objetivo deste trabalho é fazer uma avaliação da precipitação no estado da Bahia, no período de 1981 e 2023 a partir de imagens históricas do satélite CHIRPS utilizando o IAC.

Justificamos tal empresa não só pela importância do estudo, bem como o ineditismo deste trabalho em relação à aplicação dessa metodologia para o Estado da Bahia, mas, também, pelo fato de diversos autores terem utilizado a IAC no cenário brasileiro, como por exemplo: Araújo *et al.* (2007) se propuseram a investigar como a variabilidade climática afeta a precipitação da bacia do rio Paraíba através do IAC; Sanches *et al.* (2014) propuseram a variabilidade interanual das chuvas no município de Alegrete entre os anos de 1928 a 2009 através do IAC; Lemos *et al.* (2021) calcularam o índice de anomalias de chuvas (IAC) no ano de 2020 para todo o Brasil através da plataforma de computação em nuvem Google Earth Engine (GEE) e usando dados de dois satélites: o CHIRPS e o IMERG (*Integrated Multi-satellitE Retrievals for Global Precipitation Measurement*); e Silva *et al.* (2024) aplicaram o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) no município de Juazeiro do Norte (CE), além de procurar relacionar esses resultados com o ENOS (El Niño Oscilação Sul) e a TSM (Temperatura de Superfície do Mar).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caminhos metodológicos do IAC

Também chamado de Índice de Anomalia de Precipitação (LEMOS *et al.* 2021), o IAC, tendo sido desenvolvido por Rooy em 1965 (ARAÚJO *et al.* 2007), têm sido gerado nos trabalhos que se utilizam desta metodologia aqui no Brasil, no geral, a partir dos dados de precipitação obtidos através de estações pluviométricas. Por exemplo: Araújo *et al.* (2007) se valeram de dados de precipitação mensal de 58 localidades distribuídas ao longo das quatro sub-bacias do rio Paraíba, sendo que esses dados foram obtidos através da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA), com um período acima de 30 anos de dados; Sanches *et al.* (2014) usaram os dados pluviométricos diários por meio da plataforma HidroWeb da ANA para analisar a variabilidade interanual das chuvas no município de Alegrete entre os anos de 1928 a 2009; e Silva *et al.* (2024) utilizaram os dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) correspondente a série histórica de 1991 a 2021, tendo sido eles organizados e tabulados no software Excel. No entanto, quando olhamos para o trabalho de Lemos *et al.* (2021), vemos uma mudança metodológica em relação a como esses trabalhos têm sido feitos, já que esses autores calcularam o IAC no ano de 2020 para todo o Brasil através da plataforma de computação em nuvem GEE e usando dados de dois satélites: o CHIRPS e o IMERG (Integrated Multi-satellitE Retrievals for Global Precipitation Measurement).

A avaliação da anomalia de precipitação feita conforme a metodologia proposta por Lemos *et al.* (2021), é feita a partir do processo conhecido como álgebra de mapas – já que são usados dados oriundos do sensoriamento remoto orbital. De acordo com Barbosa (1997), por “álgebra de mapas” se entende o conjunto de operadores (ou operações matemáticas) que manipulam campos geográficos (quer eles sejam imagens, mapas temáticos e/ou modelos numéricos de terreno) nos trabalhos de geoprocessamento e sensoriamento remoto. A álgebra de mapas para o cálculo da IAC consistiu em subtrair a média histórica do último ano considerado (2023) menos a média histórica de todo o período estudado (1981-2023), para que então esse resultado seja dividido pela própria média histórica e, por fim, para que os dados sejam dados em percentuais, o resultado é multiplicado por 100. A Figura 1 traz o print do script presente no GEE que mostra a expressão matemática utilizada para o cálculo do IAC (sendo que ele será explicado com mais detalhes na seção seguinte). Por “var” estamos nos referindo a variável, isto é, uma chamada por meio do qual os dados serão armazenados, já “expressao” é a variável em si (escrita desta maneira porque é uma boa prática do mundo da programação não colocar acentos ou caracteres especiais no nome das variáveis) e os caracteres em vermelho são chamados de “string”, que é o dado do tipo texto nas linguagens de programação. Sendo que a chave para se interpretar os resultados obtidos pela anomalia da precipitação é a seguinte: os valores positivos são as áreas com os maiores volumes precipitados em relação à média histórica, já os valores negativos são aqueles referentes às áreas com a maior redução do volume precipitado em relação à média histórica.

Figura 1: Trecho do script com a expressão matemática utilizada para o cálculo da IAC.

$$\text{var expressao} = \frac{(\text{Prec2023} - \text{PrecHist})}{\text{PrecHist}} * 100$$

Fonte: Os autores (2025).

Isto posto, o presente artigo se valeu da metodologia presente no trabalho de Lemos *et al.* (2021) e que será explicada, pormenorizadamente, adiante. Ressaltamos que não utilizamos o IMERG, o TRMM ou outro dado de precipitação da base de dados do GEE porque o conjunto de dados do CHIRPS é aquele que possui a mais longa série de dados: desde 1º de janeiro de 1981 até o presente. Quanto à escolha dos anos de 1981 a 2023, esse período temporal se deu justamente por abarcar o maior período de dados possível, além disso, como os resultados do presente artigo foram gerados no final do ano de 2024, escolhemos o ano de 2023 por já termos os dados completos

para um ano inteiro. O que também coincidiu à época da redação do resumo simples que, posteriormente, foi apresentado no III Seminário Águas, Soberania Alimentar e Justiça Espacial no Brasil: Emergências Climáticas, apresentado no Instituto de Geociências (IGEO), da Universidade Federal da Bahia (UFBA), no início de 2025, do qual este artigo é fruto.

2.2 Uso do Google Earth Engine

Tal como no trabalho de Lemos *et al.* (2021), tanto a busca e o processamento dos dados do CHIRPS para a geração do IAC, foram feitos inteiramente na plataforma de computação em nuvem GEE. Júnior (2018) destaca que pela plataforma dispor de imagens já pré-processadas, além de um conjunto algoritmos para filtragem e seleção das mesmas, bem como a própria possibilidade de se criarem novos algoritmos nela, o GEE favorece grandemente a evolução do conhecimento, visualização e disponibilização rápida dos resultados. Costa *et al.* (2023) também destacam o atrativo que o GEE oferece ao, inclusive, permitir a criação de SIGs (Sistemas de Informação Geográfica) web na própria plataforma, o que acaba por unir tanto a população local e os órgãos públicos na busca por informações sobre os recursos hídricos de sua região sem que haja a necessidade de visita de campo.

No dataset do GEE foram buscados os seguintes dados: a coleção de vetores dos Estados (ou unidades administrativas) de todos os países do mundo através da coleção de feições da Global Administrative Unit Layers (GAUL) - sendo um projeto da Food and Agriculture Organization (FAO) - e também a coleção de imagens da série PENTAD (dados a cada 5 horas) do CHIRPS. O dataset do GEE funciona como uma grande base de dados contendo as mais diversas fontes de satélites e dados vetoriais. Os links correspondentes a esses dados foram copiados e armazenados em variáveis no code editor (onde os scripts - as linhas de código - são digitados e rodados) da plataforma. A coleção de feições da GAUL foi filtrada pelo filtro de igualdade para o Estado da Bahia a partir da seguinte expressão: `ee.Filter.eq('ADM1_NAME', 'BAHIA')`. O filtro de igualdade iguala uma coluna com o conteúdo presente na sua tabela de atributos, neste caso a coluna correspondente às regiões administrativas do mundo foi filtrada pelo nome da nossa área de estudo, gerando assim uma variável com o nome "bahia".

A coleção PENTAD do CHIRPS foi primeiramente filtrada pelo filtro de data `'filterDate()'` com quatro datas de acordo com o padrão aceito pelo GEE (isto é, datas como strings, ou textos): '1981-01-01', '1981-12-31', '2023-01-01' e '2023-12-31'. A partir disso duas novas variáveis foram criadas (pois o filtro de data necessita de uma data de início e uma data final): "chirps_historica" e "chirps_2023", sendo que nelas duas foi aplicada a média (`mean()`) e o recorte pela variável que continha a geometria da área de estudo (`clip(bahia)`). O Filtro de média realiza uma média aritmética simples dos valores das imagens (cada pixel - menor unidade de uma imagem - da imagem do CHIRPS corresponde a um valor de precipitação) e o recorte (algoritmo bem conhecido dos softwares de SIG) toma como base um molde (neste caso as imagens do CHIRPS) e gera um novo arquivo conforme a área de sobreposição escolhida (que neste caso foi a geometria da Bahia).

A etapa seguinte consistiu em criar uma variável que abrigasse a seguinte expressão do cálculo para o IAC: `'((Prec2023 - PrecHist) / PrecHist) * 100'` (Figura 1. Essa expressão foi utilizada no algoritmo `ee.Image().expression()`, que, a partir de uma dada expressão de texto realiza operações aritméticas (respeitando a ordem das operações, a precedência dos parêntesis e o reconhecimento dos números colocados) numa série de imagens, bastando apenas identificar o que os nomes na expressão significam através de um dicionário (estrutura que os dados enquanto chave e um valor, ou valores, correspondente a essa chave). Que neste caso a "Prec2023" equivaleria a variável "chirps_2023" e a "PrecHist" a variável "chirps_historica". O resultado deste procedimento foi armazenado numa variável chamada de "anomalia", que seria justamente o output (saída) deste procedimento de álgebra de mapas: uma imagem final que representa a IAC. A fim de entendermos melhor este resultado, achamos por bem reclassificar o resultado da anomalia da precipitação em 5 classes com cada uma delas contendo 24 valores. Isso foi feito novamente utilizando-se o algoritmo descrito acima, só que agora através de uma expressão que sinalizasse os valores pretendidos, as classes que eles estariam e os operadores a serem utilizados; que no nosso caso foi o "<" (menor que).

Por fim, a última etapa no GEE foi a exportação das 4 imagens (média de precipitação da Bahia em 2023, média histórica de precipitação na Bahia entre 1981 a 2023, IAC da Bahia em 2023 e IAC reclassificado) através da função `"Export.image.toDrive()"`. Essa função age exportando uma imagem para a conta do Google Drive vinculada à conta em que foi feito o login no GEE (que é obrigatoriamente uma conta do Google). Nela especificamos, dentre outras coisas, qual imagem queremos, o nome que ela terá, na pasta do Google Drive onde

ficará armazenada, o sistema de referência de coordenadas, o formato etc. Tendo as imagens chegado ao Google Drive, elas foram baixadas e importadas para o software Qgis 3.34 (2024).

2.3 Uso do Qgis

O Qgis, enquanto um software livre e de código aberto de SIG permite a realização de diversas operações de geoprocessamento junto aos arquivos vetoriais, bem como a manipulação de dados matriciais (as imagens propriamente ditas, também chamadas de rasters) e a elaboração de mapas. Antes de procedermos à elaboração dos mapas no “Layout de impressão”, utilizamos o algoritmo do GRASS (que é um software de SIG embutido no Qgis) intitulado “r.report” tomando como entrada o raster da IAC reclassificado. Tal algoritmo se encontra na Caixa de Ferramentas do Qgis e recebe este nome porque o “r.” se refere a operações com dados matriciais e o “report” é um relatório gerado a partir destes dados, que neste caso é a área dos mesmos. O “r.report” gera um arquivo “.txt” com as referidas áreas das classes, sendo a unidade de área escolhida o km². Por fim, a última etapa realizada no Qgis foi a elaboração dos 4 (quatro) mapas temáticos criados a partir das 4 imagens geradas no GEE. Os mapas aparecem na seção abaixo.

3. RESULTADOS

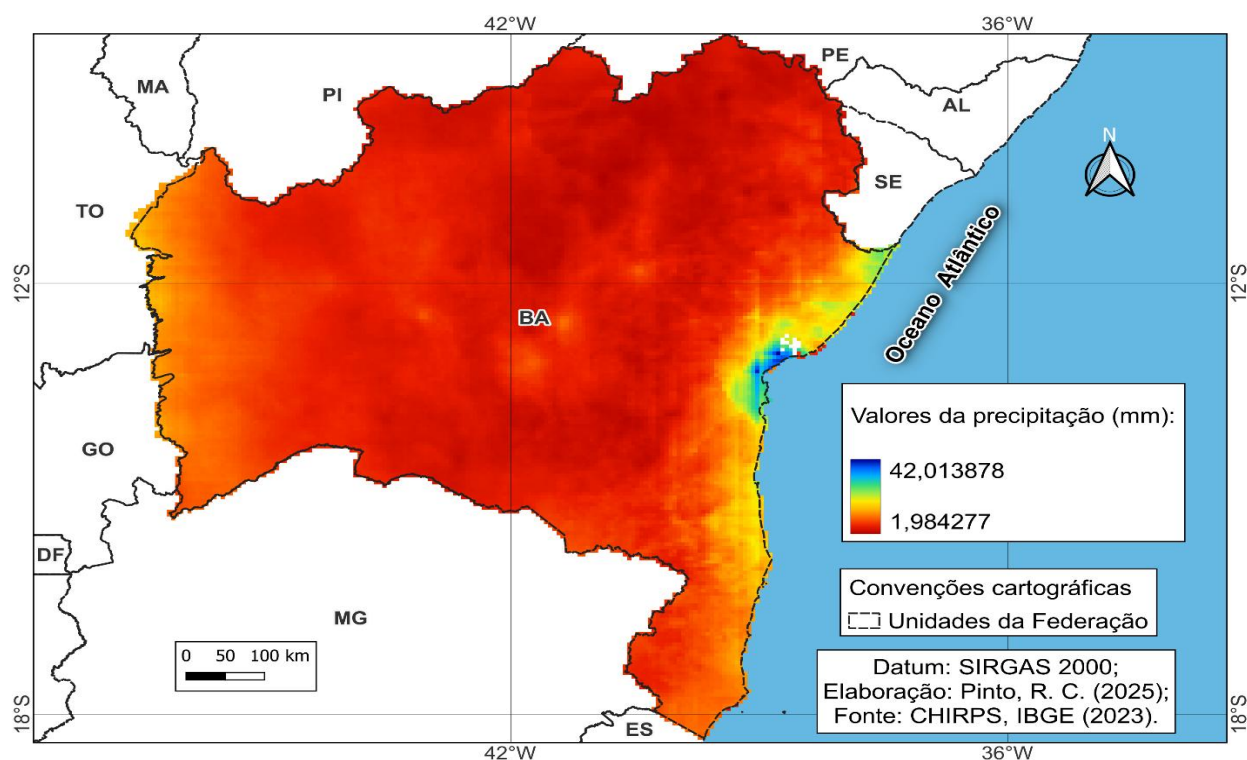
3.1 Média de precipitação em 2023

A média de precipitação para o Estado da Bahia em 2023 mostra valores indo de 1,9 a 42 mm de chuva a cada 5 horas em todo o ano de 2023. Podemos notar que a maior parte do Estado teve valores próximos a apenas 2 milímetros de chuva precipitados. Isso fica evidente nas partes centrais do Estado, como ao longo da Chapada Diamantina e na faixa semiárida. No entanto, mesmo nesses lugares de pouco volume de chuva precipitado, notam-se pequenos “bolsões” com valores de chuva entre 18 a 22 mm. A faixa correspondente ao Oeste baiano figurou também com baixos valores de precipitação, embora com eles tendo sido um pouco maiores que as porções centrais do Estado. Também se nota que foi no litoral baiano onde começamos a ter os valores médios de precipitação, a partir do município de Belmonte e seguindo ao Norte, até o município de Camamu. Porém, os maiores volumes precipitados se encontraram na Baía de Todos os Santos (BTS), especialmente, entre as ilhas de Itaparica e de Tinharé, bem como os municípios de Jaguaripe e Salinas da Margarida. Além de uma pequena porção da divisa entre Bahia e Sergipe ao longo do litoral (como no município de Conde). O mapa de precipitação média pode ser observado na Figura 2.

3.2 Média da precipitação histórica

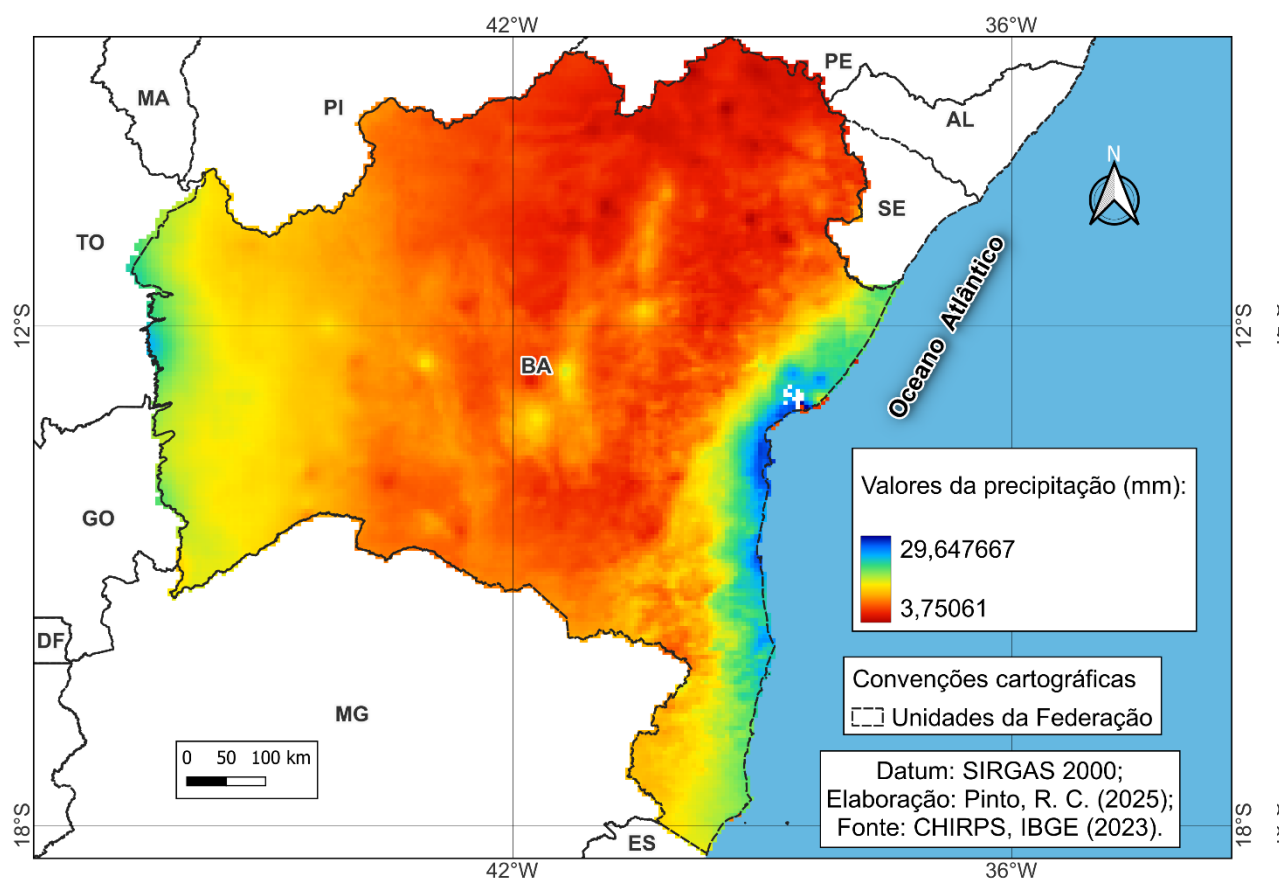
Há uma nítida diferença quando comparamos o mapa acima com o mapa da média de precipitação histórica da Bahia entre 1981 a 2023 (Figura 3). A começar pelos valores, que agora variam de 3,7 a 29,6 mm de chuva. Ou seja, a média histórica indica que houve menos chuva em relação ao ano de 2023, porém, salta aos olhos o contraste que estes dois mapas possuem: as porções centrais do Estado não tiveram tantos valores pequenos de precipitação, pelo contrário, há muito mais bolsões de valores intermediários (amarelo) do que aqueles valores de pouquíssima precipitação (vermelho). Outra grande diferença entre os dois mapas é que não só a faixa litorânea do Estado foi a mais chuvosa, mas boa parte desse volume de precipitação também adentrou o continente numa faixa que vai desde o município de Caravelas a divisa com o Estado de Sergipe. Podemos perceber que os maiores volumes precipitados agora se estendem até a Ilha de Boipeba e o município de Ilhéus. Pode-se notar também que o oeste baiano, especialmente no município de Luís Eduardo Magalhães, teve valores na casa dos 20 mm de chuva em média. Mesmo a média histórica possuindo valores máximos de precipitação menor do que a média em 2023 nota-se que os valores mínimos de precipitação são maiores do que neste ano, o que nos leva à seguinte conclusão: a média histórica de precipitação para o Estado da Bahia de 1981 a 2023 apresentou um volume de chuva mais significativo quando levamos em conta a maior quantidade de regiões no Estado com mais precipitação em relação a 2023.

Figura 2: Mapa da precipitação média da Bahia em 2023.



Fonte: CHIRPS (2025), IBGE (2023). Os autores (2025).

Figura 3: Mapa da precipitação média histórica diária (1981-2023) da Bahia.

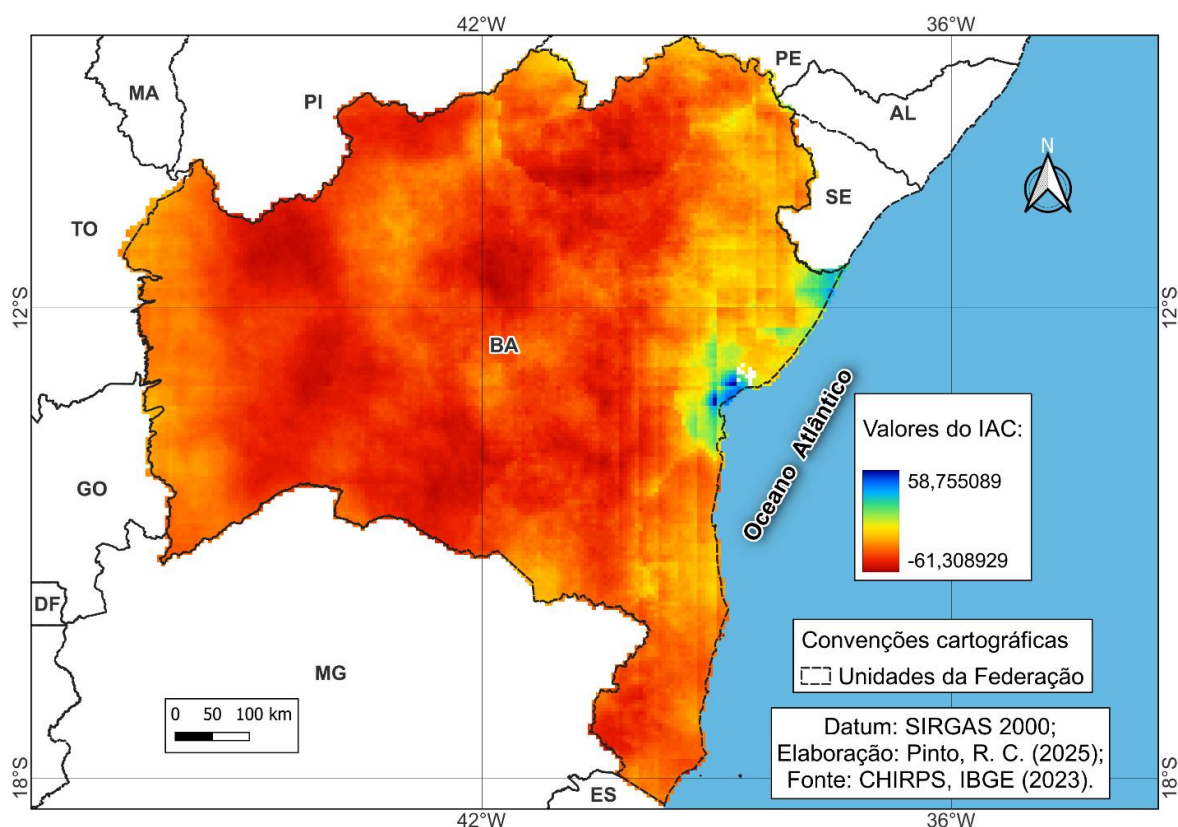


Fonte: CHIRPS (2025), IBGE (2023). Os autores (2025).

3.3 IAC para o Estado da Bahia

Conforme explicado na metodologia, a partir das duas imagens presentes nos mapas acima (Figuras 2 e 3) foi gerada a imagem correspondente ao IAC (Figura 4). Os valores da IAC variaram de -61,3 a (valor mais baixo associado à anomalia negativa) e 58,75 (valor mais alto relacionado à anomalia positiva), o que nos mostra que, em termos percentuais, os menores valores da IAC para o Estado em 2023 foram cerca de 61,3% mais baixo do que a média histórica do Estado, em contraste, os maiores valores da IAC mostram que, novamente em termos percentuais, houve uma precipitação 58,75% maior do que a média histórica. No entanto, é salutar observar pelo mapa (Figura 4) que boa parte do Estado se encontra com valores da IAC negativos, ou seja, em boa parte desses lugares houve menos precipitação do que de costume. As manchas com estes valores negativos se concentram no extremo Sul (lado Oeste, como no município de Medeiros Neto), extremo Norte (abarcando, por exemplo, o município de Juazeiro e parte da drenagem do rio São Francisco), boa parte da Chapada Diamantina e o Oeste do Estado, menos os municípios que fazem divisa com os Estados do Tocantins e Goiás (que tiveram valores do IAC quase próximos a intermediários). Em relação aos valores positivos, percebe-se que os municípios a Sudoeste da BTS tiveram as maiores médias em relação à média histórica (como o município de Jaguaripe e a Ilha de Itaparica); mas não só eles, pois na divisa entre Bahia e Sergipe (como no município de Jandaíra e adjacências) nota-se também valores acentuados.

Figura 4: Mapa do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) da Bahia em 2023.



Fonte: CHIRPS (2025), IBGE (2023). Os autores (2025).

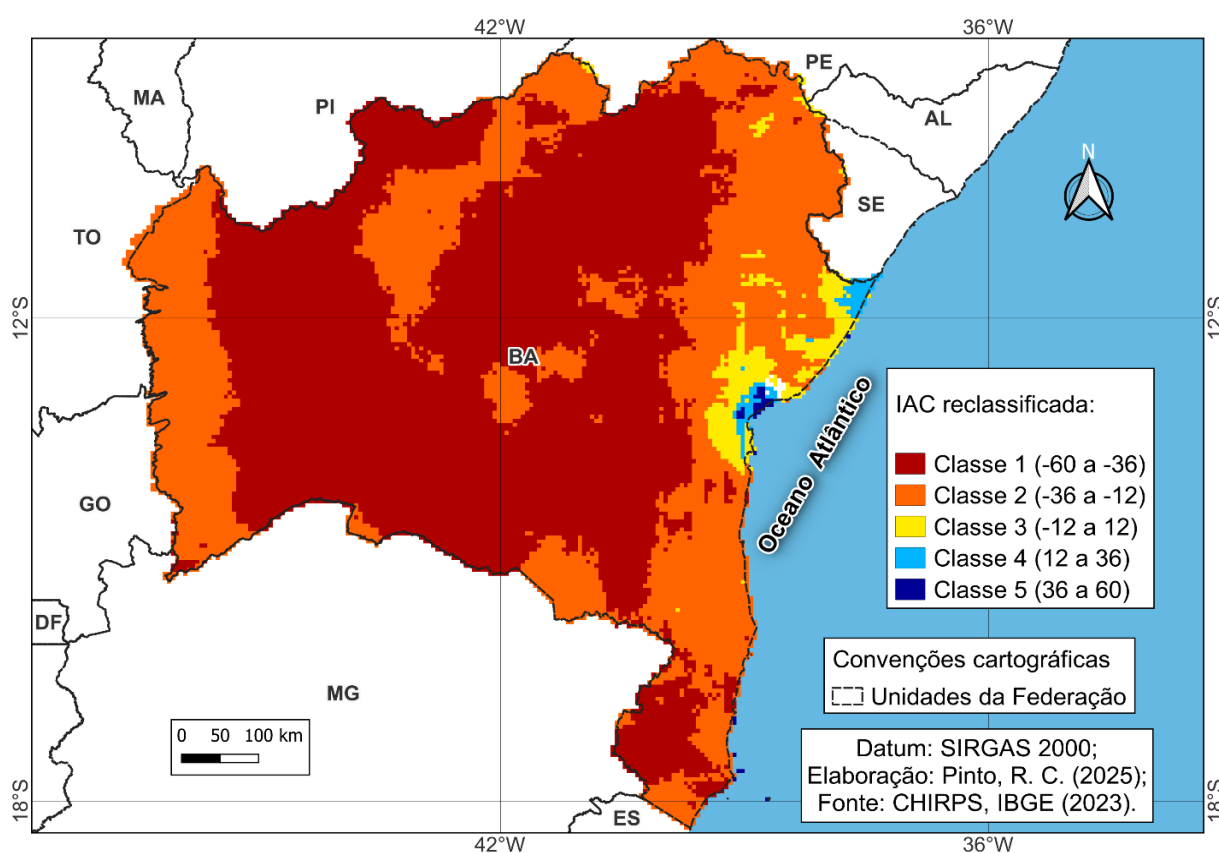
3.4 IAC para o Estado da Bahia

Além de se basearem na fórmula encontrada em Rooy (1965) para o cálculo da IAC, os trabalhos de *et al.* (2007), Sanches *et al.* (2024) e Silva *et al.* (2024) também utilizaram as faixas do IAC adotadas pelo mesmo. Esses

valores são classificados a partir de 5 faixas: de 20 abaixo como “extremamente seco”, de 20 a 40 como “seco”, de 40 a 60 como “transição de seco para úmido”, de 60 a 80 como “úmido” e de 80 acima como “extremamente úmido”. Tomando como base essa classificação, o resultado obtido da IAC (Figura 4) foi também classificado: isto é, o arquivo matricial foi reclassificado para que os valores obedecessem a uma certa lógica.

Conforme explicado na etapa metodológica, ele foi feito a partir de 5 classes: a primeira com valores menores ou iguais a -36, a segunda com valores menores que -12, a terceira com valores menores que 12, a quarta com valores menores que 36 e a quinta e última classe com valores menores ou iguais a 60, abarcando assim todos os valores da imagem que correspondia ao IAC (já que ela variava de -61 a 58). Podemos entender melhor o resultado da IAC a partir desta reclassificação, pois a mesma faz com que os dados contínuos agora fiquem categorizados em apenas 5 classes. A partir disto, podemos constatar que a imensa maior parte do Estado da Bahia (58,12 %) – especialmente as partes centrais e o lado Oeste do extremo Sul do Estado - teve precipitações bem abaixo da sua média histórica (cor vinho), sendo por isso a classe 1 classificada como “muito seco” e com uma área de 337.773 km²; seguida pela classe 2 (38,3%), podemos notar que o extremo Oeste do Estado, algumas partes centrais, juntamente com o litoral Sul e o Norte do Estado, são classificadas como “seco” (cor laranja) e tendo área de 222.687 km²; a classe 3 (cor amarela), enquanto classe intermediária, por isso o rótulo de “em transição”, apresenta uma área cerca de 13 vezes menor do que a classe 2, constando apenas 16.363 km² e com um percentual de 2,81% do total, sendo que as áreas do Estado que apresentaram esses valores se concentram, especialmente, próximas a BTS e em algumas pequenas partes no Norte e Sul do Estado; a classe 4 (ciano) se concentra, exclusivamente, na BTS e nos limites da Bahia com o Estado de Sergipe, ela possui área de 3.398 km², representa 0,59% do total e é classificada como “úmido”; por fim, a classe 5 (naval) é classificada como “muito úmido” e se concentra, exclusivamente, ao longo da BTS, ela possui uma área de 1.046 km² (322 vezes menor em comparação com a classe 5) e representa 0,18% da área total calculada. O resultado desta reclassificação pode ser visto na Figura 5.

Figura 5: Mapa do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) reclassificado.



Fonte: CHIRPS (2025), IBGE (2023). Os autores (2025).

Os dados das classes, suas respectivas áreas e o percentual que elas equivalem ao total dos climas, pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1: Tabela representativa das classes calculadas a partir do IAC.

Classe	Área (km ²)	Percentual	Valor reclassificado	Legenda
1	337.773	58,12%	-60 a -36	Muito seco
2	222.687	38,3%	-36 a -12	Seco
3	16.363	2,81%	-12 a 12	Em transição
4	3.398	0,59%	12 a 36	Úmido
5	1.046	0,18%	36 a 60	Muito úmido

Fonte: Os autores (2025).

Ao somarmos os valores da área de cada classe conforme a Tabela 1, encontramos que o Estado da Bahia teria por volta de 581.287 km² de área. No entanto, de acordo com o IBGE (IBGE [s. d.]) a área da Bahia é de 564.760 km². Ora, essa diferença de 16.527 km² se deve, dentre outros fatores, ao fato da resolução espacial do CHIRPS ser de 5.566 metros, o que não ensinaria um valor exatamente fiel à realidade no que tange ao cálculo de áreas. Porém, cabe ressaltar que o valor calculado para a área através do CHIRPS não se mostrou de todo errado, pois, ao considerarmos os valores envolvidos, o erro no cálculo da área foi pequeno. Com base nisso, nós podemos aplicar os valores das classes da Tabela 1 como valores representativos para o Estado da Bahia com um erro de 2,8%.

Por fim, cabe ressaltar que foram trabalhadas 75.336 imagens de 1981 a 2023, no entanto o processamento e visualização dos dados durou apenas 3 minutos e 16 segundos, o que mostra o incrível poder de processamento do GEE. É válido destacar que não houve a necessidade de trabalharmos com dados externos à plataforma, já que todos eles já estavam presentes no dataset da mesma, com o uso do Qgis apenas para a elaboração de mapas temáticos e o cálculo da área das classes (embora este último procedimento também seja possível de se realizar no GEE). Portanto, o GEE se configura como o futuro nas análises globais no âmbito do sensoriamento remoto.

5. CONCLUSÕES

Os valores do IAC encontrados para o Estado da Bahia em 2023 mostram que tivemos anomalias de precipitação variando entre os percentuais de -61,30 (negativa) a 58,75 (positiva). No entanto, tais valores poderiam ser enganosos se não considerássemos esses dados espacializados no território baiano através de mapas, pois os mesmos indicam claramente que a maior parte do mesmo apresentou anomalias negativas (isto é, precipitação abaixo da média histórica), sendo as anomalias positivas (ou seja, precipitação acima da média histórica) restritas a uma pequena parte do solo baiano - especificamente ao longo da BTS.

Metodologias como a IAC nos ajudam a entender os eventos extremos de precipitação (como seca severa ou chuva excessiva) numa dada área, e, ao cartografarmos esses valores, damos margem para que não só possamos compreender onde tais anomalias ocorrem, mas, também, nos munirmos de informações que são extremamente úteis para a população local, tomadores de decisão e para a academia de uma forma geral.

Ressaltamos o incrível poder de processamento do GEE, pois foram processadas 75.336 imagens históricas do CHIRPS que iam de 1981 a 2023, sendo que a visualização desses dados na própria plataforma durou apenas 3 minutos e 16 segundos. Além disso, o GEE foi de fundamental importância para gerar as 4 imagens que constam nos quatro mapas presentes neste trabalho. Ou seja, além de permitir ter acesso a uma miríade de vetores e imagens, o GEE também nos permite a geração de novas imagens com bases nesses dados primários que constam na plataforma. Logo, o GEE se configura como o futuro nas análises globais no âmbito do sensoriamento remoto.

Por fim, esperamos que os trabalhos futuros ao utilizarem essa metodologia com os dados do CHIRPS se debrucem na questão de qual coleção de imagens utilizar: a PENTAD, com dados a cada 5 horas ou a DAILY, com dados diários. Também seria salutar que os resultados gerados pelo CHIRPS pudessem ser validados com as estações pluviométricas de superfície, para vermos o quanto os dados do CHIRPS se conformam com a realidade de campo.

Agradecimentos: devem constar, de forma concisa, as informações sobre financiamento, apoios institucionais ou individuais e a declaração de conflitos de interesse. Deve-se informar claramente se a pesquisa recebeu ou não financiamento externo, utilizando a denominação oficial das agências financiadoras quando aplicável. Podem ser reconhecidos apoios técnicos, administrativos ou doações não contempladas na autoria. É obrigatória a declaração de conflitos de interesse, indicando sua inexistência ou descrevendo eventuais situações que possam influenciar o estudo, bem como esclarecer se os financiadores tiveram ou não participação no desenvolvimento, análise, redação ou decisão de publicação dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L. E.; SILVA, D. F.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 47–59, 2008. DOI: 10.51359/2238-6211.2007.228680. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228680>>. Acesso em: 17 Ago. 2025.

BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 1999. 157p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/banon/1998/05.07.15.37/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 29 Jan. 2024.

COSTA, P. L. B.; GOMES, Y. R. M.; SOUZA, C. F.; JÚNIOR, C. R. F. Mapeamento de espelhos d'água de reservatórios e suas áreas com o Sentinel-1. In: **XXV SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2023, Aracaju, SE. XXV SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRHidro - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2023. Disponível em: <<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/191/XXV-SBRH0684-1-0-20230731-191627.pdf>> Acesso em: 3 Nov. 2024.

COSTA, J. C.; PEREIRA, G.; SIQUEIRA, M. E.; DA SILVA CARDOZO, F.; DA SILVA, V. V. Validação dos dados de precipitação estimados pelo CHIRPS para o Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 24, 2019. DOI: 10.5380/abclima.v24i0.60237. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60237>>. Acesso em: 17 Ago. 2025.

DOS SANTOS, S. R. Q.; CUNHA, A. P. M. A.; RIBEIRO-NETO, G. G. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 25, 2019. DOI: 10.5380/abclima.v25i0.62018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/62018>>. Acesso em: 17 ago. 2025.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

IBGE. **Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba.html>>. Acesso em 21 Ago. 2025.

JÚNIOR, O. A. C. Aplicações e perspectivas do sensoriamento remoto para o mapeamento de áreas inundáveis. **Revista de Geografia**, [S. l.], v. 35, n. 4, p. 412–431, 2018. DOI: 10.51359/2238-6211.2018.238239. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/238239>>. Acesso em: 3 Nov. 2024.

LEMONS, F. C.; FREITAS, E. S.; ALEMIDA, C. N.; COELHO, V. H. R.; FILHO, G. M. R. Uso do Google Earth Engine para análise da anomalia da precipitação anual do Brasil em 2020 a partir de dados de precipitação de sensoriamento remoto. In: **Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2021, Belo Horizonte. XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2021. Disponível em: <<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/142/XXIV-SBRH0259-2-0-20210807-083604.pdf>> Acesso em: 4 Out. 2024.

LIMA JÚNIOR, A. F.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Avaliação do desempenho da precipitação estimada pelo CHIRPS para o Estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 363–382, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v32i19.16143. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/16143>>. Acesso em: 17 Ago. 2025.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System** (versão 3.40), 2024. Disponível em: <<https://qgis.org/download/>>.

ROOY, M.P. Van. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**. Notes. v. 14, p. 43.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 15, n. 51, p. 73–84, 2014. DOI: 10.14393/RCG155126423. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26423>>. Acesso em: 17 Ago. 2025.

SILVA, J. M. O.; LUNA, V. F.; BASTOS, F. H. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) aplicado a avaliação das precipitações anuais em Juazeiro do Norte - Ceará. **Anais do XX SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente...** Campina Grande: Realize Editora, 2024. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/118491>>. Acesso em: 17 Ago. 2025.

ULIANA, E. M.; SOUSA JUNIOR, M. F.; ARAUJO, J. A.; AIRES, U. R. V.; SILVA, D. D.; ZANUZO, M. R.; CRUZ, I. F. Validação e análise espaço-temporal de dados de precipitação obtidos por sensoriamento remoto CHIRPS para o estado de Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 35, n. 20, p. 630–654, 2024. DOI: 10.55761/abclima.v35i20.18858. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/18858>>. Acesso em: 17 Ago. 2025.