AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALMADA BA: 1961 a 2023

Ualas Souza dos Santos [1]; Rochele Sheila Vasconcelos [2]

RESUMO: A intensificação dos eventos extremos de precipitação tem gerado impactos significativos nos sistemas naturais e urbanos, especialmente em regiões suscetíveis a riscos hidrometeorológicos. Este estudo analisou o comportamento e as tendências dos índices de extremos de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA), Bahia, entre 1961 e 2023. Foram utilizados dados pluviométricos disponibilizados pela plataforma HIDRO Tools, baseados no conjunto de dados meteorológicos em grade de Xavier et al. (2022). Os índices climáticos seguiram a metodologia do *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI), permitindo avaliar alterações na intensidade, frequência e duração dos eventos de precipitação. Os resultados mostraram que os índices de precipitação total anual (PRCPTOT) e de precipitação máxima em 1 e 5 dias consecutivos (Rx1day e Rx5day) apresentaram redução em direção ao interior da bacia, porém sem significância estatística ao nível de 5% ($p > 0,05$). Em contrapartida, o índice de dias secos consecutivos (CDD) apresentou tendências positivas significativas (+0,21 a +0,41 dias/ano) em sete dos oito municípios analisados. Esses resultados evidenciam o prolongamento dos períodos de estiagem e reforçam a necessidade de ações voltadas à gestão hídrica e à adaptação aos extremos climáticos.

Palavras-Chave - ETCCDI; Variabilidade hidroclimática; Mudanças climáticas.

ABSTRACT: The intensification of extreme precipitation events has generated significant impacts on natural and urban systems, especially in regions vulnerable to hydrometeorological hazards. This study analyzed the behavior and trends of precipitation extreme indices in the Almada River Watershed (ARW), Bahia State, Brazil, from 1961 to 2023. Precipitation data were obtained from the HIDRO Tools platform, based on the gridded meteorological dataset developed by Xavier et al. (2022). The climate indices followed the methodology proposed by the *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI), allowing the assessment of changes in the intensity, frequency, and duration of precipitation events. The results showed that the annual total precipitation index (PRCPTOT) and the maximum 1-day and 5-day precipitation indices (Rx1day and Rx5day) decreased toward the inland portion of the watershed; however, these reductions were not statistically significant at the 5% level ($p > 0.05$). In contrast, the consecutive dry days index (CDD) showed significant positive trends (+0.21 to +0.41 days year^{-1}) in seven of the eight municipalities analyzed. These findings indicate a lengthening of dry periods and reinforce the need for actions aimed at water resources management and adaptation to climate extremes.

Keywords - ETCCDI; Hydroclimatic variability; Climate change.

1) Universidade Estadual de Santa Cruz. ussantos.progeo@uesc.br
2) Universidade Estadual de Santa Cruz. rsvasconcelos1@uesc.br

INTRODUÇÃO

As alterações no regime de precipitação e o aumento da frequência de eventos hidrometeorológicos extremos têm despertado crescente interesse científico devido aos impactos ambientais, sociais e econômicos associados às mudanças climáticas globais. Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), eventos extremos relacionados à precipitação tendem a se tornar mais intensos e frequentes em diversas regiões do planeta, especialmente em áreas tropicais vulneráveis às oscilações atmosféricas e às pressões antrópicas sobre o território IPCC (2021). Nesse contexto, os estudos voltados à análise da variabilidade pluviométrica e dos extremos climáticos tornam-se fundamentais para subsidiar estratégias de adaptação, mitigação e gestão dos recursos hídricos.

A precipitação pluviométrica exerce papel essencial na dinâmica das bacias hidrográficas, influenciando diretamente os processos hidrológicos, geomorfológicos e ecológicos. Alterações na intensidade, frequência e distribuição temporal das chuvas podem desencadear enchentes, enxurradas, movimentos de massa e períodos prolongados de estiagem, comprometendo tanto os sistemas naturais quanto as atividades socioeconômicas Marengo (2014). Em regiões urbanizadas e ambientalmente fragilizadas, esses impactos tendem a ser potencializados pela impermeabilização do solo, expansão urbana desordenada e redução da cobertura vegetal nativa.

No Brasil, especialmente na região Nordeste, diversos estudos têm apontado mudanças no comportamento das chuvas e no aumento da irregularidade climática, evidenciando tendências relacionadas à persistência de períodos secos e à ocorrência de eventos extremos de precipitação Siqueira *et al.* (2024). Para a avaliação dessas alterações, os índices propostos pelo Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) têm sido amplamente utilizados em estudos climáticos por possibilitarem análises padronizadas da intensidade, frequência e duração dos extremos pluviométricos em diferentes escalas espaciais e temporais Zhang e Yang (2004).

A Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA), localizada no sul do estado da Bahia, apresenta elevada relevância ambiental, econômica e social. A bacia abriga importantes remanescentes da Mata Atlântica, áreas agrícolas e centros urbanos regionais em expansão, desempenhando papel estratégico no abastecimento hídrico e no desenvolvimento socioeconômico regional Franco (2011).

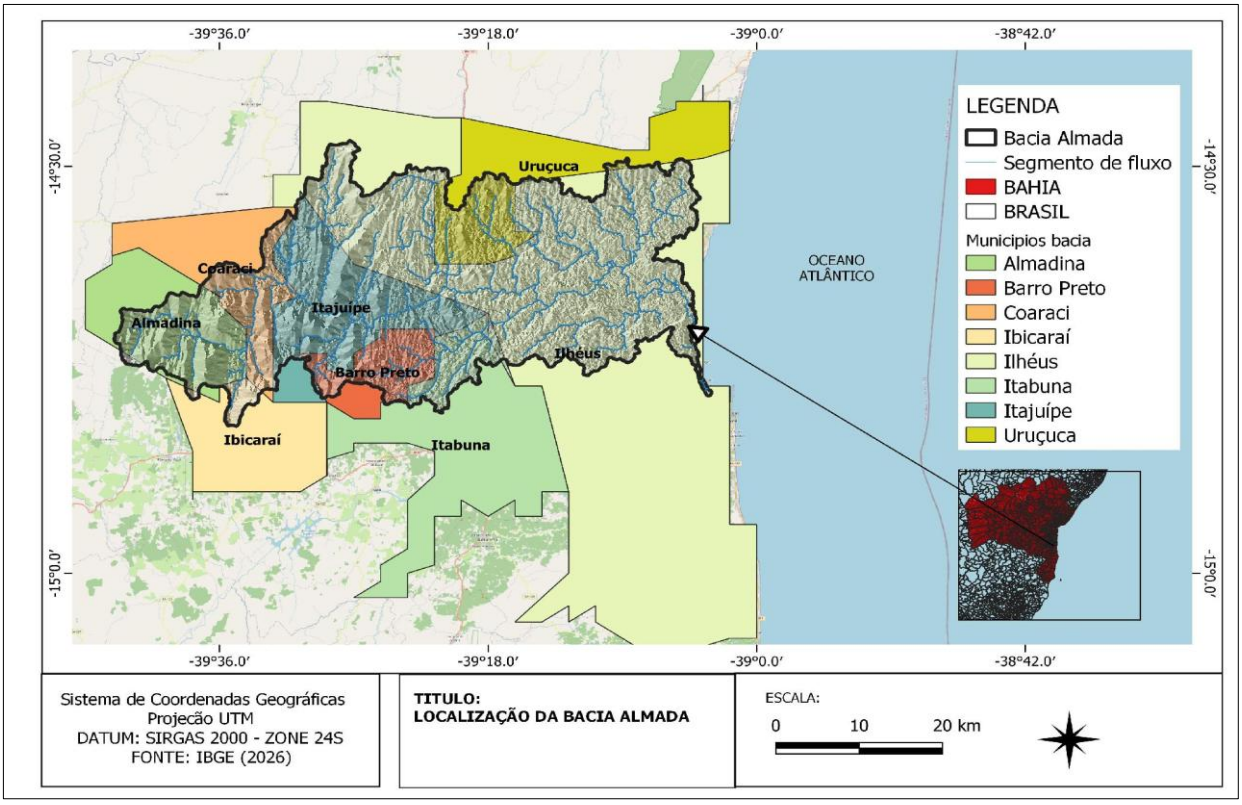
Diante do exposto, a análise quantitativa dos índices de extremos de precipitação torna-se fundamental para compreender a dinâmica hidroclimática recente da BHRA e fornecer subsídios ao planejamento territorial. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar os índices de extremos de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BA), no período de 1961 a 2023, utilizando as diretrizes do ETCCDI por meio da plataforma HIDRO Tools, baseados no conjunto de dados

meteorológicos em grade de Xavier *et al.* (2022) buscando identificar tendências pluviométricas e compreender os padrões de variabilidade hidroclimática regional ao longo das últimas décadas.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA) localiza-se no litoral sul do estado da Bahia (Figura 1), inserida na região hidrográfica do Atlântico Leste, abrangendo parcialmente os municípios de Almadina, Barro Preto, Coaraci, Ibicaraí, Ilhéus, Itabuna, Itajuípe e Uruçuca. O rio Almada possui nascente na Serra do Chuchu, no município de Almadina, e deságua no Oceano Atlântico, no município de Ilhéus, percorrendo aproximadamente 138 km. A bacia apresenta área estimada em cerca de 1.570 km², desempenhando importante papel no abastecimento hídrico regional e no suporte às atividades econômicas locais Gomes *et al.* (2012).

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: Autores.

Do ponto de vista climático, a região caracteriza-se pelo predomínio do clima tropical úmido, influenciado pela atuação de sistemas atmosféricos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) e massas de ar tropicais marítimas. A precipitação apresenta distribuição irregular ao longo do ano, com maiores volumes pluviométricos concentrados

entre os meses de abril e julho, embora eventos intensos possam ocorrer em diferentes períodos, contribuindo para episódios de enchentes e movimentos de massa Franco (2011).

MATERIAIS E MÉTODOS

Seleção e análise dos dados

Os dados de precipitação utilizados neste estudo foram obtidos por meio da plataforma Climate2CSV/XHidro, ferramenta voltada à extração e processamento de séries climáticas para o Brasil. A plataforma disponibiliza dados climáticos organizados em escala municipal a partir da base descrita originalmente por Xavier *et al.* (2022) e posteriormente atualizada pelos mantenedores da base, abrangendo o período de 1961 a 2023.

Foram selecionados os municípios inseridos na área de abrangência da Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA), distribuídos nos diferentes setores da bacia hidrográfica. A escolha dos municípios considerou sua representatividade espacial e a disponibilidade contínua das séries históricas de precipitação ao longo do período analisado.

O recorte temporal compreendido entre 1961 e 2023 foi definido em função da disponibilidade contínua dos registros climáticos disponibilizados pela base Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD), permitindo a análise da variabilidade pluviométrica em escala de longo prazo.

Índices de extremos climáticos

Os índices de extremos climáticos foram calculados a partir das séries históricas diárias de precipitação obtidas na plataforma Climate2CSV/XHidro, utilizando o software RClimDex, desenvolvido por Zhang e Yang (2004), em ambiente R/RStudio. O RClimDex implementa a metodologia do Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI), permitindo o cálculo padronizado de índices de extremos climáticos amplamente empregados em estudos de variabilidade e mudanças climáticas.

Além do cálculo dos índices climáticos, o RClimDex fornece parâmetros estatísticos associados às tendências temporais, incluindo o coeficiente angular da regressão linear (β_1), estimado pelo método dos mínimos quadrados, o valor de significância estatística (p) obtido pelo teste F (Fisher), o coeficiente de determinação (R^2), o erro padrão da estimativa e gráficos das séries anuais (ZHANG; YANG, 2004).

Os coeficientes de tendência apresentados neste estudo correspondem ao coeficiente angular da regressão linear ajustada às séries anuais de cada índice climático, representando a taxa média anual de variação ao longo do período de 1961 a 2023. Foram consideradas estatisticamente significativas

as tendências com p < 0,05, conforme os critérios adotados por Zhang e Yang (2004) e empregados por Siqueira et al. (2024).

A metodologia proposta pelo ETCCDI constitui uma das abordagens mais amplamente utilizadas para o monitoramento e a detecção de mudanças em eventos climáticos extremos, permitindo análises padronizadas e comparáveis em diferentes regiões do mundo. Os índices contemplam métricas relacionadas à intensidade, frequência e duração dos eventos extremos de precipitação, sendo amplamente empregados em estudos de variabilidade climática e mudanças climáticas Zhang e Yang (2004), Alexander *et al*. (2006), WMO (2009).

Quadro 1 - Índices de extremos de precipitação utilizados no estudo, conforme a metodologia do ETCCDI

Nome do índice	Equação	ID	Definição	Unidade
Percentil				
Dias muito úmidos	$R95p_j = \sum_{w=1}^{w} RR_{wj}$	R95p	Quantidade de dias chuvosos $(w), onde\ w \geq 1mm$ em um período j em que $RR_{wj} > RR_{wn}95$	mm
Dias extremamente úmidos	$R99p_j = \sum_{w=1}^{w} RR_{wj}$	R99p	Quantidade de dias chuvosos $(w), onde\ w \geq 1mm$ em um período j em que $RR_{wj} > RR_{wn}99$	mm
Limiares				
Número de dias com precipitação de um dia superior a 10 mm	$RR_{ij} \geq 10mm$	R10	Contagem anual de dias com: precipitação $(RR_{ij}) \geq 10mm$	dias
Número de dias com precipitação de um dia superior a 20 mm	$RR_{ij} \geq 20mm$	R20	Contagem anual de dias com: precipitação $(RR_{ij}) \geq 20mm$	dias
Número de dias com precipitação de um dia superior a nn mm (definido pelo usuário)	$RR_{ij} \geq R_{nn}$	Rnn	Contagem anual de dias com: precipitação $(RR_{ij}) \geq R_{nn}$	dias
Absoluto				
Quantidade máxima de precipitação em um dia no ano	$Rx1day_j = \max(RR_{kj})$	Rx1day	Máximo anual de precipitação em 1 dia	mm
Quantidade máxima de precipitação em cinco dias consecutivos no ano	$Rx5day_j = \max(RR_{kj})$	Rx5day	Máximo anual de precipitação em 5 dias consecutivos	mm
Duração				
Dias consecutivos secos	$RR_{ij} < 1mm$	CDD	Número máximo de dias consecutivos, onde $RR \geq 1mm$	dias
Dias consecutivos úmidos	$RR_{ij} > 1mm$	CWD	Número máximo de dias consecutivos, onde $RR \geq 1mm$	dias
Outros				
Precipitação total anual em dias úmidos	$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^{I} RR_{ij}$	PRCPTOT	Precipitação total anual, onde $RR \geq 1mm$	mm
Índice simples de intensidade diária	$SDII_j = \frac{\sum_{w=1}^{W} RR_{wj}}{W}$	SDII	Precipitação total anual dividida pelo número de dias úmidos, onde $RR \geq 1mm$	$mm.dia^{-1}$

Fonte: Adaptado de Zhang e Yang (2004) e WMO (2009).

Esses índices possibilitam avaliar alterações nos padrões pluviométricos ao longo do tempo, contribuindo para a identificação de tendências relacionadas ao aumento da intensidade das chuvas, à ocorrência de eventos extremos e à persistência de períodos secos, aspectos fundamentais para a compreensão da dinâmica hidroclimática da BHRA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tendências e os valores médios históricos dos índices extremos de precipitação pluvial para os municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA), no período de 1961 a 2023, são apresentados na (Tabela 1).

Os valores externos exibem a base climatológica de referência de cada localidade, estando grafados em negrito aqueles que alcançaram significância estatística ao nível de 5% ($p < 0,05$). Os valores entre parênteses representam os coeficientes de tendência anual dos índices climáticos analisados.

Tabela 1 - Médias históricas e coeficientes de tendências anual dos índices extremos de precipitação pluvial nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA), no período 1961 a 2023

Município	PRCPTOT	Rx1day	Rx5day	SDII	CDD	CWD	R10mm	R20mm
Almadina	1201,1 (-3,95)	47,2 (-0,08)	107,6 (-0,25)	5,8 (-0,00)	16,8 (**+0,38**)	16,6 (-0,19)	32,4 (-0,12)	8,8 (-0,04)
Barro Preto	1358,1 (-2,84)	50,0 (-0,06)	115,0 (-0,20)	6,3 (-0,00)	14,9 (**+0,30**)	18,3 (-0,14)	38,1 (-0,08)	10,1 (-0,03)
Coaraci	1204,0 (-4,12)	46,0 (-0,09)	106,6 (-0,28)	5,8 (-0,01)	16,7 (**+0,41**)	17,2 (-0,21)	32,6 (-0,13)	8,5 (-0,05)
Ibicaraí	1218,5 (-3,48)	46,7 (-0,08)	109,3 (-0,22)	5,9 (-0,00)	16,6 (**+0,34**)	16,9 (-0,17)	33,1 (-0,10)	9,0 (-0,04)
Ilhéus	1449,4 (+0,85)	49,3 (+0,01)	117,8 (+0,05)	6,4 (+0,00)	13,9 (+0,12)	19,8 (+0,05)	40,7 (+0,02)	11,0 (+0,01)
Itabuna	1297,7 (-1,92)	49,6 (-0,05)	114,4 (-0,11)	6,2 (-0,00)	17,0 (**+0,26**)	17,6 (-0,09)	34,7 (-0,05)	9,9 (-0,02)
Itajuípe	1319,3 (-2,15)	49,2 (-0,05)	114,4 (-0,13)	6,2 (-0,00)	16,3 (**+0,29**)	17,8 (-0,11)	35,7 (-0,06)	9,9 (-0,02)
Uruçuca	1341,8 (-1,54)	49,4 (-0,04)	114,8 (-0,10)	6,2 (-0,00)	15,6 (**+0,21**)	18,4 (-0,08)	36,5 (-0,04)	10,1 (-0,01)

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que, embora o volume total anual (*PRCPTOT*) e os picos de curto prazo (*Rx1day* e *Rx5day*) exibam uma redução numérica gradual na direção do interior da bacia (com taxas negativas mais expressivas em Coaraci e Almadina), estas tendências de perda de volume não demonstraram significância estatística. Por outro lado, o índice de dias secos consecutivos (*CDD*) revelou-se o único parâmetro com ampla significância estatística na BHRA, com tendências positivas (**+0,21** a **+0,41** dias/ano) em 7 dos 8 municípios avaliados, indicando o prolongamento sistemático dos períodos de estiagem no ecossistema regional.

A variabilidade espacial verificada nos parâmetros quantitativos e de frequência reflete de forma nítida o forte gradiente espacial da precipitação na bacia, que se estende desde a sua cabeceira e alto curso nas porções mais continentais do interior até o seu baixo curso e foz na planície costeira e litorânea do Atlântico.

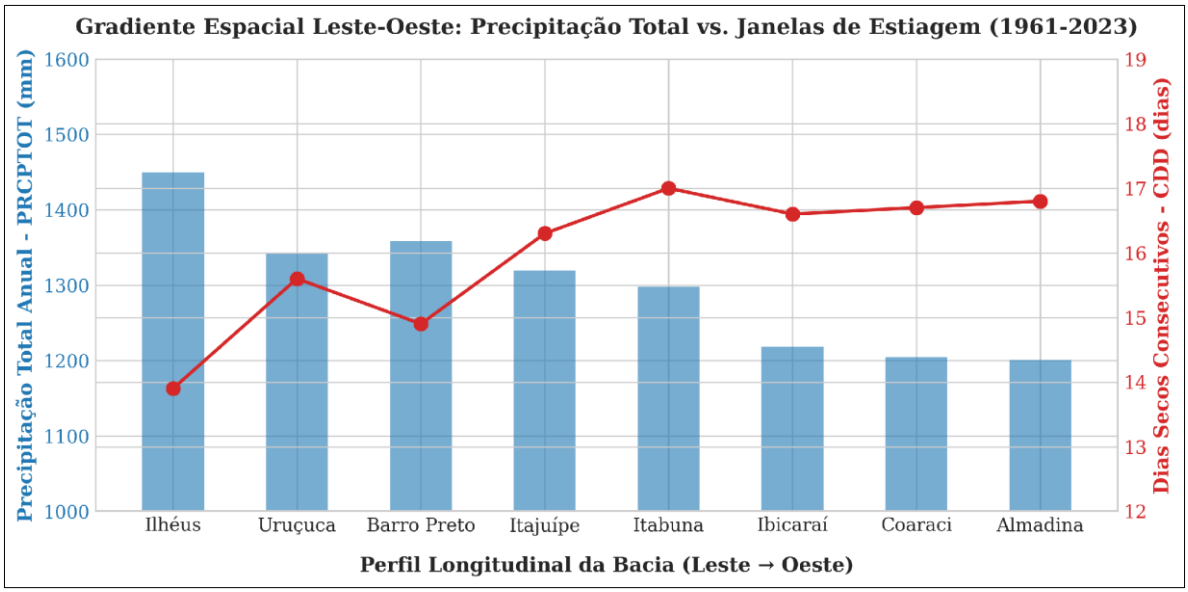
Analisando os índices de extremos de curto prazo relacionados à intensidade de precipitação máxima diária e concentrada (Rx1day e Rx5day), observa-se uma homogeneidade espacial nos volumes críticos acumulados na bacia. O índice Rx1day variou de um mínimo de 46,0 mm em Coaraci até um pico médio de 50,0 mm no município de Barro Preto. Padrão semelhante é verificado no volume acumulado de 5 dias (Rx5day), onde os municípios de Ilhéus (117,8 mm), Barro Preto (115,0 mm), Uruçuca (114,8 mm), Itajuípe (114,4 mm) e Itabuna (114,4 mm) exibem os maiores aportes concentrados. Essa similaridade física nos picos de chuva concentrada sugere a forte influência de sistemas meteorológicos de mesoescala associados ao transporte de umidade marítima como frentes frias estacionárias e Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), que atuam em toda a extensão da bacia hidrográfica do Rio Almada.

A precipitação média para dias com chuva ativa (≥1 mm), representada pelo índice SDII (Intensidade Diária Simples), oscilou estritamente entre 5,8 mm/dia (Coaraci) e 6,4 mm/dia (Ilhéus). O gradiente territorial do SDII demonstra um incremento gradual à medida que se aproxima do exutório da bacia no litoral (Ilhéus).

O índice de precipitação total anual (PRCPTOT) evidencia a transição pluviométrica da BHRA. O município de Ilhéus apresenta o maior acumulado histórico médio (1449,4 mm), seguido por Barro Preto (1358,1 mm), Uruçuca (1341,8 mm) e Itajuípe (1319,3 mm). A redução do volume total anual em direção ao interior e às cabeceiras é evidenciada pelos menores registros médios em Almadina (1201,1 mm), Coaraci (1204,0 mm) e Ibicaraí (1218,5 mm). Esse decréscimo quantitativo em direção ao oeste da bacia corrobora a literatura regional que aponta para o efeito de sota-vento promovido pelo relevo de serras e o distanciamento da fonte primária de umidade na atenuação dos totais pluviométricos anuais da bacia do Almada.

A associação espacial e o comportamento inversamente proporcional entre o volume total anual de chuva (PRCPTOT) e a extensão das janelas de estiagem (CDD) ao longo do perfil longitudinal da bacia estão ilustrados na Figura 2.

Figura 2 - Distribuição espacial da precipitação total anual (PRCPTOT) e o índice de dias secos consecutivos (CDD) na Bacia Hidrográfica do Rio Almada (1961-2023)



Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação aos índices de duração seca e úmida, o número de dias secos consecutivos (CDD) indicou comportamento inversamente proporcional ao volume total de chuva. Os maiores períodos de estiagem contínua (CDD) foram registrados em Itabuna (17 dias), Almadina (16,8 dias) e Coaraci (16,7 dias), enquanto Ilhéus registrou a menor janela seca contínua (13,9 dias). Em contrapartida, o número de dias úmidos consecutivos (CWD) foi marcadamente superior em Ilhéus (19,8 dias), Uruçuca (18,4 dias) e Barro Preto (18,3 dias), decrescendo para 16,6 dias em Almadina.

Os índices de frequência de dias com precipitação moderada a severa (R10mm e R20mm) seguem a tendência de decaimento do leste para o oeste. Dias com chuva ≥ 10 mm (R10mm) ocorrem com maior recorrência em Ilhéus (40,7 dias) e Barro Preto (38,1 dias), contrapondo-se aos índices de Almadina (32,4 dias) e Coaraci (32,6 dias). Para eventos com limiar ≥ 20 mm (R20mm), Ilhéus computa 11 dias anuais em média, ao passo que Coaraci registra apenas 8,5 dias.

Essa distribuição espacial consolidada serve como diagnóstico de referência essencial para subsidiar modelos de balanço hídrico estacionais, gestão de riscos de inundações em áreas urbanas adensadas (visto que os rios da bacia cortam importantes polos urbanos e rodoviários regionais) e planejamento agroflorestal do cacau sob o sistema "cabruca" nas sub-bacias formadoras do Rio Almada.

Os resultados obtidos para a BHRA corroboram parcialmente os achados de Siqueira et al. (2024) para a região do MATOPIBA, onde os autores identificaram predominância de tendências significativas nos índices relacionados à persistência de períodos secos, enquanto parte dos índices

de precipitação total e extrema não apresentou significância estatística. De forma semelhante, na BHRA o índice CDD apresentou tendências positivas significativas, ao passo que PRCPTOT, Rx1day e Rx5day não evidenciaram tendências estatisticamente significativas.

Os padrões observados também são consistentes com as análises e projeções apresentadas pelo IPCC (2021) e por Marengo (2014), que apontam para o aumento da irregularidade climática e da ocorrência de eventos hidrológicos extremos em diferentes regiões do Brasil. Nesse contexto, a ampliação das sequências de dias secos consecutivos observada na BHRA pode representar um importante fator de vulnerabilidade para os recursos hídricos e para atividades econômicas dependentes da regularidade das chuvas, como a cacauicultura desenvolvida sob o sistema cabruca.

CONCLUSÕES

A análise dos índices de extremos de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA) entre 1961 e 2023 permitiu caracterizar a variabilidade hidroclimática regional e identificar tendências estruturais na dinâmica pluvial da região.

Os resultados confirmam um nítido gradiente espacial Leste-Oeste. O baixo curso e a região litorânea (Ilhéus) concentram os maiores volumes totais anuais (PRCPTOT) e as maiores frequências de dias chuvosos (CWD, R10mm e R20mm), impulsionados pelo suprimento contínuo de umidade oceânica. Em contrapartida, as porções continentais a oeste (médio e alto curso, como Almadina e Coaraci) apresentam atenuação natural desses totais pluviométricos decorrente do distanciamento do litoral e do efeito de sota-vento promovido pelo relevo.

Embora os volumes totais e os picos de chuva concentrada de curto prazo (Rx1day e Rx5day) indiquem um declínio numérico em direção ao interior, tais tendências de redução volumétrica não possuem significância estatística ao nível de 5% ($p > 0,05$). Por outro lado, o índice de dias secos consecutivos (CDD) revelou-se o único parâmetro com ampla significância estatística na bacia, com taxas de aumento em sete dos oito municípios avaliados, o que indica o prolongamento sistemático dos períodos de estiagem nas últimas seis décadas.

Essa alteração na estrutura temporal das chuvas caracterizada pela persistência de janelas secas mais longas sem redução estatisticamente significativa no volume anual total indica um cenário de crescente irregularidade climática. Essa dinâmica amplia a vulnerabilidade socioambiental da BHRA, gerando pressões diretas sobre o planejamento agroflorestal (especialmente a cacauicultura no sistema cabruca) e desafiando a gestão dos recursos hídricos para o abastecimento público urbano.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, L. V. et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, Washington, DC, v. 111, n. D5, p. 1-22, 2006.

FRANCO, G. B. Diagnóstico ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BA). **Geografia (Londrina)**, v. 20, n. 3, p. 71-94, 2011.

GOMES, R. L. et al. Aspectos físicos ambientais e de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Almada - BA. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 45-57, 2012. *(Nota: Corrigido o volume de 3 para 30, que corresponde ao ano de 2012 da revista).*

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

MARENGO, J. A. O futuro clima do Brasil: tendências em extremos climáticos e seus impactos em recursos hídricos. **Revista USP**, São Paulo, n. 103, p. 25-36, 2014.

SIQUEIRA, M. S.; SILVA, M. T.; BRITO, J. I. B.; BRAGA, C. C.; SOUZA, A. C.; SOUSA, W. G. Índices climáticos extremos de precipitação pluvial e temperatura do ar na região do MATOPIBA-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 1, p. 446–464, 2024. DOI: 10.26848/rbgf.v17.1.p446-464.

WMO. World Meteorological Organization. **Guidelines on Analysis of Extremes in a Changing Climate in Support of Informed Decisions for Adaptation**. Climate Data and Monitoring WCDMP-No. 72. Geneva: WMO, 2009.

XAVIER, A. C.; SCANLON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 16, p. 8390–8404, 2022. DOI: 10.1002/joc.7731.

ZHANG, X.; YANG, F. **RClimDex (1.0) User Manual**. Downsview: Climate Research Branch, Environment Canada, 2004. Disponível em: http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI. Acesso em: 25 maio 2026.