

Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Nordeste do Brasil: tendências e variabilidade (1970-2020)

Precipitation in the Cachoeira River Basin (Northeastern Brazil): trends and variability (1970-2020)

Jamille Evangelista Alves¹  | Thiago dos Santos Gonçalves¹  | Sérgio Augusto de Moraes Nascimento¹ 

¹Universidade Federal da Bahia. Salvador, Bahia, Brasil

Resumo: Este estudo tem como objetivo identificar tendências e variabilidade pluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, região Nordeste do Brasil. Os dados utilizados compreendem séries históricas de precipitações totais mensais de seis estações pluviométricas para o período de 1970 a 2020 (51 anos) obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Os testes de *Mann-Kendall*, *Spearman's Rho* e *Sen's slope* foram aplicados de maneira satisfatória, permitindo a identificação de tendências significativas e magnitude da precipitação. A análise mostrou que tendências estatisticamente não significativas prevalecem na área. Contudo, foi identificada expressiva tendência negativa na região Centro-Oeste em duas estações pluviométricas que caracterizam redução em torno de 300 mm de chuva no período estudado. Períodos com extremos de seca/umidade foram reconhecidos e comparados com as fases do *El Niño* Oscilação Sul (ENOS), em que se identificou que 62,5% dos eventos de seca e 42,9% dos eventos chuvosos podem ser relacionados com os fenômenos *El Niño/La Niña*, respectivamente. Com o coeficiente de variação, foi reconhecida baixa variabilidade da precipitação na porção leste e elevada variabilidade na parte oeste da área. Os resultados obtidos podem ser utilizados como referência para a gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Estatística não paramétrica. Hidrologia de bacias hidrográficas. *Mann-Kendall*. *Spearman's Rho*.

Abstract: This study aims to identify annual and seasonal rainfall trends and variability in the Cachoeira River Basin, State of Bahia (Northeastern Brazil). The data used comprise historical series of total monthly rainfall from six rain stations for 1970-2020 (51 years) obtained from the Hydrological Information System (HidroWeb) of the Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). The Mann-Kendall, Spearman's Rho and Sen's slope tests were satisfactorily applied, allowing the identification of significant trends and magnitudes of precipitation. The analysis showed that statistically non-significant trends prevail in the area. However, a significant negative trend was identified in the central-west region at two rain stations that characterize a reduction of around 300 mm of rain in the studied period. Periods with extreme drought/humidity were recognized and compared with ENSO phases where it was identified that 62.5% of drought events and 42.9% of rainy events can be related to *El Niño/La Niña* phenomena, respectively. With the coefficient of variation, low rainfall variability was recognized in the eastern portion of the Cachoeira River Basin and high variability in the western part of the area. The results obtained can be used as a reference for the management of water resources in hydrographic basins.

Keywords: Nonparametric statistic. Watershed hydrology. Mann-Kendall test. Spearman's Rho.

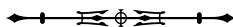
Alves, J. E., Gonçalves, T. S., & Nascimento, S. A. M. (2022). Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Nordeste do Brasil: tendências e variabilidade (1970-2020). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 17(2), 527-542. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v17i2.841>

Autora para correspondência: Jamille Evangelista Alves. Instituto de Geociências. NEHMA. Rua Barão de Jeremoabo, s/n. Campus Universitário de Ondina. Salvador, BA, Brasil. CEP 40170-020 (jami_alves@hotmail.com).

Recebido em 27/04/2022

Aprovado em 09/06/2022

Responsabilidade editorial: Milena Marília Nogueira de Andrade



INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é de grande importância na caracterização do clima de uma região (Leite et al., 2010), pois o excesso ou a escassez podem afetar as atividades econômicas, o abastecimento doméstico e industrial de água, a irrigação e a geração hidrelétrica, bem como a segurança e a qualidade dos ambientes naturais e urbanos, por meio do aumento de cheias, secas e erosão, com consequente decréscimo da qualidade da água e da diversidade dos ecossistemas (Chaves & Piau, 2008).

Pesquisas que avaliam o comportamento das precipitações são necessárias para planejamento econômico, social e ambiental, pois suas variações podem afetar significativamente a forma de ocupação humana de uma região (Guedes et al., 2019; Lira et al., 2020). A análise espaço-temporal da precipitação tem grande aplicabilidade para construção civil, dimensionamento de reservatórios de água, planejamento de atividades turísticas e esportivas e agricultura (J. Silva et al., 2003). Assim, entende-se que a variabilidade temporal e espacial das chuvas está diretamente relacionada com a disponibilidade e a gestão dos recursos hídricos (Yan et al., 2017).

A análise de tendência em série temporal, empregada para avaliar padrões de comportamento em longo prazo, pode ser aplicada em diferentes variáveis hidroclimáticas. Sua importância está relacionada com a identificação de padrões de crescimento/decrescimento no período analisado e com a implementação de planos de gestão com propósito de reduzir o estresse hídrico (Sarkar et al., 2021).

Pesquisas envolvendo análises de tendências e variabilidade de precipitação são amplamente utilizadas em diversas regiões do Brasil e do mundo (Chu et al., 2014; Yang et al., 2017; Guedes et al., 2019; Lira et al., 2020; Malik et al., 2020; Qin et al., 2020) por conta de seus efeitos sobre o ciclo hidrológico, da gestão de recursos hídricos, do meio ambiente, das atividades agrícolas e da produção de alimentos (Sarkar et al., 2021). Em escala de bacia hidrográfica, podem ser citados os trabalhos realizados na bacia do reservatório de Miyun, China (Yan et al., 2017), na

bacia do rio Limpopo, África do Sul (Mosase & Ahiablame, 2018), e na bacia do rio Adige, Itália (Mallucci et al., 2019). Esses estudos se concentraram em avaliar as variações anuais e sazonais de precipitação, temperatura e/ou vazão.

No Brasil, Zilli et al. (2017) avaliaram tendências de precipitação extremas na região Sudeste, onde identificaram que estas são influenciadas pela proximidade de grandes centros urbanos e pelas características topográficas. Na região Sul do Brasil, Guedes et al. (2019) compararam o *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) com a variação na precipitação. Enquanto que, na região Norte, Lira et al. (2020) observaram a ocorrência de mudanças significativas na tendência da precipitação, com aumento dos totais pluviométricos na ordem de 15 mm/ano.

Carvalho et al. (2020) investigaram tendências de precipitação e temperatura a partir de 45 estações distribuídas na região Nordeste do Brasil, com série temporal de, no mínimo, 30 anos. Os resultados indicaram aumentos de temperatura e reduções na precipitação anual total e no número de dias chuvosos. Souza e Nascimento (2020), em estudos realizados na região hidrográfica do Recôncavo Sul (Bahia), observaram regime homogêneo de precipitação no período entre 1985 e 2010, prevalecendo tendências não significativas.

A região da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC) apresenta problemas derivados da escassez periódica de água, que interfere no abastecimento, e consequentemente, na ocupação desordenada do solo. Nessa área, o abastecimento urbano é suprido basicamente por pontos de captação superficiais, localizados em represas (Cardoso et al., 2020; Sousa et al., 2018), enquanto, de acordo com informações disponibilizadas nas fichas de descrição dos poços tubulares, as áreas rurais e centros industriais utilizam poços tubulares. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) publicou um relatório recomendando que a região adotasse novos mananciais para abastecimento e adequasse o sistema já existente (ANA, 2010), tendo em vista que, em termos de disponibilidade hídrica, a BHRC apresenta significativas

variações espacial e temporal das vazões decorrentes dos níveis de precipitação.

Deste modo, compreende-se que informações hidrológicas são necessárias para gestão e planejamento dos recursos hídricos. Portanto, a análise da variabilidade da chuva tem sua relevância relacionada com o planejamento e a gestão dos recursos hídricos (Sarkar et al., 2021). Assim, o objetivo deste estudo é analisar tendências e variabilidade pluviométricas em período anual e sazonal na BHRC (Bahia), utilizando série temporal de precipitação para o período de 1970 a 2020. Os resultados indicarão padrões de comportamento que podem auxiliar na gestão dos recursos hídricos, viabilizando um planejamento de desenvolvimento mais adequado do que o atual para os centros urbanos e as zonas rurais.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 1) corresponde à Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC), situada na porção sul do estado da Bahia, região Nordeste do Brasil. Com área de, aproximadamente, 4.500 km², abrange dez municípios, onde vivem cerca de 600.000 habitantes.

O relevo caracteriza um fator determinante das variações pluviométricas na BHRC. A elevação gradativa do terreno, em sentido leste-oeste, constitui uma barreira orográfica em relação à unidade geomorfológica Depressão Itabuna-Itapetinga, condicionando, dessa forma, o aparecimento de diferentes zonas climáticas (Nacif, 2000). As amplitudes altimétricas são significativas. Os trechos mais baixos, situados nos vales dos rios, chegam a menos de 150 m de altitude, enquanto os mais elevados, representados pelos topos residuais formados principalmente pelas rochas do Complexo Jequié, atingem altitudes maiores de 1.000 m (Projeto RADAMBRASIL, 1999).

A precipitação apresenta consideráveis variações ao longo da área. Os totais pluviométricos anuais se subdividem, decrescendo do litoral, com cerca de

2.000 mm para o oeste, como pode ser observado nas isoietas da Figura 1. Na porção ocidental, os totais anuais decrescem para menos de 900 mm (Nacif, 2000).

O clima, de acordo com a classificação de Köppen (1948), apresenta significativa variação de leste a oeste, sendo identificados três domínios: clima tropical úmido (Af), clima de monção (Am) e clima tropical com estação seca de inverno (Aw).

Com relação à vegetação, na porção oeste e centro-norte da BHRC, as florestas decíduas e semidecíduas originais foram gradativamente devastadas e transformadas em pastagens. Ao passo que, na região centro-leste, o uso do solo está caracterizado por cultivos perenes, destacando-se o cacau, que representa a principal cultura dessa região (Projeto RADAMBRASIL, 1999). De acordo com o "Plano estratégico para revitalização da bacia do rio Cachoeira" (Secretaria do Meio Ambiente, 2017), as áreas degradadas e muito degradadas localizam-se essencialmente na porção central e oeste da bacia; em oposição, a região oriental concentra áreas pouco degradadas a conservadas.

O arcabouço geológico é formado, predominantemente, pelo complexo Itabuna, constituído por rochas granulíticas com composições tonalíticas, trondhjemíticas e/ou gábricas (Barbosa & Dominguez, 1996); pelo complexo Jequié, formado por rochas metamórficas da fácies granulito, metatexitos, diatexitos e gnaisses; e por pequenos corpos básicos e ultrabásicos intrusivos (Projeto RADAMBRASIL, 1999).

DADOS

Os dados utilizados foram obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) da ANA. Compreendem séries históricas de precipitações totais mensais de seis estações pluviométricas (Tabela 1), observadas no período de janeiro de 1970 a dezembro de 2020, totalizando 51 anos de informações hidrológicas. Esse período de dados satisfaz a recomendação mínima de 30 anos estabelecido pela *World Meteorological Organization* (WMO, 1989) para cálculos climatológicos.

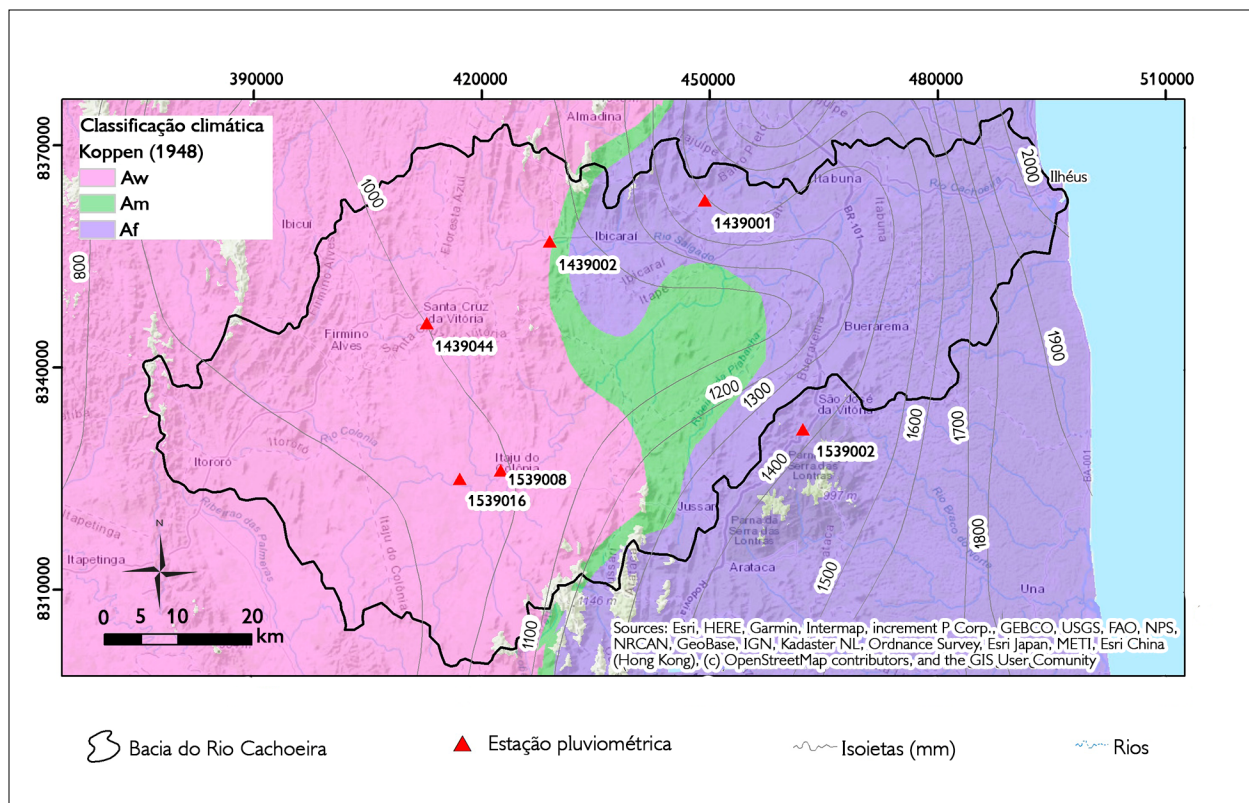


Figura 1. Mapa de localização da BHRC com as estações pluviométricas, isoietas (mm) e tipos climáticos de acordo com Köppen (1948). Mapa: Bahia (2003).

Figure 1. BHRC location map with rainfall stations, isohyets (mm) and climate types according to Köppen (1948). Map: Bahia (2003).

Tabela 1. Localização geográfica das estações pluviométricas.

Table 1. Geographic location of rainfall stations.

Código da estação pluviométrica	Nome da estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1439001	Lomanto Júnior	-14.8103	-39.4714	151
1439002	Floresta Azul	-14.8597	-39.6583	210
1439044	Santa Cruz da Vitória	-14.9589	-39.8075	243
1539002	São José	-15.0922	-39.3456	153
1539008	Itajú do Colônia	-15.1389	-39.7242	182
1539016	Fazenda Manaus	-15.1544	-39.7692	180

As estações pluviométricas selecionadas apresentaram algumas falhas (menos de 7% de dados faltantes). O preenchimento das falhas foi elaborado pelo método da regressão linear simples (Tucci, 2007).

Os totais mensais selecionados formaram o conjunto de dados de precipitação sazonal que compreende as estações primavera (setembro a novembro), verão (dezembro a fevereiro), outono (março a maio), inverno

(junho a agosto), havendo também a categoria anual (janeiro a dezembro).

PERÍODO CHUVOSO/SECO

Com os dados de média e desvio padrão, foram estabelecidas três classes para avaliação do padrão de precipitação anual:

- i. média + desvio padrão → período chuvoso;
- ii. média → período normal;
- iii. média – desvio padrão → período seco.

Em seguida, a partir de informações do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE, 2022), essas classes foram comparadas com as fases de atuação do fenômeno atmosférico-oceânico ENOS, conforme apresentado na Tabela 2.

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

Para expressar a variabilidade anual e sazonal dos dados, aplicou-se o coeficiente de variação (CV) que representa uma relação entre o desvio padrão (s) e a média (\bar{x}) do conjunto de dados, expressa em porcentagem através da equação (1):

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \quad (1)$$

Quanto menor o valor de CV, menor a variabilidade dentro de um determinado conjunto de dados e vice-versa (Sarkar et al., 2021).

ESTATÍSTICA NÃO PARAMÉTRICA

Para identificar a significância de tendência e magnitude da precipitação, foram utilizados três testes estatísticos não paramétricos nesta pesquisa: o teste de *Mann-Kendall* (Mann, 1945; Kendall, 1975), o teste de *Spearman's Rho* (Lehmann, 1975) e o método *Sen's slope* (Sen, 1968).

Esses métodos foram escolhidos porque são considerados uma boa alternativa para identificação de tendência em dados que apresentam distribuição não normal (Torres-Batló & Martí-Cardona, 2020); pela possibilidade de utilização em conjuntos de dados com elevada variância (Sarkar et al., 2021); por sua robustez (Zeileňáková et al., 2018; Qin et al., 2020); pela irrelevante influência de *outliers* (Santos et al., 2016) e por sua ampla aplicabilidade em estudos hidrológicos (Yang et al., 2017; Guedes et al., 2019; Wang et al., 2019; Lira et al., 2020; Malik et al., 2020).

O teste de Mann-Kendall (MK) é aplicado para detectar a significância de tendência nas séries históricas. Essa identificação é baseada na estatística S , segundo a equação (2):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (2)$$

Onde:

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1, & \text{se } (x_j - x_k), > 0 \\ 0, & \text{se } (x_j - x_k), = 0 \\ -1, & \text{se } (x_j - x_k), < 0 \end{cases}$$

Tabela 2. Períodos de ocorrência do *El Niño* e *La Niña* para os anos de 1968 a 2020. Fonte: adaptado de CPTEC/INPE (2022).

Table 2. Periods of *El Niño* and *La Niña* occurrence for the years 1968 to 2020. Source: adapted from CPTEC/INPE (2022).

<i>El Niño</i>			<i>La Niña</i>		
1968-1970	1972-1973	1976-1977	1970-1971	1973-1976	1983-1984
1977-1978	1979-1980	1982-1983	1984-1985	1988-1989	1995-1996
1986-1988	1990-1993	1994-1995	1998-2001	2007-2008	2010-2011
1997-1998	2002-2003	2004-2005	2017-2018	-	-
2006-2007	2009-2010	2015-2016			



Em que n é o comprimento da série temporal, x_k e x_j são $k = 1, 2, \dots, n-1$ e $j = k + 1, \dots, n$. A função $\text{sgn}(x_j - x_k)$ indica a tendência: -1, 0 e 1. Tendências crescentes têm o valor da estatística para S positivo e tendências decrescentes apresentam valores negativos. A variância de S é obtida pela equação (3):

$$\text{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (3)$$

A significância da tendência é definida a partir do cálculo do valor de Z (equação 4).

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

O nível de significância estatística adotado neste estudo é de 95% ($\alpha = 0,05$).

O teste de *Spearman's Rho* (SR) é um método estatístico baseado em classificação. Assim como o teste de MK, é aplicado para análise de tendência. Sua aplicação está baseada na possibilidade de comparação entre os resultados dos dois testes. A estatística do teste SR é definida pelas equações (5) e (6) (Guedes et al., 2019):

$$R_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (D_i - i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad (5)$$

$$\text{Rho} = R_{sp} \sqrt{\frac{n-2}{1-R_{sp}^2}} \quad (6)$$

Em que D_i é o posicionamento da informação na série temporal para i observações, i é a ordem de tempo, n é o número total de dados na série e Rho é a distribuição t de *Student* com $(n-2)$ graus de liberdade. Valores de Rho

positivos indicam aumento de tendência na série histórica dos dados e Rho negativo caracteriza tendência decrescente (Guedes et al., 2019).

A magnitude da tendência de precipitação foi desenvolvida pelo método estatístico não paramétrico *Sen's slope*, calculado pela equação (7):

$$\beta = \text{mediana} \left(\frac{x_j - x_i}{j - i} \right) \quad (7)$$

Em que β é o *Sen's slope*, x_j e x_i são os valores no tempo j e i ($j > i$). A magnitude é estimada por unidade de tempo (Torres-Batló & Martí-Cardona, 2020).

O interpolador *Inverse Distance Weighting* (IDW) foi aplicado para apresentar a distribuição espacial da magnitude de tendência para período anual de precipitação na área da BHRC no período de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Na Tabela 3, são apresentados os dados calculados pela estatística descritiva: média, mínimo, máximo e desvio padrão para os dados selecionados.

A precipitação média máxima anual é observada na estação 1439001 (1444,90 mm), na parte centro-leste da área, e a menor precipitação média ocorre na estação 1539016 (771,39 mm), localizada na porção centro-oeste da área da bacia. O desvio padrão varia entre 222,97 mm (estação 1539008) e 357,34 mm (estação 1439001). A precipitação mínima (194,80 mm) ocorreu em 1996 na estação 1539016, e a máxima (2329,48 mm) foi observada na estação 1439001 no ano de 1981.

A maior precipitação média da primavera é verificada na estação 1439001 (126,86 mm), situada na porção centro-leste da área da BHRC, e a menor precipitação média (64,94 mm) é observada na estação 1539008, localizada no centro-oeste da área. O desvio padrão (SD) variou entre 58,49 mm (estação 1539008)

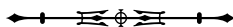
Tabela 3. Características básicas da precipitação sazonal e anual do conjunto de dados selecionados (1970-2020). Legendas: M = média; Min = mínimo; Max = máximo; SD = desvio padrão.

Table 3. Basic characteristics of seasonal and annual precipitation of the selected dataset (1970-2020). Legends: M = average; Minimum = minimum; Max = maximum; SD = standard deviation.

Parâmetros descritivos (mm)	Estações pluviométricas					
	1439001	1439002	1439044	1539002	1539008	1539016
Anual						
M	1444,90	1034,57	949,91	1421,10	796,10	771,39
Min	645,30	588,08	416,30	940,10	336,70	194,80
Max	2329,48	1478,60	1575,40	2003,50	1207,90	1616,80
SD	357,34	233,64	281,40	254,64	222,97	260,60
Primavera						
M	126,86	83,79	76,79	112,04	64,94	68,36
Min	3,30	0	0	0	0	0
Max	701,70	279,40	374,20	359,70	318,40	455,10
SD	89,92	58,99	64,00	75,09	58,49	71,62
Verão						
M	129,47	95,15	94,48	136,59	88,73	90,34
Min	12,90	0	0	0	0	0
Max	603,90	576,20	508,70	521,20	489,00	373,50
SD	90,01	75,84	85,24	88,99	76,94	77,42
Outono						
M	114,69	91,33	86,4	122,32	74,76	72,06
Min	5,40	0	1,90	0	3,00	0
Max	314,20	345,60	420,50	508,40	382,00	369,60
SD	58,31	56,78	68,25	69,61	60,66	60,06
Inverno						
M	110,61	74,59	58,96	102,74	36,94	32,97
Min	2,70	6,50	0,80	7,80	0	0
Max	644,00	188,50	162,05	288,40	137,90	127,40
SD	74,53	37,77	34,68	56,58	24,61	24,98

e 89,92 mm (estação 1439001). A precipitação máxima de primavera (701,70 mm) foi registrada na estação 1439001 e ocorreu em novembro de 1989. A precipitação mínima de zero milímetro foi registrada em cinco estações (1439002, 1439044, 1539002, 1539008, 1539016) nos trimestres de primavera e de verão.

O verão representa o período com maiores índices de chuva, com máximo de precipitação média encontrado na estação 1539002 (136,59 mm), seguido da estação 1439001 (129,47 mm); e mínimo de precipitação média na estação 1539008 (88,73 mm). Os valores do desvio padrão encontram-se no intervalo entre 75,84 mm



(estação 1439002) e 90,01 mm (estação 1439001). A precipitação máxima de verão (603,90 mm) foi observada na estação 1439001 em janeiro de 2007.

A precipitação média de outono apresenta valores de 122,32 mm (estação 1539002) a 72,06 mm (estação 1539016). O desvio padrão está entre 56,78 mm (estação 1439002) e 69,61 mm (estação 1539002). A precipitação mínima de outono variou de 0 mm (1439002, 1539002, 1539016) a 5,40 mm (1439001). O máximo de precipitação (508,40 mm) ocorreu em março de 1997.

No trimestre de inverno, foi observada a maior precipitação média na estação 1439001 (110,61 mm), e menor precipitação média na estação 1539016 (32,97 mm). O desvio padrão apresentou valores entre 24,61 mm (estação 1539008) e 74,53 mm (estação 1439001). A precipitação mínima é de 0 mm (1539008 e 1539016), e a máxima é de 644,00 mm (1439001), que foi registrada em julho de 2012.

ANÁLISE DO PERÍODO SECO/CHUVOSO

As classes estabelecidas a partir dos valores de média e de desvio padrão para avaliar a precipitação anual em período chuvoso, normal e seco são apresentadas na Figura 2. Nos 51 anos estudados (1970 a 2020), sete anos foram

classificados como chuvosos (1980, 1985, 1989, 1992, 1999, 2002 e 2005), 36 anos mostraram precipitação normal e oito anos exibiram período de seca, ou seja, com déficit de precipitação (1971, 1986, 1993, 1996, 2003, 2015, 2016 e 2019).

Os períodos mais chuvosos ocorreram em 1980 (1504,95 mm) e em 1999 (1449,23 mm). Foi observado que, nos anos de 1999, 1985 e 1989, o fenômeno *La Niña* estava atuante no oceano Pacífico, favorecendo chuvas acima da média na região Nordeste do Brasil.

De acordo com L. Silva (2007), excesso de chuva também ocorreu no litoral do estado da Paraíba em 1989. De acordo com o autor, a temperatura da superfície do mar (TSM) no oceano Atlântico Sul estava próxima da neutralidade, e o fenômeno *La Niña* estava atuante no oceano Pacífico. Condições atuaram em conjunto e favoreceram chuvas acima da média no Nordeste do Brasil.

Os anos com totais pluviométricos mais baixos foram 1993 (672,47 mm), 1996 (596,25 mm) e 2015 (660,72 mm), classificados como secos, assim como 1986, 2003 e 2016. Nos anos de 1986, 1993, 2003, 2015 e 2016, o *El Niño* estava configurado no oceano Pacífico, portanto, reduzindo as chuvas em toda a região da BHRC. Extremos

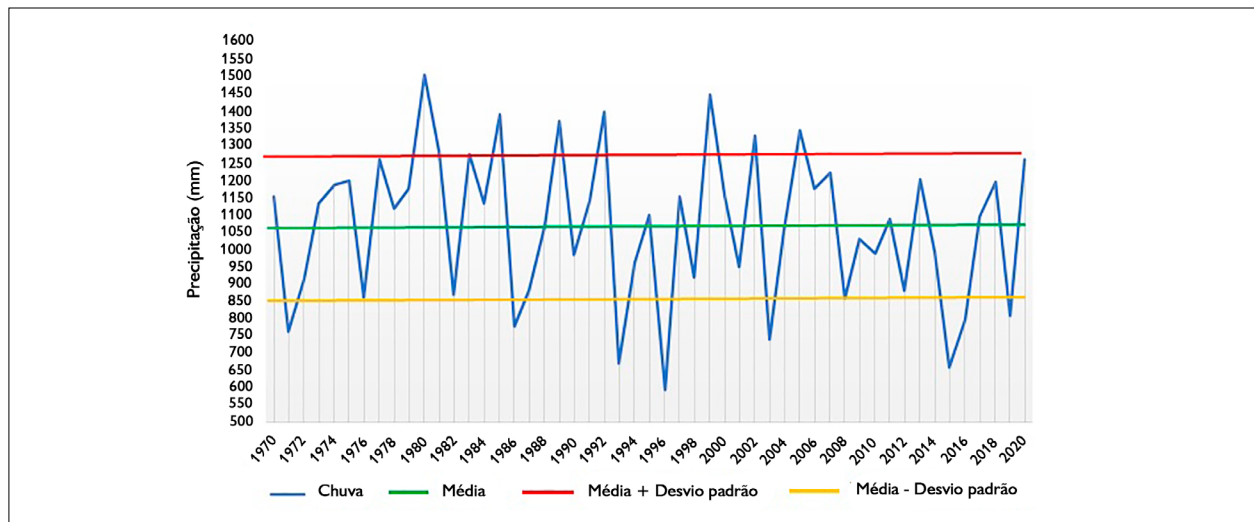


Figura 2. Precipitação anual (1970 a 2020), média e desvios da média.

Figure 2. Annual precipitation (1970 to 2020), mean and deviations from the mean.



de seca também foram registrados no ano de 1993, na Paraíba (L. Silva, 2007) e em Salvador (Santos et al., 2016).

Os períodos representativos para valores extremos de precipitação (máxima e mínima) aqui registrados demonstraram parcial discordância com o ENOS. No período de 51 anos (1970-2020) analisados nesta pesquisa, apenas 62,5% puderam ser relacionados ao *El Niño* e 42,9% ao *La Niña*. Vale destacar os resultados apresentados por Nóbrega e Santiago (2014), que posicionaram as anomalias da TSM sobre o oceano Atlântico tropical como fenômeno influente na precipitação do Norte e Nordeste do Brasil.

VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO

As características dos regimes de chuva da região Nordeste do Brasil estão relacionadas com sua posição geográfica e com os sistemas de correntes atmosféricas atuantes. O estado da Bahia, com sua vasta extensão territorial, apresenta uma larga região litorânea e uma considerável área inserida no polígono das secas. Essas características resultam em repartição e irregularidade pluviométrica. A Tabela 4 apresenta os resultados do coeficiente de variação (CV) da precipitação total para período anual e sazonal das seis estações analisadas nesta pesquisa.

Conforme observado na Tabela 4, a maior variabilidade de precipitação foi definida para o trimestre da primavera (CV = 104,77%), seguido do verão (CV = 90,22%).

Tabela 4. Resultado do coeficiente de variação da precipitação na BHRC (1970-2020).

Table 4. Result of the coefficient of variation of precipitation in the BHRC (1970-2020).

Estação	Anual	Primavera	Verão	Outono	Inverno
1439001	24,73	70,88	69,52	50,84	67,38
1439002	22,58	70,40	79,71	62,17	50,64
1439044	29,62	83,34	90,22	78,99	58,82
1539002	17,92	67,02	65,15	56,90	55,07
1539008	28,01	90,08	86,71	81,14	66,64
1539016	33,78	104,77	85,70	83,35	75,77

Enquanto a menor variabilidade foi identificada no período anual (CV = 17,92%).

O maior CV anual foi encontrado na estação 1539016 (33,78%), seguido das estações 1439044 (29,62%) e 1539008 (28,01%). O menor CV é observado na estação 1539002 (17,92%). Os coeficientes de variabilidade calculados para a primavera são elevados: mantêm-se acima de 50%, chegando a 104,77% (estação 1539016).

A menor variabilidade de precipitação para o verão foi de 65,15% (estação 1539002) e a maior corresponde a 90,22% (estação 1439044), ambos elevados. No outono, o coeficiente de variabilidade permanece com valores acima de 50%, com máximo de 83,35% (estação 1539016) e mínimo de 50,64% (estação 1439002).

Os maiores valores de CV, entre os períodos sazonal e anual, são encontrados na estação pluviométrica 1539016, localizada na porção centro-oeste da área (menor pluviosidade da área). Já a estação pluviométrica 1539002, situada no centro-leste da BHRC (maior pluviosidade), mostra os menores valores de CV (anual, primavera, verão), indicando que existe propensão para redução de variabilidade de precipitação em direção ao leste da área de estudo.

Resultados similares foram obtidos por Sarkar et al. (2021) em *West Bengal* (Índia), onde, assim como na BHRC, verificou-se que a variabilidade da precipitação é mais alta nas regiões com níveis de precipitação mais baixos, e nos locais com precipitações mais elevadas é registrada uma variabilidade menor. V. Silva et al. (2011), em pesquisa realizada na região Nordeste do Brasil, identificaram que o semiárido apresenta maiores valores de coeficiente de variação do que o litoral e o agreste nordestinos.

O Nordeste do Brasil é uma das regiões do mundo que sofrem com irregularidades pluviométricas, apresentando eventos extremos, como secas ou chuvas excessivas, que têm sido relacionados aos padrões anômalos de grande escala da circulação atmosférica global (Nóbrega & Santiago, 2014). A BHRC tem sua variabilidade pluviométrica associada à dinâmica atmosférica regional,

correlacionada a fatores que podem atuar em conjunto ou isolado. Destacam-se as anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e no *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) (Santos et al., 2016).

ANÁLISE DE TENDÊNCIAS ANUAIS

As tendências e magnitudes de precipitação calculadas a partir dos testes não paramétricos *Mann-Kendall* (MK), *Spearman's Rho* (SR) e *Sen's slope* (SS) com nível de significância de 95% são apresentadas na Tabela 5.

Os testes MK e SR (Tabela 5) mostraram resultados equivalentes. Esse comportamento estatístico foi verificado por Guedes et al. (2019), que, durante pesquisa realizada no Rio Grande do Sul, utilizando série de precipitação e os mesmos testes, obtiveram resultados semelhantes entre eles.

As estações 1439001, 1439002, 1539002 e 1539016 não apresentaram tendências estatisticamente significativas. Nas estações pluviométricas 1439044 e 1539008, foram identificadas tendências significativas com nível de confiança de 95%, ambas de redução (-) de chuvas. Assim, 33% das estações analisadas na BHRC apresentam tendência de redução do volume de precipitação.

A Figura 3 mostra os totais anuais de precipitação e a inclinação da magnitude calculada pelo *Sen's slope*. As tendências significativas variaram entre -5,984 e

-5,410 mm/ano. A diminuição máxima na magnitude de precipitação ocorre na estação 1439044 (-5,984 mm/ano).

As estações pluviométricas 1439044 e 1539008 estão localizadas na porção centro-oeste da área de estudo, posicionadas em porções mais elevadas, onde prevalece precipitação na faixa de 1.000 mm anuais. Essa área, considerada de transição climática, apresenta características próximas ao do semiárido, com desequilíbrio na repartição das chuvas durante o ano.

A partir dos resultados obtidos no teste *Sen's slope*, é possível estimar que a magnitude de decréscimo pluviométrico anual que ocorreu na estação 1439044 foi na ordem de -5,984 mm.ano⁻¹; assim, nos 51 anos da série hidrológica (1970-2020), ocorreu um decréscimo pluviométrico em torno de 305 mm. Na estação 1539008, o declínio foi na ordem de -5,410 mm.ano⁻¹, o que representa uma redução de, aproximadamente, 275 mm no período estudado.

A distribuição espacial da magnitude de tendência de precipitação das estações pluviométricas para o período de 1970 a 2020 é apresentada na Figura 4. As regiões em vermelho indicam tendência significativa de decréscimo pluviométrico, enquanto as regiões em turquesa indicam tendências não significativas de redução de chuvas, e as regiões em azul indicam tendências não significativas de incremento de chuvas.

Tabela 5. Resultados dos testes estatísticos de *Mann-Kendall*, *Spearman's Rho* e *Sen's slope* para período de 51 anos (1970-2020). Legendas: S = significativo ($\alpha = 0,05$); NS = não significativo; MK = *Mann-Kendall test*; SR = *Spearman's Rho*; SS = *Sen's slope*.

Table 5. Results of the *Mann-Kendall*, *Spearman's Rho* and *Sen's slope* statistical tests for a period of 51 years (1970-2020). Legends: S = significant ($\alpha = 0.05$); NS = not significant; MK = *Mann-Kendall test*; SR = *Spearman's Rho*; SS = *Sen's slope*.

Testes estatísticos	Estações pluviométricas					
	1439001	1439002	1439044	1539002	1539008	1539016
	Anual					
MK	0,552	-0,877	-2,161	0,707	-2,339	-0,975
Trend (\pm)	NS	NS	S (-)	NS	S (-)	NS
SR	0,533	-0,839	-2,278	0,734	-2,203	-0,964
Trend (\pm)	NS	NS	S (-)	NS	S (-)	NS
SS	1,785	-2,664	-5,984	1,967	-5,410	-2,195

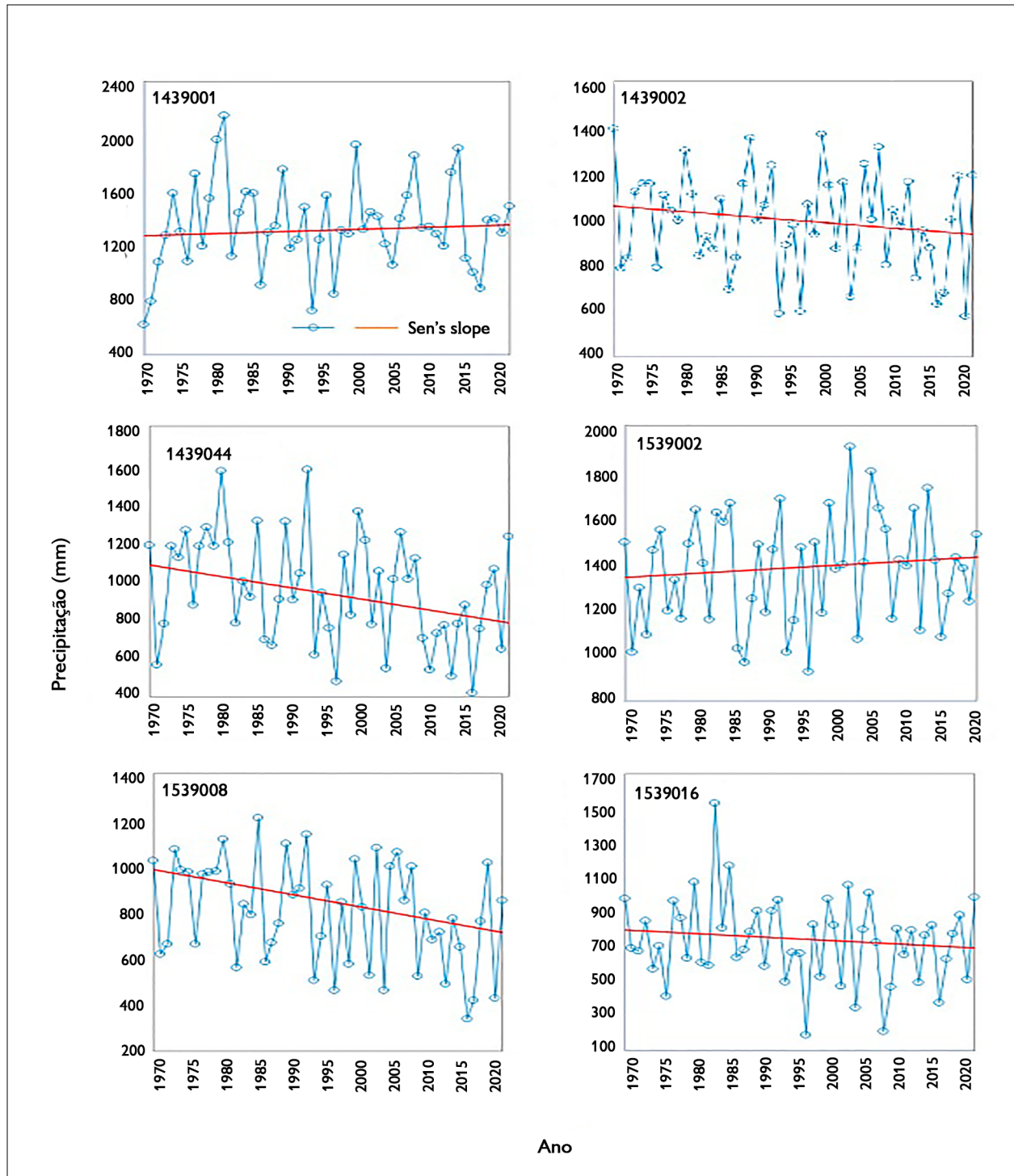


Figura 3. Totais anuais de precipitação para o período 1970-2020 e magnitude de tendência das estações.

Figure 3. Annual rainfall totals for the period 1970-2020 and trend magnitude of the seasons.



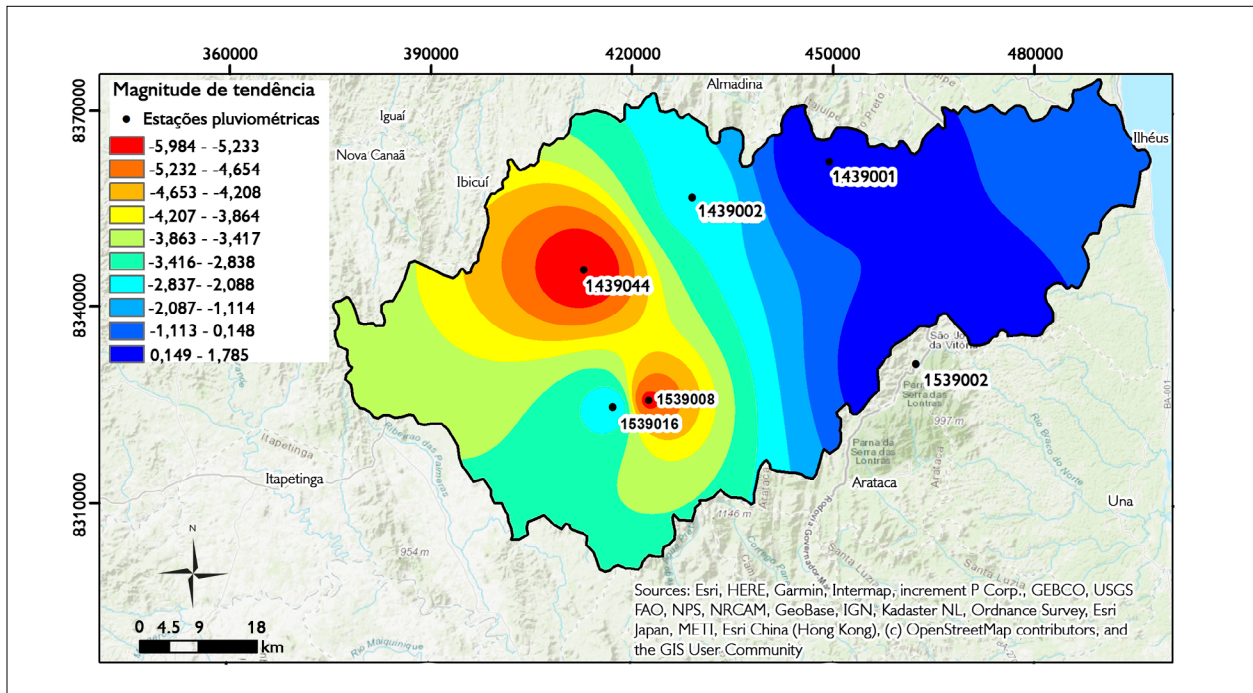


Figura 4. Distribuição espacial da magnitude de tendência para período anual de precipitação na área da BHRC no período entre 1970 e 2020. Mapa: elaboração dos autores a partir de dados da ANA (2022).

Figure 4. Spatial distribution of trend magnitude for annual precipitation period in the BHRC area period between 1970 and 2020. Map: own elaboration based on data from the ANA (2022).

As áreas da bacia com maiores tendências de redução de precipitação se encontram nas porções mais desmatadas para implantação de pastagens, o que demonstra um padrão local de mudança no regime de precipitação que pode ser influenciado por ação antrópica e pela elevação da altimetria na área. Em pesquisa desenvolvida no Sudeste do Brasil, Zilli et al. (2017) reconheceram a influência da proximidade de grandes centros urbanos e de feições topográficas como fator preponderante nas variações e nas mudanças dos regimes de precipitação.

ANÁLISE SAZONAL DE TENDÊNCIAS

A análise sazonal de tendências de chuvas é apresentada na Tabela 6. Os resultados mostram que os trimestres de outono e inverno apresentam tendência estatisticamente significativa de decréscimo (-) de chuva em parte das estações analisadas, ao passo que, no período da

primavera, identificou-se tendência estatisticamente significativa crescente (+) de chuvas.

A significância máxima da estatística Z_{MK} é observada durante a primavera na estação 1539016 ($Z_{MK} = 6,283$ e $SR = 6,297$), e a mínima significância estatística ($Z_{MK} = -3,482$ e $SR = -3,419$), no outono (estação 1539008). Não foram identificadas tendências estatisticamente significativas para o período do verão.

A inclinação de magnitude da tendência, representada pelo *Sen's slope* (SS), no outono e no inverno apresentam magnitude decrescente (-), ao passo que na primavera a magnitude é crescente (+). A magnitude das tendências que apresentaram significância estatística variou de -0,003 a 0,005 mm/ano. A máxima inclinação de magnitude é observada na estação 1539016 (0,005 mm/ano), e a mínima (-0,003 mm/ano) ocorre no outono (estações 1439002 e 1539002).

Tabela 6. Análise sazonal das tendências. Legendas: S = significativo ($\alpha = 0,05$); NS = não significativo; MK = Mann-Kendall test; SR = Spearman's Rho; SS = Sen's slope.

Table 6. Seasonal analysis of trends. Legends: S = significant ($\alpha = 0.05$); NS = not significant; MK = Mann-Kendall test; SR = Spearman's Rho; SS = Sen's slope.

Testes estatísticos	Estações pluviométricas					
	1439001	1439002	1439044	1539002	1539008	1539016
Primavera						
Z_{MK}	1,172	4,581	4,723	4,805	6,069	6,283
Trend (\pm)	NS	S (+)	S (+)	S (+)	S (+)	S (+)
SR	1,107	4,615	4,855	4,930	6,190	6,297
Trend (\pm)	NS	S (+)	S (+)	S (+)	S (+)	S (+)
SS	0,001	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005
Verão						
Z_{MK}	-1,098	-0,369	-0,110	-0,063	1,100	1,843
Trend (\pm)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
SR	-1,016	-0,369	-0,055	-0,041	1,213	1,844
Trend (\pm)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
SS	0,001	0	0	0	0,001	0,002
Outono						
Z_{MK}	-1,264	-3,404	-2,985	-2,857	-3,482	-2,519
Trend (\pm)	NS	S (-)	S (-)	S (-)	S (-)	S (-)
SR	-1,186	-3,362	-2,852	-2,902	-3,419	-2,485
Trend (\pm)	NS	S (-)	S (-)	S (-)	S (-)	S (-)
SS	0,001	-0,003	-0,002	-0,003	-0,002	-0,002
Inverno						
Z_{MK}	-1,724	-1,036	-3,269	-1,137	-2,887	-2,480
Trend (\pm)	NS	NS	S (-)	NS	S (-)	S (-)
SR	-1,641	-0,857	-3,109	-1,208	-2,710	-2,142
Trend (\pm)	NS	NS	S (-)	NS	S (-)	S (-)
SS	0	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001

CONCLUSÕES

Este estudo abordou a aplicação de métodos estatísticos não paramétricos na identificação de tendências e variabilidade de precipitação na área da BHRC a partir da série histórica (1970-2020) de totais de precipitação.

A análise da estatística descritiva aplicada mostrou que os maiores índices pluviométricos ocorrem no trimestre do verão e o menor volume de chuva é identificado no inverno.

A precipitação máxima foi observada na estação 1439001 (Lomanto Júnior) e a precipitação mínima, na estação 1539016 (Fazenda Manaus), com 2329,48 e 194,80 mm.ano⁻¹, respectivamente.

No período estudado, foram identificados sete anos chuvosos (1980, 1985, 1989, 1992, 1999, 2002 e 2005) e oito anos com déficit de precipitação (1971, 1986, 1993, 1996, 2003, 2015, 2016 e 2019). Apenas 62,5% dos

eventos de seca e 42,9% dos eventos chuvosos puderam ser relacionados com o fenômeno ENOS.

O coeficiente de variação indicou predisposição para redução da variabilidade da precipitação em direção ao leste da área de estudo.

Os métodos *Spearman's Rho* e *Mann-Kendall* para identificação de tendências mostraram resultados similares. De maneira geral, tendências estatisticamente não significativas prevalecem na área de estudo. Contudo, foi identificada significativa tendência negativa na região centro-oeste para a série anual de dados em duas estações pluviométricas, caracterizando redução em torno de 300 mm de chuva em cada estação pluviométrica no período estudado. Para o período sazonal, foram identificadas tendências de decréscimo de chuva nos trimestres de outono e inverno e de aumento de chuva na primavera. Os meses que correspondem ao verão não apresentaram tendências com significância estatística.

Os resultados obtidos neste estudo colaboram com o entendimento dos processos hidrológicos durante as cinco últimas décadas, podendo ser utilizados como referência para a gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (código de financiamento 001). A primeira autora foi financiada por bolsa (processo nº 142241/2017-2) fornecida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). (2010). *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: resultados por estado* (Vol. 2). Engecorps/Cobrape.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). (2022). *HidroWeb: Séries históricas de estações*. <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>
- Bahia. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. (2003). *Mapa Pluviométrico do Estado da Bahia*.
- Barbosa, J. S. F., & Dominguez, J. M. L. (1996). *Texto explicativo para o mapa geológico da Bahia ao milionésimo*. SICM/SGM.
- Cardoso, S. B., Cunha, C. F., Engelbrecht, B. Z., & Chang, H. K. (2020). Detecção e delimitação de pequenos reservatórios na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Bahia, utilizando imagens multiespectrais. *Holos Environment*, 20(4), 458-75. <https://doi.org/10.14295/holos.v20i4.12391>
- Carvalho, A. A., Montenegro, A. A. A., Silva, H. P., Lopes, I., Morais, J. E. F., & Silva, T. G. F. (2020). Trends of rainfall and temperature in Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24(1), 15-23. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n1p15-23>
- Chaves, H. M. L. C., & Piau, L. P. (2008). Efeito da variabilidade da precipitação pluvial e do uso e manejo do solo sobre o escoamento superficial e o aporte de sedimento de uma bacia hidrográfica do Distrito Federal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(1), 333-343. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100031>
- Chu, P. S., Chen, D. J., & Lin, P. L. (2014). Trends in precipitation extremes during the typhoon season in Taiwan over the last 60 years. *Atmospheric Science Letters*, 15(1), 37-43. <https://doi.org/10.1002/asl2.464>
- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). (2022). *Condições atuais do ENOS*. <http://enos.cptec.inpe.br/>
- Guedes, H. A. S., Priebe, P. S., & Manke, E. B. (2019). Tendências em séries temporais de precipitação no norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 34(2), 283-291. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863340238>
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. Charles Griffin.
- Koppen, W. (1948). *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica.
- Lehmann, E. L. (1975). *Nonparametrics, statistical methods based on ranks*. Holden-Day.
- Leite, M. L., Adacheski, P. A., & Virgens Filho, J. S. (2010). Estudo da variabilidade da precipitação pluvial em municípios da região sul dos campos gerais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 6, 135-150. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v6i0.25605>
- Lira, B. R. P., Lopes, L. N. A., Chaves, J. R., Santana, L. R., & Fernandes, L. L. (2020). Identificação de homogeneidade, tendência e magnitude da precipitação em Belém (Pará) entre 1968 e 2018. *Anuário do Instituto de Geociências*, 43(4), 426-439. http://dx.doi.org/10.11137/2020_4_426_439

- Malik, A., Kumar, A., Ahmed, A. N., Fai, C. M., Afan, H. A., Sefelnasr, A., . . . El-Shafie, A. (2020). Application of non-parametric approaches to identify trend in streamflow during 1976-2007 (Naula watershed). *Alexandria Engineering Journal*, 59(3), 1595-1606. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.04.006>
- Mallucci, S., Majone, B., & Bellin, A. (2019). Detection and attribution of hydrological changes in a large Alpine river basin. *Journal of Hydrology*, 575, 1214-1229. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.06.020>
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.
- Mosase, E., & Ahiablame, L. (2018). Rainfall and temperature in the Limpopo River Basin, Southern Africa: means, variations, and trends from 1979 to 2013. *Water*, 10(4), 364. <https://doi.org/10.3390/w10040364>
- Nacif, P. G. S. (2000). *Ambientes naturais da bacia hidrográfica do rio Cachoeira, com ênfase nos domínios pedológicos* [Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa]. <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/10732>
- Nóbrega, R. S., & Santiago, G. A. C. F. (2014). Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. *Mercator Fortaleza*, 13(1), 107-118. <http://doi.org/10.4215/RM2014.1301.0008>
- Projeto RADAMBRASIL. (1999). Folha SD. 24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra (Vol. 24). Secretaria de Estado de Planejamento e Avaliação. <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=212783&view=detalhes>
- Qin, N. X., Wang, J. N., Gao, L., Hong, Y., Huang, J. L., & Lu, Q. Q. (2020). Observed trends of different rainfall intensities and the associated spatiotemporal variations during 1958-2016 in Guangxi, China. *International Journal of Climatology*, 41(S1), 1-16. <https://doi.org/10.1002/joc.6888>
- Santos, A. P. P., Aragão, M. R. S., Correia, M. F., Santos, S. R. Q. S., Silva, F. D. S., & Araújo, H. A. (2016). Precipitação na cidade de Salvador: variabilidade temporal e classificação em quantis. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(4), 454-467. <https://doi.org/10.1590/0102-778631231420150048>
- Sarkar, D., Sarkar, T., Saha, S., & Mondal, P. (2021). Compiling non-parametric tests along with CA-ANN model for precipitation. *Water Cycle*, 2, 71-84. <https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2021.11.002>
- Secretaria do Meio Ambiente. (2017). *Plano estratégico para revitalização da bacia do rio Cachoeira, RP4 - Mapeamento da degradação da bacia* (Vol. 1) [Relatório]. <http://cachoeira.nemus-consulting.com/>
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendalls Tau. *Journal of American Statistics Association*, 63(324), 1379-1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>
- Silva, J. W., Guimarães, E. C., & Tavares, M. (2003). Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. *Ciência e Agrotecnologia*, 27(3), 665-674. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000300023>
- Silva, L. L. (2007). *Precipitações pluviais da pré-estação chuvosa no período chuvoso e suas influências na produtividade agrícola da paraíba* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Campina Grande]. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/5097>
- Silva, V. P. R., Pereira, E. R. R., Azevedo, P. V., Sousa, F. A. S., & Sousa, I. F. (2011). Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(2), 131-138. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000200004>
- Sousa, L. F., Soares, B. B., & Santana, R. O. (2018). Dimensionamento hidrológico para reservatório a fim de sanar as necessidades hídricas de Itabuna-BA. *Estação Científica (UNIFAP)*, 8(2), 69-79. <http://dx.doi.org/10.18468/estcien.2018v8n2.p69-79>
- Souza, T. S., & Nascimento, P. S. (2020). Análise multivariada e tendência da precipitação pluviométrica na região hidrográfica do Recôncavo Sul (BA). *Revista Geociências UNESP*, 39(1), 203-213. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v39i1.14000>
- Torres-Batló, J., & Martí-Cardona, B. (2020). Precipitation trends over the Southern Andean Altiplano from 1981 to 2018. *Journal of Hydrology*, 590, 125485. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125485>
- Tucci, C. E. M. (Org.) (2007). *Hidrologia ciência e aplicação*. EDUSP.
- Wang, X., He, K., & Dong, Z. (2019). Effects of climate change and human activities on runoff in the Beichuan River Basin in the northeastern Tibetan Plateau, China. *Catena*, 176, 81-93. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.01.001>
- World Meteorological Organization (WMO). (1989). *Calculation of monthly and annual 30-year standard normals: prepared by a meeting of experts*. WMO.
- Yan, T., Shen, Z., & Bai, J. (2017). Spatial and temporal changes in temperature, precipitation, and streamflow in the Miyun Reservoir Basin of China. *Water*, 9(2), 78. <https://doi.org/10.3390/w9020078>
- Yang, P., Xia, J., Zhang, Y., & Hong, S. (2017). Temporal and spatial variations of precipitation in Northwest China during 1960-2013. *Atmospheric Research*, 183, 283-295. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.09.014>

Zeľeňáková, M., Purcz, P., Blišťan, P., Vranayová, Z., Hlavatá, H., Diaconu, D. C., & Portela, M. M. (2018). Trends in precipitation and temperatures in eastern Slovakia (1962-2014). *Water*, 10(6), 727. <http://doi.org/10.3390/w10060727>

Zilli, M. T., Carvalho, L. M. V., Liebmann, B., & Dias, M. A. S. (2017). A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. *International Journal of Climatology*, 37(5), 2269-2279. <https://doi.org/10.1002/joc.4840>

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

J. E. Alves contribuiu com administração de projeto, análise formal, conceituação, curadoria de dados, investigação, metodologia, recursos, visualização e escrita (rascunho original, revisão e edição); T. S. Gonçalves com metodologia, recursos e escrita (revisão e edição); e S. A. M. Nascimento com supervisão e aquisição de financiamento.