



TENDÊNCIAS E DESCONTINUIDADES EM SÉRIES HISTÓRICAS DE CHUVAS DIÁRIAS EXTREMAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO LESTE DO ESTADO DO PARANÁ

*Trends and breaks in historical series of extreme daily rainfall
in watershed in the eastern region of Paraná State*

*Tendencias y discontinuidades en series históricas de lluvias
diarias extremas en cuencas del leste del estado de Paraná*

Paulo Miguel de Bodas Terassi  

Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA)
pmbterassi@gmail.com

Jakeline Baratto  

Universidade de São Paulo (USP)
jakelinebarattogeo@gmail.com

Antonio Carlos Oscar-Júnior  

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
antonio.junior@uerj.br

Emerson Galvani  

Universidade de São Paulo
egalvani@usp.br

Givanildo de Gois  

Universidade Federal do Acre
givanildogois@gmail.com

Resumo: No atual contexto da crise climática, diversas pesquisas apontam para o aumento da frequência e magnitude dos eventos extremos, que no contexto brasileiro, assumem maior proeminência aqueles de natureza pluviométrica. Nesse sentido, esta pesquisa objetivou identificar a ocorrência de tendências e discontinuidades das chuvas fortes, intensas e máximas diárias anuais em

bacias hidrográficas (BH) do leste do estado do Paraná. Para tanto, utilizaram-se os dados diários de precipitação fornecidos pelas principais instituições de monitoramento meteorológico e pluviométrico na região em estudo. Os dados compreendem o período entre 1976 e 2015 e uma média inferior a 5% de falhas de registros. Para a avaliação das tendências e descontinuidades foram aplicados os testes Mann-Kendall e Pettitt, nesta ordem, com um nível de 90 a 99,9% de significância estatística. Identificou-se o aumento dos totais diários em sete postos pluviométricos na BH do Alto Ribeira e em quatro postos pluviométricos da BH do Alto Iguaçu. Contudo, a maior elevação foi verificada em Antonina, na ordem 10,6 mm/década, no setor central da BH Litorânea. Em suma, as principais descontinuidades nas séries temporais se deram entre os anos de 1988 e 1999, concordantes com os resultados anteriores em pesquisas para esta região do território brasileiro.

Palavras-chave: eventos pluviais extremos. teste Mann-Kendall. teste Pettitt. chuvas intensas.

Abstract: In the current context of the climate crisis, several studies point to an increase in the frequency and magnitude of extreme events, with emphasis given to rainfall in the Brazilian context. Thus, this study aimed to identify trends and breaks in heavy, intense, and annual maximum daily rainfall in watersheds in the eastern state of Paraná. Daily precipitation data provided by the main meteorological and rain gauge monitoring institutions in the study region were used, covering the period from 1976 to 2015, with an average of less than 5% missing records. The Mann-Kendall and Pettitt tests were applied to evaluate trends and breaks, respectively, with a 90 to 99.9% level of statistical significance. An increase in daily rainfall totals was identified in seven rain gauge stations in the Ribeira watershed and four in the Alto Iguaçu watersehd. However, the highest increase was observed in Antonina, with a rate of 10.6 mm/decade, in the central sector of the Coastal Basin. In summary, the main breaks in the time series occurred between 1988 and 1999, in agreement with previous research results in this region of Brazil.

Keywords: extreme rainfall events. Mann-Kendall test. Pettitt test. intense rains. Statistical Climatology.

Resumen: En el contexto actual de la crisis climática, diversas investigaciones señalan el aumento de la frecuencia y magnitud de los eventos extremos, destacando en el contexto brasileño aquellos de naturaleza pluviométrica. En este sentido, esta investigación tuvo como objetivo identificar la ocurrencia de tendencias y discontinuidades en las lluvias fuertes, intensas y máximas diarias anuales en cuencas del este del estado de Paraná. Para ello, se utilizaron los datos diarios de precipitación proporcionados por las principales instituciones de monitoreo meteorológico y pluviométrico en la región en estudio. Los datos abarcan el período entre 1976 y 2015, con una media de registros faltantes inferior al 5%. Para la evaluación de las tendencias y discontinuidades, se aplicaron las pruebas de Mann-Kendall y Pettitt, en ese orden, con un nivel de significancia estadística del 90 al 99,9%. Se identificó un aumento en los totales diarios en siete estaciones pluviométricas en la cuenca del Alto Ribeira y en cuatro estaciones pluviométricas en la cuenca del Alto Iguaçu. Sin embargo, el mayor aumento se observó en Antonina, con una tasa de 10,6 mm/década, en el sector central de la cuenca Litorânea. En resumen, las principales discontinuidades en las series temporales ocurrieron entre los años 1988 y 1999, coincidiendo con los resultados previos de investigaciones para esta región del territorio brasileño.

Palabras clave: eventos pluviales extremos. test Mann-Kendall. test Pettitt. Lluvias intensas. Climatología Estadística.

Submetido em: 10/07/2025

Aceito para publicação em: 06/11/2024

Publicado em: 10/12/2024

1. INTRODUÇÃO

Em um cenário de mudanças climáticas globais, espera-se que os eventos extremos climáticos se tornem mais frequentes e intensos nas diferentes regiões do mundo. Pesquisas recentes apontam para o aumento das chuvas extremas diárias associadas ao aumento da temperatura média do ar (Dalagnol et al., 2021; Fowler et al., 2021). Deste modo, uma das maiores preocupações e intencionalidades dos estudos atrelados à crise climática se baseiam em mensurar a magnitude destas excepcionalidades do clima, com vistas a subsidiar medidas mitigatórias e a alertar a sociedade sobre os impactos decorrentes da ação antrópica sobre a natureza (Frame et al., 2020; Luiz-Silva; Oscar-Júnior, 2022).

No contexto desta crise climática, é importante destacar que emerge a necessidade de discussões sobre os parâmetros que definem um evento climático extremo e, acima de tudo, como sistematizamos e interpretamos estes critérios de definição. Nesta pesquisa, optou-se pela definição dos eventos extremos pluviais como aqueles que são os maiores registros diários anuais e, para sua compreensão detalhada, foram utilizados testes estatísticos que são amplamente aplicados às séries climatológicas em diferentes regiões em âmbito global. Dessarte, os registros das maiores alturas pluviais diárias são profusamente utilizados em estudos e pesquisas no campo da Meteorologia, da Climatologia Geográfica e da Hidrologia. Nesta última área do conhecimento, estas informações permitem avaliar o tempo de retorno de chuvas máximas para uma determinada região e, deste modo, subsidiam informações de grande importância para o dimensionamento de obras de drenagem pluvial e controle dos processos erosivos em bacias hidrográficas (Morabbi et al., 2022). Por sua vez, no campo da Meteorologia, os dados referentes aos extremos pluviais aprimoram a precisão da modelagem estatística concernente à previsão do tempo (Teixeira; Satyamurty, 2007).

Em relação à Climatologia Geográfica, o conhecimento gerado sobre os eventos pluviais extremos possibilita averiguar de forma consistente as interações entre sociedade e natureza, enfatizando a identificação da atmosfera enquanto fenômeno geográfico (Sant'Anna Neto, 2008). Neste contexto, destaca-se que a Climatologia Geográfica busca compreender de modo sistêmico os atributos atmosféricos e sua inter-relação com a sociedade. Neste íterim, o objeto de estudo desta pesquisa compreende as bacias hidrográficas do leste do estado do Paraná, uma região com uma elevada complexidade em

relação a sua dinâmica atmosférica, dado que se trata de um setor de transição dos sistemas atmosféricos atuantes no clima subtropical e tropical (Zandonadi et al., 2016) e que apresenta uma considerável modificação dos tipos de uso e ocupação do solo.

Trata-se de uma das regiões mais urbanizadas do estado do Paraná e que engloba a Região Metropolitana de Curitiba (RMC), com aproximadamente 3,8 milhões de habitantes, e uma das maiores cidades do território nacional, a cidade de Curitiba e seus estimados 1,8 milhões de habitantes (IBGE, 2020). Investigando os impactos decorrentes dos eventos pluviais extremos em capital paranaense, Zanella (2007) apontou que, ao longo da série estudada entre 1982 e 2000, foram evidenciadas condições de extrema calamidade, com a população sendo retirada de suas residências, perdas materiais, doenças e até mesmo perdas humanas, sobretudo a partir da ocorrência dos valores diários acima do 60 mm. Contudo, estudos mais recentes, como os de Pinheiro (2016), Roseghini (2016), Goudard (2019) e Goudard e Mendonça (2022) apontam para impactos com chuvas diárias inferiores a 60 mm na cidade de Curitiba, o que enfatiza que cada vez mais chuvas de menor intensidade vêm culminando em impactos no ambiente urbano, altamente alterado.

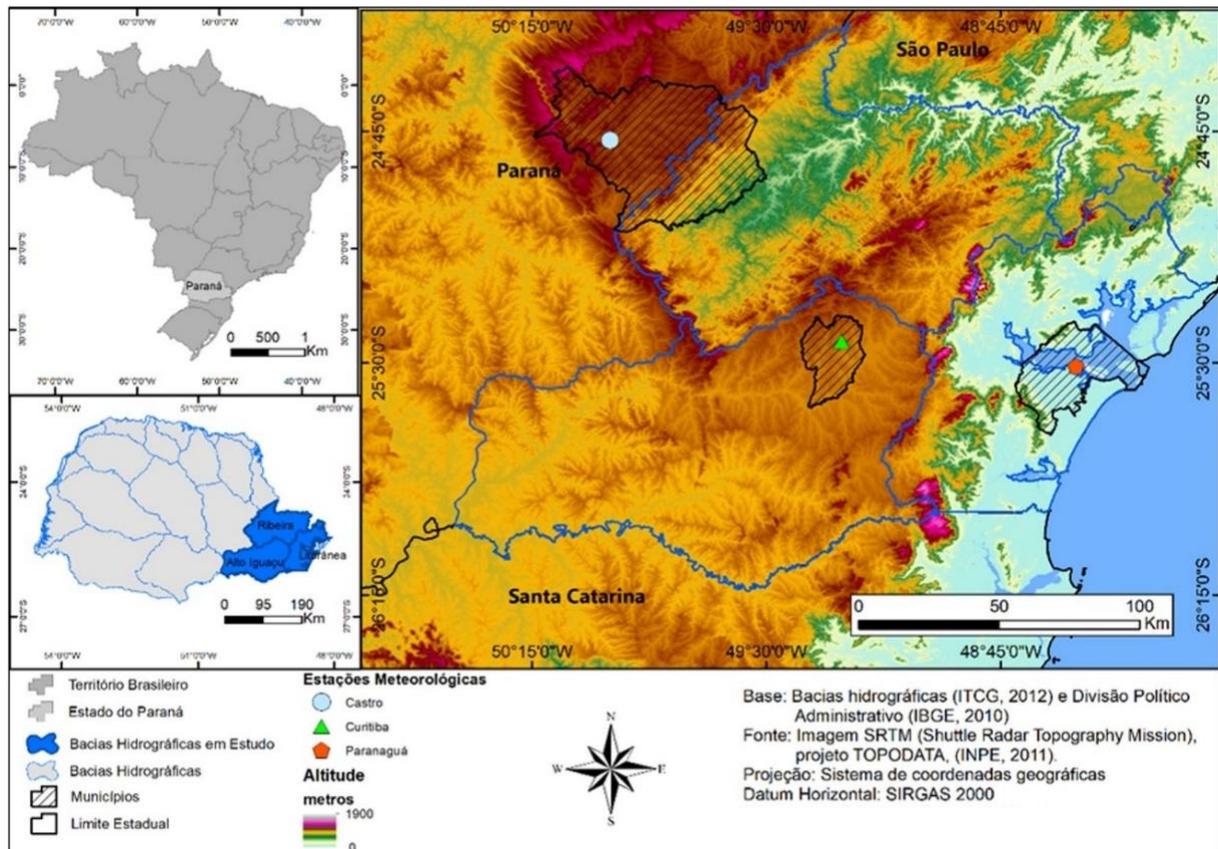
Como critério nesta pesquisa, foram utilizados os dados de precipitação diária iguais ou superiores a 95% dos percentis (95p) e 99% dos percentis (99p) e, destacadamente, foram ressaltados os máximos diários anuais em conformidade às pesquisas prévias desempenhadas em diferentes escalas espaciais e temporais (Haylock et al., 2006; Zandonadi et al., 2016; Regoto et al., 2021). Neste sentido, o objetivo desta pesquisa consiste em identificar as tendências e as discontinuidades das chuvas fortes (95p), intensas (99p) e máximas diárias anuais (RX1Day) nas bacias hidrográficas do leste do Paraná, dentre as quais estão a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu (BHAI), a Litorânea (BHL) e do Alto Ribeira (BHAR).

1.1. Localização e caracterização da área de estudo

A área selecionada para o presente estudo corresponde às BHAI, BHL e BHAR situadas no setor leste do estado do Paraná, entre os meridianos 48°W e 50°W e os paralelos 24°S e 26°S, e apresentam, respectivamente, a abrangência de 10.261 km², 9.736 km² e 5.630 km² (Figura 1). Estas bacias hidrográficas contemplam os municípios de Curitiba (BHAI), Paranaguá (BHL) e Castro (BHAR), sendo nestes localizadas as estações meteorológicas convencionais

(EMC) de referência para a presente pesquisa. Com forte intervenção antrópica, verifica-se um conjunto de cidades na bacia hidrográfica do Alto Ribeira com elevada exploração das atividades agrícolas e, por sua vez, a bacia hidrográfica do Litorânea, o setor de maiores totais pluviiais do recorte deste estudo e, excepcionalmente, uma das áreas de maiores condições de perigos em relação às excepcionalidades do clima.

Figura 1 - Localização da área de estudo e as EMC do INMET.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Em relação às características climáticas, a BHA apresenta o predomínio da tipologia climática “Cfb” (Subtropical úmido brando sem estação seca definida), com as menores médias térmicas da área em estudo, pluviosidade bem distribuída ao longo do ano e médias anuais entre 1.460 e 1.580 mm (Álvares *et al.*, 2013; Terassi; Galvani, 2017). O tipo climático predominante na BHL é o “Cfa” (Subtropical quente sem estação seca definida), posto que apresenta as mais elevadas médias térmicas da área em estudo, além de apresentar as mais elevadas médias anuais de precipitação pluvial, entre 2.000 e 3.400 mm, com uma maior

concentração nos meses de verão em relação à BHAÍ (Jorge; Mendonça, 2008). Por fim, a BHAR apresenta uma transição climática entre as tipologias “Cfa” e “Cfb”, sendo que esta última/primeira se dá em função das maiores/menores altitudes (Aparecido *et al.*, 2016), com os menores totais pluviais nas áreas de menores altitudes (<1.200 mm anuais em média).

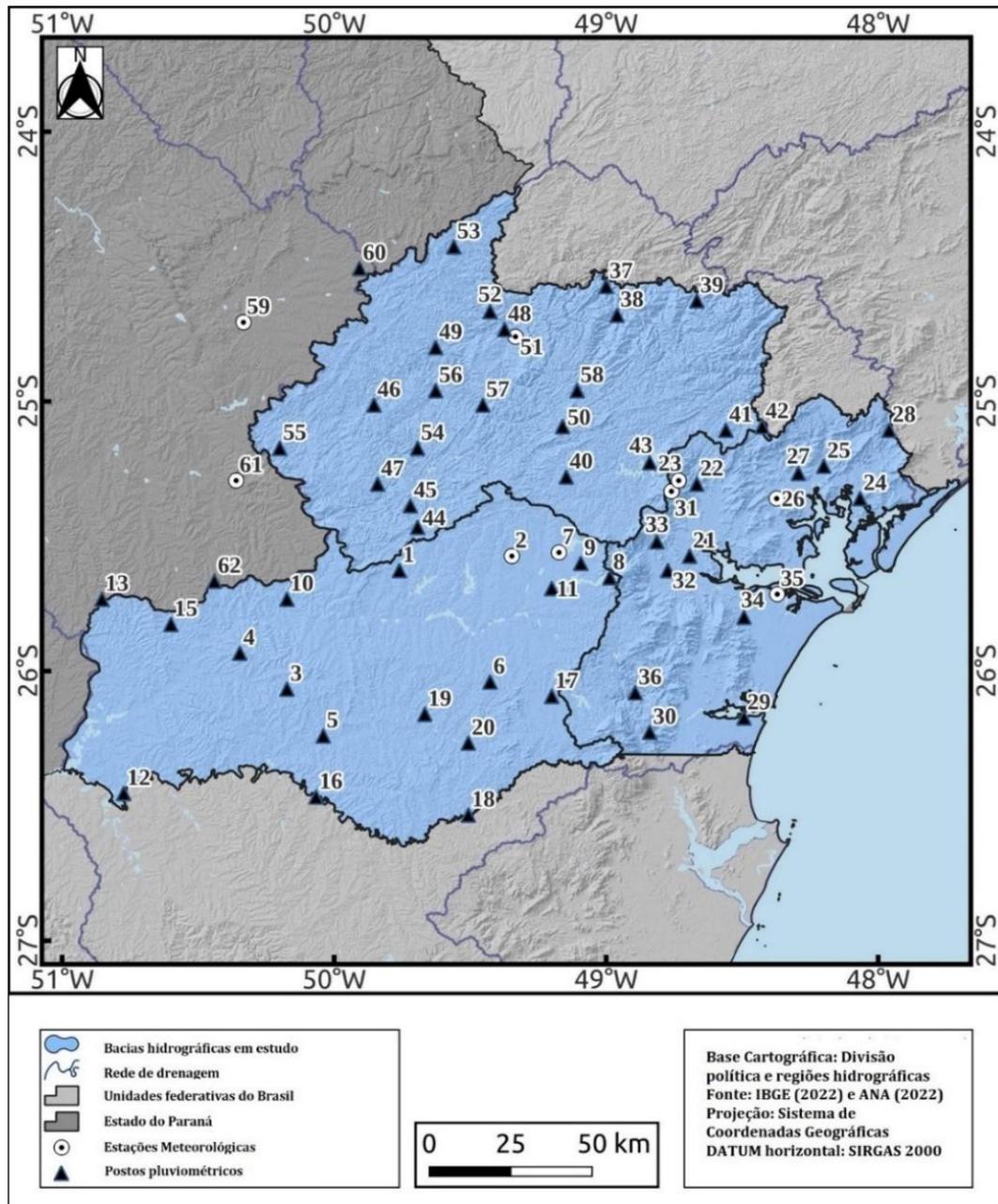
2. METODOLOGIA

2.2. As séries pluviométricas

Para a realização desta pesquisa, foram obtidos os dados de pluviosidade de cinquenta e quatro postos pluviométricos pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA), à Companhia Paranaense de Energia (COPEL) e ao Instituto das Águas do Paraná, e os dados de pluviosidade de oito estações meteorológicas, pertencentes ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), que compreendem a série histórica de 1976 a 2015 (Figura 2). Ressalta-se que somente o posto pluviométrico ID 12 apresenta uma série histórica que se encerra em 2010 e, com a finalidade de desempenhar uma análise espaço-temporal detalhada das bacias hidrográficas em estudo, optou-se por mantê-lo para o desenvolvimento de pesquisa.

Os postos pluviométricos e estações meteorológicas mostraram falhas de registros em média inferiores a 5%. Destaca-se que o preenchimento de falhas via produtos orbitais (CHIRPS - Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations) e o método de ponderação regional subestimaram em valores superiores a 10% (erro relativo) os totais pluviais diários e, sendo assim, os autores optaram por utilizar somente os dados registrados em superfície, posto que correspondem às séries históricas com nível de falhas inferiores a 10%, conforme definido pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2007). Foram aplicados os testes de normalidade (Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov) e os testes de homogeneidade de variância (Bartlett e Fligner-Killeen), os quais demonstraram que as séries são normalizadas (Gois *et al.*, 2020).

Figura 2 - Postos pluviométricos e estações meteorológicas utilizadas neste estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

2.3. Testes estatísticos: tendências e discontinuidades

Definiu-se como critério a chuva diária acumulada em 24 horas com a utilização da técnica dos quantis, que se baseia na distribuição da frequência acumulada, sendo que a aproximação da função densidade de probabilidade (FDP) que descreve o fenômeno é melhor quanto maior é o número de observações disponíveis (Santos et al., 2016). Os intervalos de cada percentil representam as probabilidades ou frequências esperadas para cada um dos eventos que podem ocorrer na sequência da série temporal de uma variável x , que é

representada nesta pesquisa pela precipitação pluvial (Oliveira; Galvani, 2017).

Para padronizar a nomenclatura das definições quantílicas, optou-se por referir-se às chuvas fortes (95p) como os registros entre 95% e 99% dos quantis e às chuvas intensas (99p) como aquelas superiores a 99% dos quantis. Os percentis 95p e 99p foram calculados de maneira individualizada para cada uma das estações utilizadas na área de estudo, permitindo uma análise mais precisa das condições específicas de cada local. Observou-se que o limiar de 95% dos percentis equivaleu a registros diários entre 35,8 mm e 49,5 mm para a BHAI, entre 44,3 mm e 57,8 mm para a BHL e entre 37,1 mm e 58,7 mm para a BHAR. O limiar de 99% dos percentis atingiu valores de chuvas diárias entre 61,6 mm e 76,9 mm para a BHAI, entre 75,8 mm e 106,5 mm para a BHL e, por sua vez, entre 58,8 mm e 91,9 mm para o BHAR.

A avaliação de tendências de alterações dos totais diários de precipitação para a área de estudo foi realizada a partir do teste Mann-Kendall (TMK), que parte da hipótese de que na estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente, e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma em uma série aleatória simples (Mann, 1945; Kendall, 1990; Sneyers, 1990). O valor calculado pode ser comparado com valores de Z para distribuição normal. Para o nível de significância de 10% de probabilidade, Z encontra-se entre o intervalo -1,645 a +1,645. Caso o Z calculado seja maior que o valor tabelado, rejeita-se H₀ (Quadro 1). Utilizou-se um nível de 90% de significância estatística para uma maior flexibilidade e robustez na identificação de tendências para os padrões de precipitação pluvial.

Quadro 1 - Classificação dos intervalos do valor de Z_{MK} com o nível de 90% de significância.

Categorias	Escalas
Tendência de aumento com significância	$Z_{MK} > +1,645$
Tendência de aumento sem significância	$Z_{MK} < +1,645$
Sem tendência	$Z_{MK} = 0$
Tendência de diminuição com significância	$Z_{MK} > -1,645$
Tendência de diminuição sem significância	$Z_{MK} < -1,645$

Fonte: Hirsch e Slack (1974).

O teste da curvatura de Sen foi utilizado para estimar a magnitude da tendência e mudança dos eventos extremos com um nível de significância superior a 90% (p-valor = 0,1)

servindo como critério primário. O teste de curvatura de Sen (Sen, 1968) é também um método não paramétrico que assume uma tendência linear na série de dados. Esse teste é menos sensível a valores discrepantes (outliers) e à falta de registro de dados, sendo assim mais realista e preciso em comparação à uma simples regressão linear.

O teste é calculado da seguinte forma (Eq.1):

$$SEN = \text{mediana} \left(\frac{x_j - x_i}{j - i} \right), \forall j > i \quad (1)$$

Em que: x_j é o valor da variável em um período específico (por exemplo, um ano); o x_i é o valor no período anterior; j é o índice do ponto mais recente na série temporal; i é o índice de um ponto anterior àquele correspondente a j .

O teste de Pettitt (1979) é um dos mais utilizados para identificar o período de descontinuidade das séries temporais. Este teste não paramétrico permite confirmar a estacionariedade da série histórica, ou seja, excetuando as flutuações aleatórias, as observações são invariantes com relação à cronologia de suas ocorrências. Detalhes das formulações matemáticas de ambos os testes estatísticos encontram-se em Kocsis *et al.* (2017) e Regoto *et al.* (2021). Para o cálculo dos testes estatísticos, foi utilizado o pacote “randtests” do software ambiente R versão 3.3.2 (R Development Core Team, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Chuvas máximas diárias anuais

A aplicação do teste Mann-Kendall para os totais pluviométricos máximos diários demonstrou o aumento deste indicativo climático em alguns setores da BHA. Com uma significância de 95%, verificou-se para os postos pluviométricos ID 2 e ID 12 o aumento igual ou superior a 0,8 mm/ano da chuva máxima diária, que ao final da série histórica corresponde a um aumento de 33 mm. Com significância de 90%, os postos pluviométricos ID 3 e ID 9 mostraram um aumento decadal superior a 5,3 mm, o que significa que ao final do segmento temporal a chuva máxima diária anual aumentou em no mínimo 21,2 mm. Os demais postos pluviométricos não apresentaram significância estatística e apresentam em sua maioria generalizada o aumento da chuva máxima diária anual (Tabela 1).

Tabela 1 - Testes de tendências (Mann-Kendall) e descontinuidades (Pettitt) para a precipitação pluviométrica diária máxima anual (mm) na BH do Alto Iguaçu - Paraná.

ID	Postos pluviométricos e Estações Meteorológicas	Teste Mann - Kendall				Teste Pettitt		
		Z	Tau	p-valor	CS	K	p-valor	Descontinuidade
1	Campo Largo	1,18	0,131	0,239	0,402	149	0,353	2005
2	Curitiba	2,34	0,259	0,019*	0,840	209	0,036*	1994
3	Lapa	1,89	0,209	0,059⁺	0,557	147	0,394	1990
4	Lapa	1,50	0,167	0,133	0,375	155	0,301	2006
5	Lapa	-0,78	-0,087	0,435	-0,161	122	0,752	1993
6	Mandirituba	1,42	0,158	0,155	0,455	168	0,189	1985
7	Pinhais	1,53	0,169	0,127	0,320	132	0,591	1985
8	Piraquara	-0,79	-0,089	0,428	-0,407	164	0,217	1998
9	Piraquara	1,81	0,200	0,071⁺	0,531	165	0,207	1992
10	Porto Amazonas	-0,06	-0,008	0,954	-0,012	86	0,456	2009
11	São José do Pinhais	1,41	0,157	0,159	0,397	144	0,417	2001
12	São Mateus do Sul	2,16	0,257	0,031*	0,818	150	0,099⁺	1991
13	São Mateus do Sul	0,06	0,008	0,954	0,012	84	0,400	2003
14	São Mateus do Sul	0,75	0,083	0,456	0,194	90	0,548	1987
15	São João do Triunfo	-0,07	-0,009	0,944	-0,037	82	0,374	2002
16	Rio Negro	0,84	0,094	0,401	0,223	107	0,940	2007
17	Tijucas do Sul	-0,79	-0,089	0,428	-0,181	113	0,927	2001
18	Piên	1,26	0,046	0,697	0,128	85	0,576	1990
19	Quitandinha	1,34	0,149	0,180	0,334	141	0,444	1988
20	Quitandinha	0,55	0,062	0,584	0,162	107	0,941	2006
62	Palmeira	1,29	0,144	0,196	0,323	212	0,036*	1988

Legenda** = 99% de significância; * = 95% de significância; + = 90% de significância; TAU = Magnitude da curvatura de tendência; P.VA = Nível de significância; K = valor que indicada a possibilidade de localizar o ponto em que a ruptura ocorreu. Em negrito estão destacados os resultados com significância estatística. **Fonte:** Elaborado pelos autores (2024).

A BHL obteve os mais significativos resultados de redução dos totais de chuva diária máxima dentre as BH's analisadas. Observa-se que a diminuição desta categoria pluvial é mais intensa em Guaraqueçaba (ID 27), em cerca de 9,4 mm/década, enquanto em Morretes (ID 33) verificou-se uma diminuição de 7,6 mm/década, sendo que em ambas houve 95% de significância estatística. Verificou-se a diminuição dos totais diários anuais máximos em Antonina (ID 21) em 5,3 mm/década, apresentando uma menor significância estatística (90%). Por sua vez, no posto pluviométrico ID 22 (Antonina) mostra-se a única tendência de aumento

da precipitação pluviométrica máxima diária em 10,6 mm/década, com 95% de significância. Deste modo, considerando os quarenta anos da série histórica, nota-se uma diminuição de 37,6 mm das chuvas diárias em Guaraqueçaba (ID 27), ao passo que em Antonina (ID 22) há uma tendência de aumento de 42,4 mm (Tabela 2). É importante ressaltar que o conjunto de dados dos postos pluviométricos situados em Antonina (ID's 21 e 22) mostraram que não há um padrão definido de redução/aumento de precipitação pluviométrica diária máxima anual.

Tabela 2 - Testes de tendência (Mann-Kendall) e descontinuidades (Pettitt) para a precipitação pluviométrica diária máxima anual (mm) na BH Litorânea - Paraná.

ID	Postos pluviométricos e Estações Meteorológicas	Teste Mann - Kendall				Teste Pettitt		
		Z	Tau	p-valor	CS	K	p-valor	Descontinuidade
21	Antonina	-1,74	-0,192	0,083*	-0,526	147	0,381	1986
22	Antonina	2,18	0,242	0,029*	1,056	173	0,159	1993
23	Antonina	0,88	0,102	0,381	0,376	126	0,436	1987
24	Guaraqueçaba	0,55	0,034	0,772	0,217	112	0,766	1987
25	Guaraqueçaba	1,44	0,160	0,149	1,010	160	0,253	2005
26	Guaraqueçaba	1,29	0,151	0,179	0,735	110	0,918	1988
27	Guaraqueçaba	-1,96	-0,217	0,050*	-0,940	186	0,092+	1989
28	Guaraqueçaba	-0,48	-0,054	0,633	-0,295	142	0,440	1983
29	Guaratuba	0,00	0,001	1,000	0,000	99	0,744	1982
30	Guaratuba	-1,07	-0,119	0,284	-0,729	125	0,700	1983
31	Morretes	1,46	0,162	0,145	0,462	148	0,372	2009
32	Morretes	1,36	0,151	0,173	0,500	143	0,428	1988
33	Morretes	-2,06	-0,228	0,039*	-0,759	187	0,096+	1996
34	Paranaguá	1,08	0,121	0,279	0,584	149	0,358	2000
35	Paranaguá	0,00	-0,001	1,000	-0,011	102	0,805	2005
36	São José dos Pinhais	0,24	0,028	0,807	0,071	68	0,123	2002

Legenda: * = 95% de significância; + = 90% de significância; TAU = Magnitude da curvatura de tendência; P.VA = Nível de significância; K = valor que indicada a possibilidade de localizar o ponto em que a ruptura ocorreu. Em negrito estão destacados os resultados com significância estatística. **Fonte:** Elaborado pelos autores (2024).

A BHAR se caracteriza pela mais extensiva tendência de aumento das chuvas máximas diárias anuais. Verifica-se a única tendência com 99% de significância em Cerro Azul (ID 48), com um aumento é de 0,6 mm/ano ou de 22,6 mm em quarenta anos, sendo que em Castro (ID 60) e em Campo Largo (ID 45), com uma significância de 95%, obteve-se um aumento anual

de 0,6 mm e 0,7 mm, o que representa ao final da série temporal analisada um aumento de 26,0 mm e 30,0 mm, nesta ordem. Considerando o limiar de 90% de significância estatística, os postos pluviométricos ID 40, ID 46, ID 49 e ID 52 mostraram um aumento anual de 0,5 mm a 0,7 mm, o que representa um aumento entre 19,2 mm e 28,8 mm em 40 anos (Tabela 3).

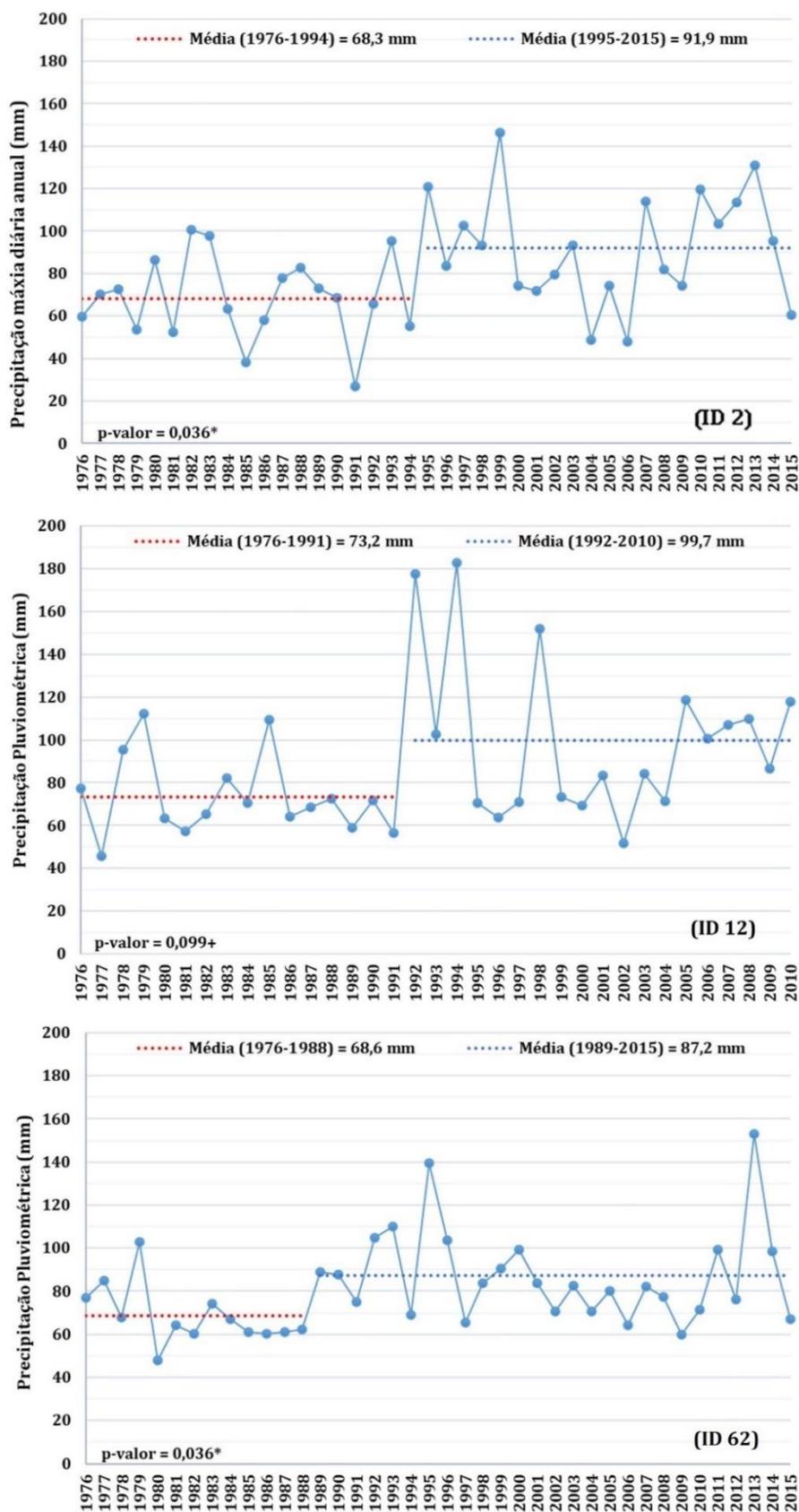
Tabela 3 - Testes de tendências (Mann-Kendall) e descontinuidades (Pettitt) para a precipitação pluviométrica diária máxima anual (mm) na BH do rio Ribeira - Paraná.

ID	Postos pluviométricos e Estações Meteorológicas	Teste Mann - Kendall				Teste Pettitt		
		Z	Tau	p-valor	CS	K	p-valor	Descontinuidade
37	Adrianópolis	1,58	0,176	0,113	0,406	161	0,236	1990
38	Adrianópolis	0,73	0,082	0,463	0,221	153	0,321	1994
39	Adrianópolis	0,55	0,062	0,584	0,085	166	0,203	2009
40	Bocaiúva do Sul	1,90	0,210	0,058⁺	0,717	164	0,216	1985
41	Campina G. do Sul	1,61	0,181	0,108	0,511	164	0,178	1997
42	Campina G. do Sul	1,06	0,120	0,287	0,356	184	0,075⁺	1987
43	Campina G. do Sul	0,20	0,023	0,843	0,070	111	0,981	1981
44	Campo Largo	1,57	0,175	0,116	0,480	126	0,679	1979
45	Campo Largo	2,25	0,249	0,025[*]	0,752	177	0,135	2006
46	Campo Largo	1,84	0,204	0,066⁺	0,657	142	0,444	2009
47	Campo Largo	0,80	0,090	0,421	0,346	140	0,476	1979
48	Cerro Azul	2,73	0,302	0,006^{**}	0,565	198	0,057⁺	1999
49	Cerro Azul	1,95	0,215	0,052⁺	0,484	158	0,258	1991
50	Cerro Azul	1,39	0,154	0,166	0,431	140	0,470	2009
51	Cerro Azul	1,60	0,177	0,110	0,429	125	0,705	1980
52	Doutor Ulysses	1,76	0,195	0,078⁺	0,550	194	0,068⁺	1988
53	Doutor Ulysses	0,98	0,109	0,328	0,229	126	0,669	1987
54	Itaperuçu	1,26	0,140	0,208	0,378	117	0,868	1994
55	Ponta Grossa	-0,29	-0,033	0,771	-0,079	116	0,876	2009
56	Rio Branco do Sul	-0,50	-0,061	0,619	-0,200	123	0,326	1997
57	Rio Branco do Sul	1,50	0,167	0,133	0,358	169	0,173	2001
58	Tunas do Paraná	0,51	0,058	0,608	0,202	120	0,789	1989
59	Castro	1,54	0,127	0,261	0,392	100	0,868	1996
60	Castro	2,54	0,282	0,011[*]	0,652	255	0,003^{**}	1996
61	Ponta Grossa	0,80	0,090	0,421	0,133	98	0,718	1988

Legenda** = 99% de significância; * = 95% de significância; + = 90% de significância; TAU = Magnitude da curvatura de tendência; P.VA = Nível de significância; K = valor que indicada a possibilidade de localizar o ponto em que a ruptura ocorreu. Em negrito estão destacados os resultados com significância estatística. **Fonte:** Elaborado pelos autores (2024).

A principal descontinuidade observada na BHAÍ deu-se em Curitiba (ID 2), com 95% de significância estatística (Tabela 1). Entre os anos de 1976 e 1994 a média da chuva máxima diária na capital paranaense era de 68,3 mm e, posteriormente, houve o aumento para 91,9 mm, uma adição de aproximadamente 35%. Com uma significância de 90% e 95%, nesta ordem, identificaram-se descontinuidades em São Mateus do Sul (ID 12), no ano de 1991, e em Palmeira (ID 62), em 1988. Durante o segmento temporal desde o início da série histórica e até a descontinuidade identificada, observa-se no posto pluviométrico ID 62 uma média de 68,6 mm e, após este período (1989-2015), a média da chuva máxima diária subiu para 87,2 mm. Em São Mateus do Sul (ID 12), entre 1976 e 1991 a média da chuva diária máxima anual era de 73,2 mm e, em seguida, aumentou para 99,7 mm (Tabela 1 - Figura 3).

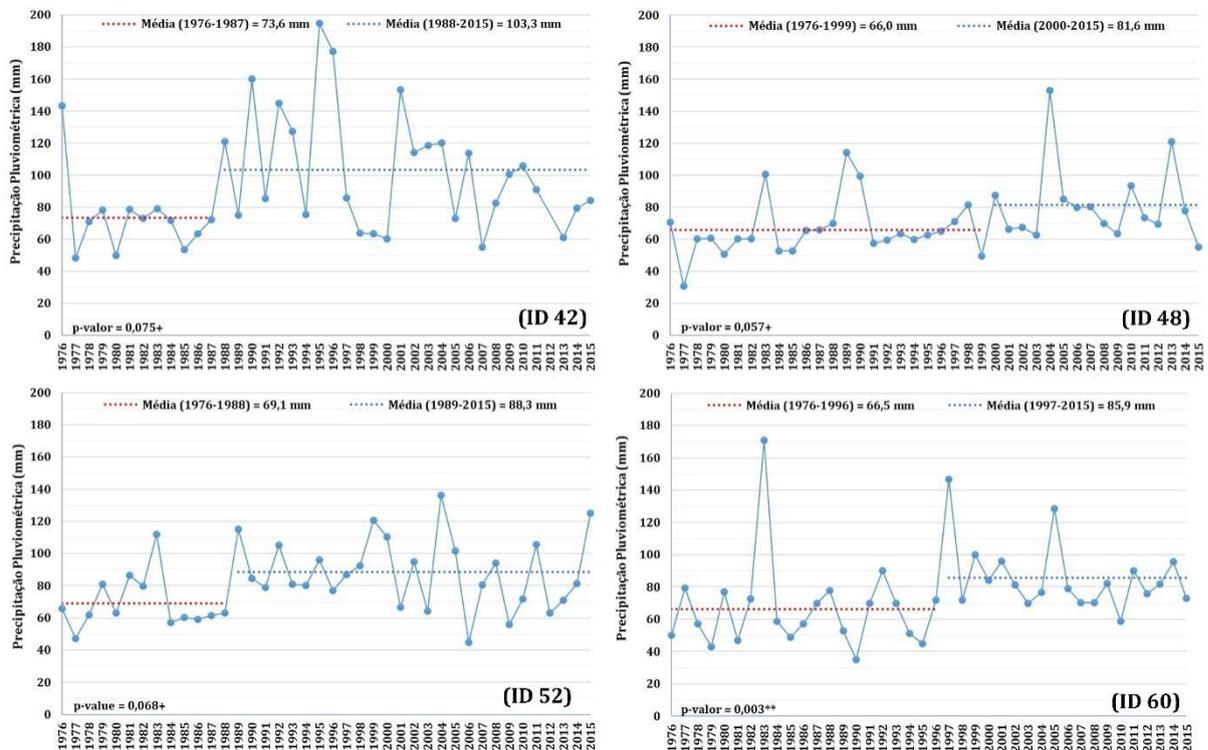
Figura 3 - Precipitação máxima diária anual (mm) e descontinuidade identificada na série histórica de Curitiba (ID 2), São Mateus do Sul (ID 12) e Palmeira (ID 62).



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Com uma significância de 90%, os postos pluviométricos de Campina Grande do Sul (ID 42) e Doutor Ulysses (ID 52) obtiveram descontinuidades no final da década de 1980, com médias de 73,6 mm e 69,1 mm e, no período posterior ao ano das descontinuidades, estas médias da chuva máxima diária anual aumentaram para 100,3 mm e 88,3 mm, sendo que o acréscimo após a descontinuidade na da década de 1980 em Campina Grande do Sul indicou um aumento de 35,9% nos totais máximos diários anuais nesta localidade. Dentre as séries históricas analisadas, identificou-se a mais recente descontinuidade em Cerro Azul (ID 48), considerando uma significância estatística de 90%, no ano de 1999, pois o período que antecedeu esta descontinuidade apresentou média de 66,0 mm da chuva máxima diária anual e, posteriormente a este ano, as chuvas máximas diárias intensificaram-se a uma média de 88,3 mm (Tabela 3 - Figura 4).

Figura 4 - Precipitação máxima diária anual (mm) e descontinuidades identificada nas séries históricas de Campina Grande do Sul (ID 42), Cerro Azul (ID 48), Doutor Ulysses (ID 52) e Castro (ID 60).

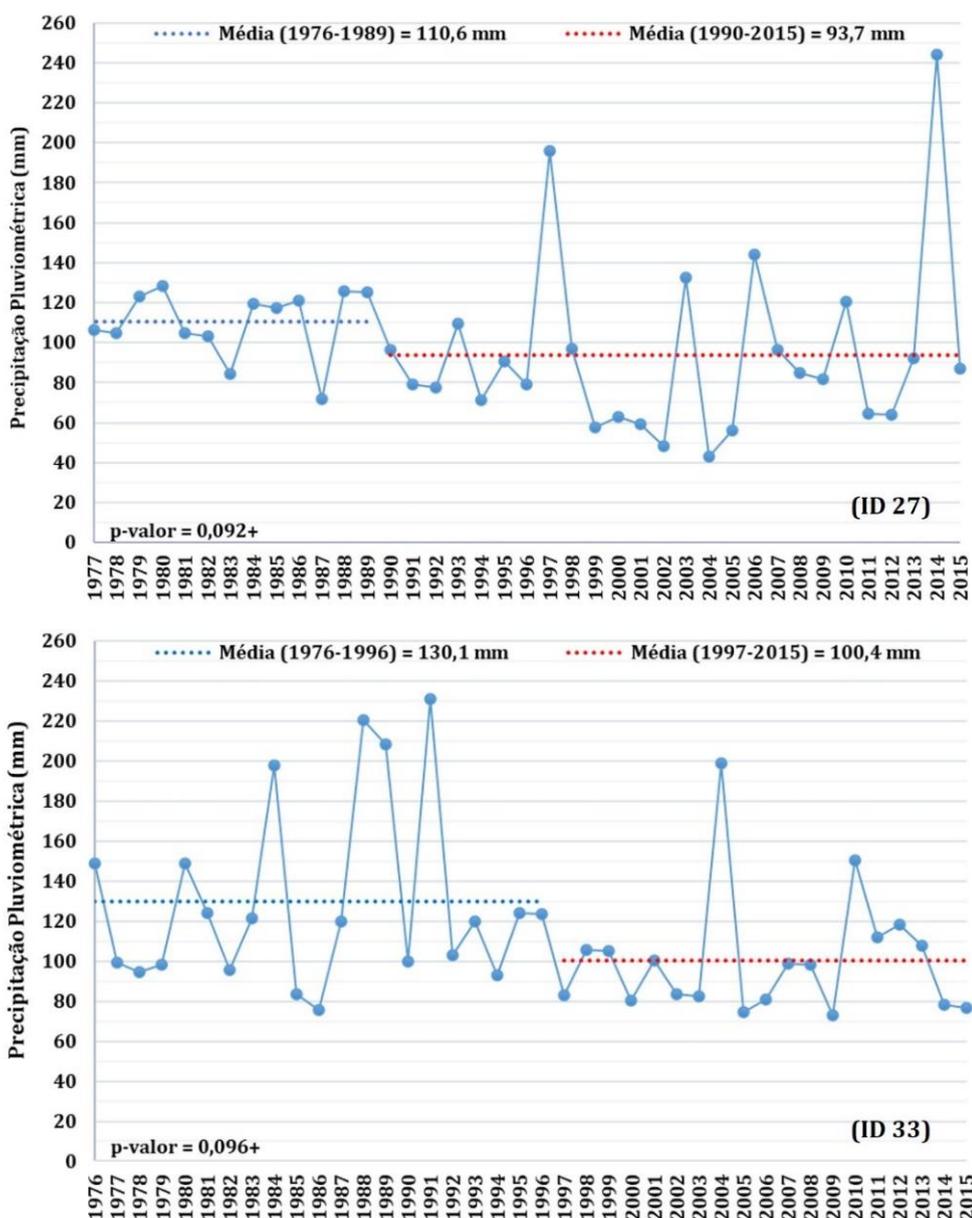


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

As duas únicas descontinuidades que indicaram diminuição da precipitação máxima diária anual pelo teste Pettitt foram em Guaraqueçaba (ID 27) e Morretes (ID 33), com 90% de significância estatística, na BHL. Para Guaraqueçaba observa-se que no período anterior ao

ano de 1989, a média da precipitação pluviométrica máxima diária anual era de 110,6 mm e, posteriormente a ruptura, a média destas alturas pluviais decaíram para 93,7 mm, em aproximadamente 15%. Em Morretes, entre 1976 e 1996 a média da mais intensa chuva diária anual era de 130,1 mm e, a partir de 1997, esta média diminuiu para 100,4 mm, representando uma queda de 22,8% do total pluviométrico máximo diário. Tratam-se, portanto, das únicas rupturas que mostraram a redução das chuvas diárias anuais mais elevadas (Figura 5).

Figura 5 - Precipitação máxima diária anual (mm) e descontinuidade identificada na série histórica de Guaraqueçaba (ID 27) e Morretes (ID 33).



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Portanto, observa-se que o aumento da precipitação pluviométrica máxima diária se deu de forma mais frequente e consistente na BHAR, enquanto na BHL nota-se a diminuição desta variável climática, tanto pelo teste Mann-Kendall quanto pelo teste Pettitt. De modo geral, o principal período de ocorrência das descontinuidades ocorreu entre 1987 e 1999, período similar ao identificado pelo teste Pettitt para o total pluviométrico anual, sendo que descontinuidades que se deram entre 1988 e 1996 estiveram dentre as mais significativas.

Por exemplo, o posto pluviométrico de Castro (ID 60) mostra a maior frequência de chuvas máximas anuais inferiores a 70,0 mm entre 1976 e 1996, enquanto a partir de 1998 todos os registros máximos anuais são superiores a este limiar, com exceção do ano de 2010 (Figura 5). Em Curitiba (ID 2), as chuvas máximas diárias ficaram mais frequentes a partir da segunda metade da década de 1990, sendo mais constantes os valores superiores a 90,0 mm entre 1997 e 1999 e entre 2010 e 2014, períodos de expressivo aumento da chuva diária. Antes da descontinuidade no ano de 1994, as chuvas superiores a 90 mm em Curitiba ocorreram somente nos anos de 1982, 1983 e 1993, sendo que os dois primeiros anos estiveram associado às condições de forte El Niño, conforme discorre Zanella (2007). Portanto, nestas duas localidades, a década de 1990 foi o principal período em que ocorreu o aumento das chuvas diárias máximas.

As descontinuidades encontradas para os períodos supracitados estão de acordo com os apresentados anteriormente por Nascimento-Júnior et al. (2013) e, no entanto, nenhum trabalho anterior na literatura avaliou a ocorrência de descontinuidades de chuvas máximas em setores próximos à área de estudo. Em relação ao teste MK, Luiz-Silva et al. (2015) não obtiveram tendências significativas para o indicador de tendência das chuvas máximas diárias anuais em todo o estado do Paraná.

Os resultados obtidos nesta pesquisa são condizentes com as observações em outros setores do Sudeste e Sul do Brasil. Ao estudar as regiões serranas do estado do Rio de Janeiro (RSRJ) e de Santa Catarina (RSSC), Ávila et al. (2016) verificaram tendências positivas para as chuvas máximas diárias (RX1day) e concentrada em 5 dias consecutivos (RX5day). Estes autores obtiveram correlações positivas e significativas entre os deslizamentos de terra/eventos de inundações repentinas e RX1day e RX5day, mostrando como estes índices podem ser indicadores úteis de eventos de risco natural para uma dada região. Por sua vez, Murara et al. (2019) identificaram tendências de acréscimo do RX1day entre 2,1 e 7,6

mm/década na bacia hidrográfica do rio Itajaí, no setor leste do estado de Santa Catarina.

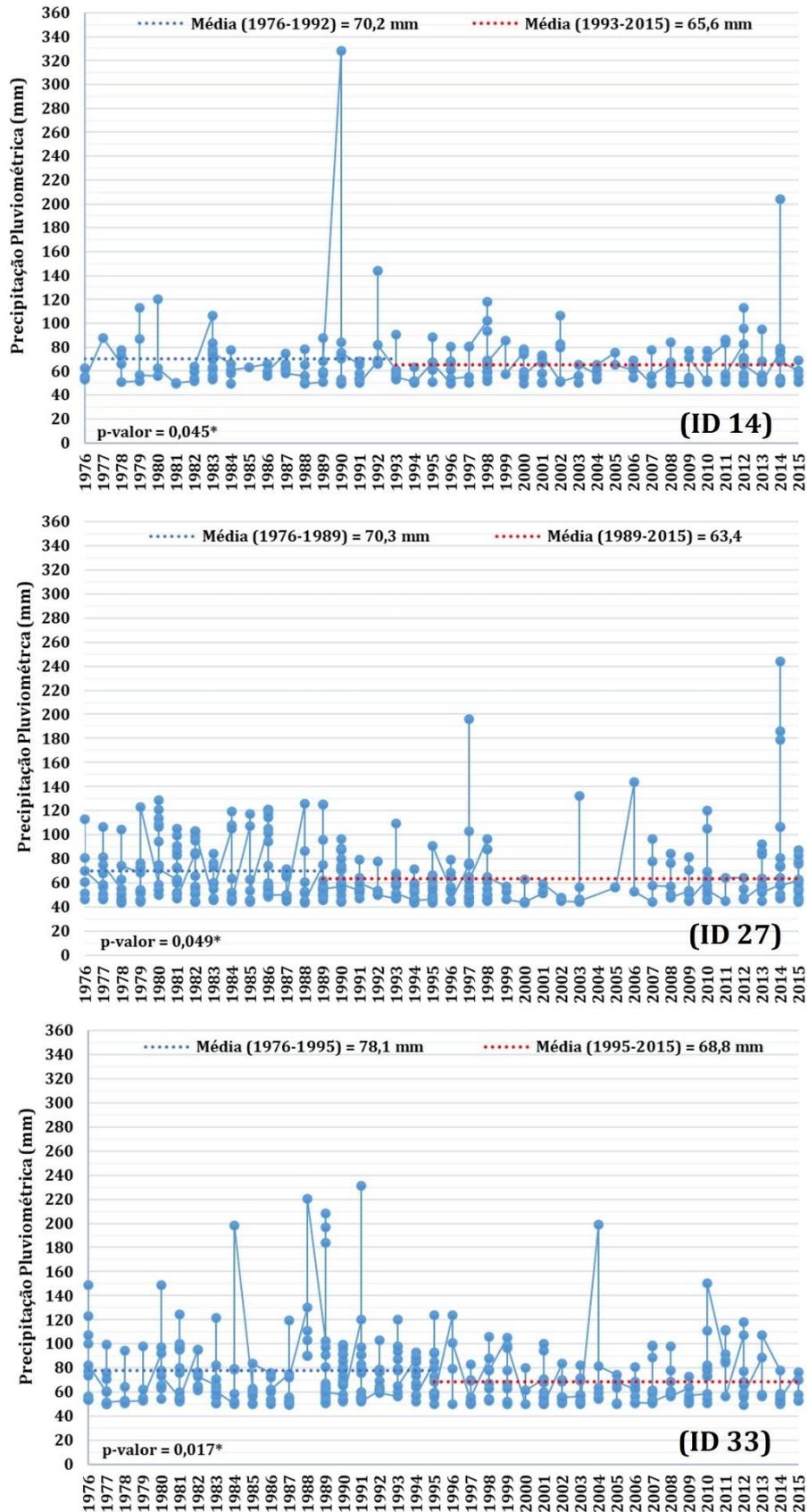
3.2. Tendências e descontinuidades de chuvas fortes e intensas

As tendências e descontinuidades obtidas para as chuvas fortes (95p) foram menos frequentes em relação ao total pluviométrico anual e às chuvas máximas diárias anuais. Para a BHAI, observaram-se tendências positivas e com 95% de significância para os postos pluviométricos de São Mateus do Sul (ID 12) e Quitandinha (ID 19), nos quais as chuvas iguais ou superiores a 95% dos quantis aumentaram em 1,8 mm e 1,2 mm/década, ou seja, em um total de 7,3 mm e 4,9 mm em quarenta anos (Tabela S1). Na BHAR, identificou-se a diminuição das chuvas deste limiar (95p) em 1,2 mm/década em Adrianópolis (ID 38), com uma significância de 95%, enquanto em Cerro Azul (ID 50) verificou-se um aumento de 0,1 mm/ano com 90% de significância e, assim, demonstraram-se tendências de uma redução de 5,0 mm em ID 38 e um aumento de 4,1 mm em ID 50 (Tabela S2).

Considerando uma significância estatística de 90%, observou-se o aumento das chuvas fortes em Antonina (ID22) e Morretes (ID31), a uma ordem 1,3 mm e 1,0 mm/década, o que significa que estes totais pluviométricos se tornaram 5,08 mm e 4,00 mm mais elevados em 40 anos avaliados. Em contraposição, em Guaraqueçaba (ID 27) e Morretes (ID 33) mostraram-se a redução das chuvas fortes em 1,1 mm e 1,4 mm/década, com uma significância de 90% e 95%, nesta ordem. Esta tendência negativa demonstra a redução total do período em 4,2 mm e 5,5 mm durante a série histórica para este limiar das chuvas diárias (Tabela S3).

Dentre as observações mais pertinentes em relação às descontinuidades de chuvas fortes, destaca-se que a BHR não apresentou nenhuma modificação significativa estatisticamente, sendo que outras sete foram averiguadas para a BHAI e BHL. Em São Mateus do Sul (ID14), Guaraqueçaba (ID 27) e Morretes (ID 33), com uma significância de 95%, obtiveram-se descontinuidades entre 1989 e 1995, com reduções deste limiar das chuvas entre 4,6 mm e 9,3 mm ao longo dos segmentos temporais, sendo estas localidades as únicas nas quais foram observadas diminuições pluviais (Figura 6).

Figura 6 - Registros de chuvas fortes (95p) e discontinuidades identificadas nas séries históricas de São Mateus do Sul (ID 14), Guaqueçaba (ID 27) e Morretes (ID 33) - Paraná.

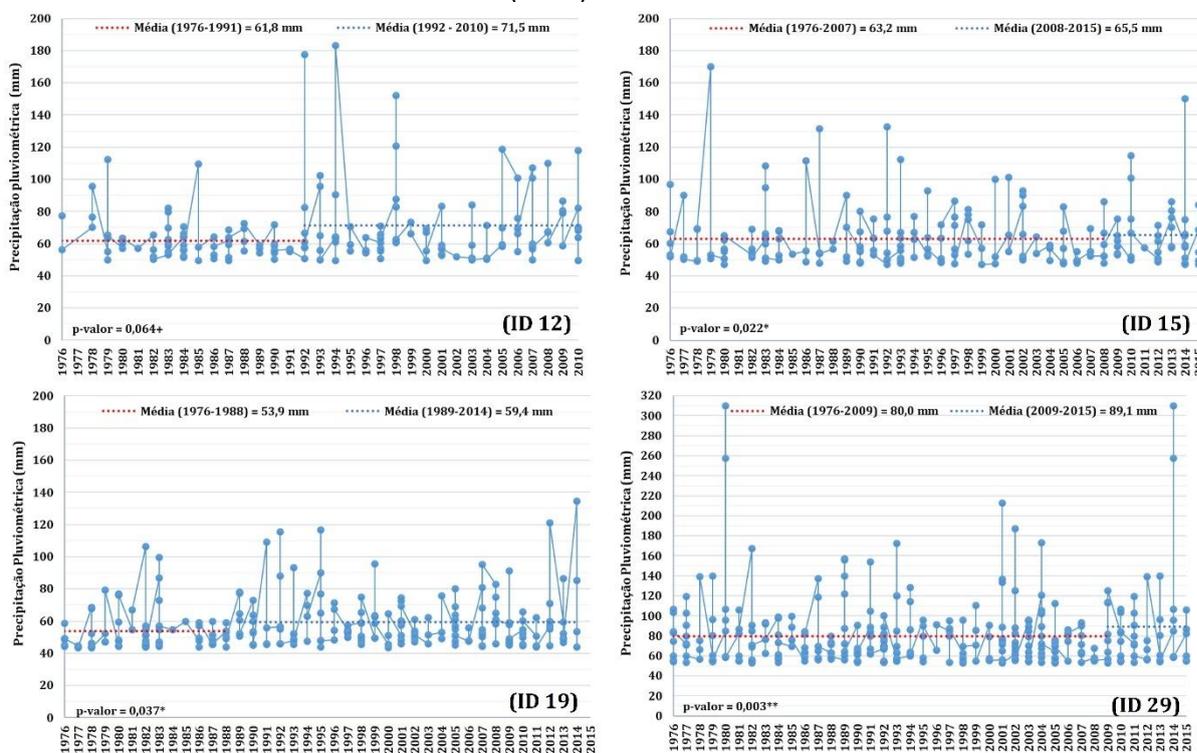


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

As discontinuidades identificadas nas localidades de São Mateus do Sul (ID 12) e Quitandinha (ID 19), ambas situadas na BHAJ, foram observadas entre 1992 e 1989, com 90% e 95% de significância estatística, respectivamente. Estas discontinuidades indicaram o aumento das chuvas fortes em 9,7 mm e 5,5 mm, nesta ordem, sendo que entre os anos de 1992 e 1998 há uma maior frequência das chuvas diárias superiores a 80 mm (Figura 7).

Além disso, foram identificadas discontinuidades mais recentes em relação às demais apresentadas para os totais anuais e chuvas máximas diárias na área de estudo. Localizada na BHAJ, observou-se em São João do Triunfo (ID 15), com 95% de significância, o aumento das chuvas fortes a partir de 2008, o que representa, no entanto, um aumento de somente 2,3 mm. Com 99% de significância, destaca-se a discontinuidade ocorrida no ano de 2009 em Guaratuba (ID 29 - BHL), o que demonstra o aumento de 9,1 mm ao longo da série analisada (Figura 7).

Figura 7 - Registros de chuvas fortes (95p) e discontinuidades identificadas nas séries históricas de São Mateus do Sul (ID 12), São José do Triunfo (ID 15), Quitandinha (ID 19) e Guaratuba (ID 29) - Paraná.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

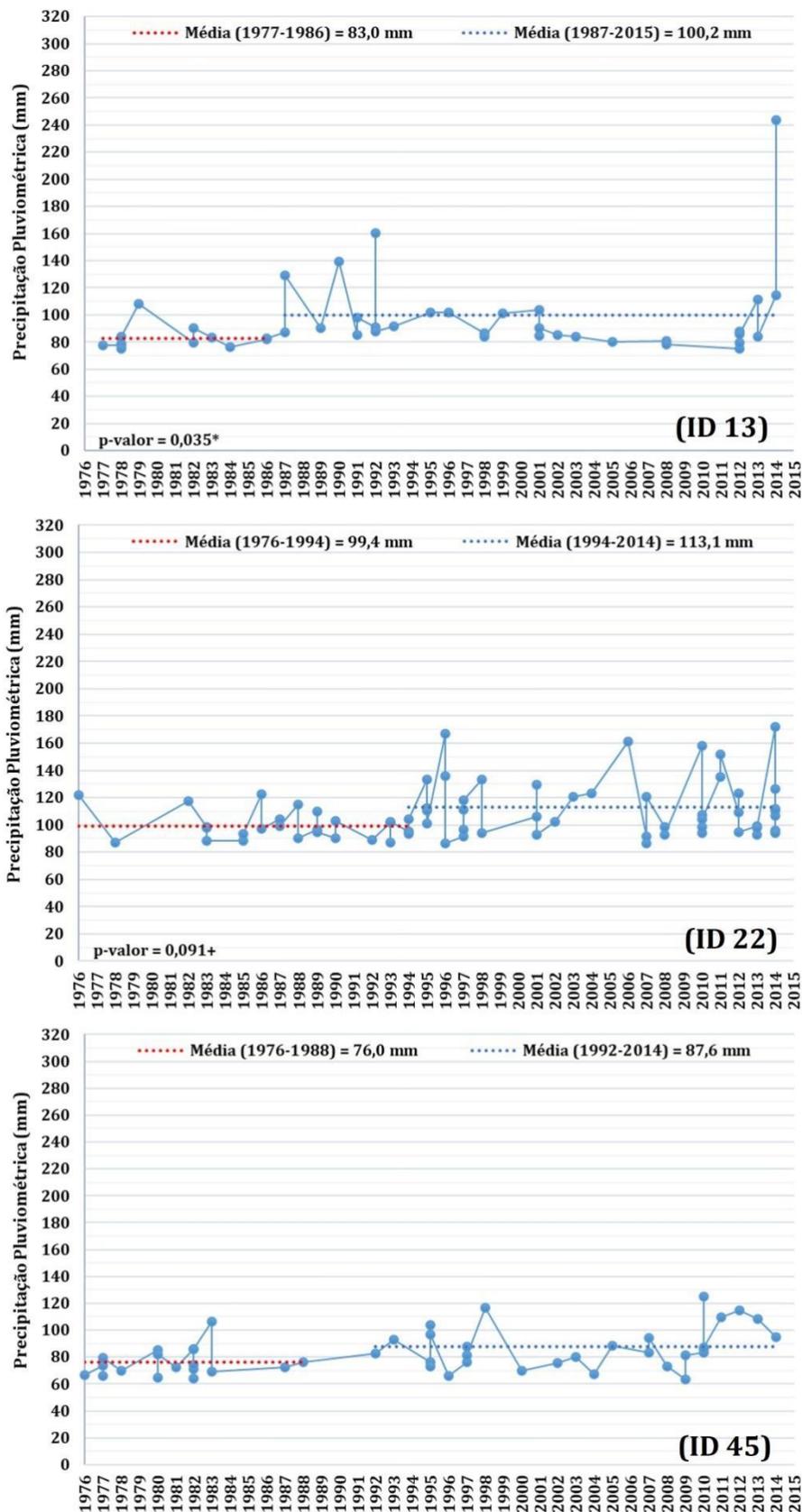
A aplicação do teste Mann-Kendall para as chuvas intensas (99p) mostrou a tendência

de redução das precipitações diárias equivalente ou superior a este limiar diário em três postos pluviométricos das bacias hidrográficas analisadas. A única modificação observada na BHA se deu em Mandirituba (ID 6), com 90% de significância, com a diminuição de 3,2 mm/década das chuvas diárias intensas, resultando em cerca de 12,8 mm em 40 anos de observações (Tabela S5). Na BHAR, obteve-se a redução das chuvas 99p em Ponta Grossa (ID 55), com a significância estatística de 95%, equivalente a -3,7 mm/década ou a um total de -14,7 mm ao longo da série histórica. Contrapondo-se, também se observou na BHAR o aumento das chuvas intensas (99p) em Campo Largo (ID 45), com 99,9% de significância estatística, a maior dentre as analisadas para as chuvas fortes e intensas, e que indica o acréscimo de 5,3 mm/década desta categoria pluvial e a um total de, aproximadamente, 21,3 mm (Tabela S6).

Na BHL, os resultados demonstraram tendências estatisticamente significativas de aumento em dois postos pluviométricos, sendo que nas localidades de Antonina (ID 22) e em Morretes (ID 32) obteve-se o acréscimo de 0,3 mm e 0,2 mm ao ano, considerando-se 90% e 95% de significância, o que corresponde a 11,8 mm e a 9,6 mm ao longo do segmento temporal avaliado, nesta ordem. Entretanto, em Antonina (ID21) e em Guaraqueçaba (ID24) verificou-se a diminuição das chuvas intensas em 0,3 mm e 0,4 mm/ano, com uma significância estatística de 95% e 90%, o que mensura uma diminuição de 13,8 mm a 17,8 mm das chuvas 99p nestas localidades ao longo da série temporal (Tabela S7).

De modo geral, predominaram as descontinuidades entre o período de 1986 e 1994, identificadas em cinco das sete séries com a significância estatística pelo teste Pettitt. Identificou-se em São Mateus do Sul (ID 13) a primeira descontinuidade dentre as obtidas pelo referido teste estatístico, no ano de 1986, com 95% de significância estatística, sendo que anteriormente a este período a média das chuvas intensas equivalia a 83,0 mm e, após a descontinuidade, aumentou para 100,3 mm. No posto pluviométrico de Campo Largo (ID 45), a uma significância de 90%, identificou-se o aumento da média das chuvas intensas de 76,0 mm para 87,6 mm após a ruptura observada em 1988. Também com uma significância de 90%, a descontinuidade ocorrida em 1994 no posto pluviométrico de Antonina (ID 22) demonstra o acréscimo médio das chuvas intensas de 99,4 mm para 113,1 mm (Figura 8).

Figura 8 - Registros de chuvas intensas (99p) e descontinuidades identificadas nas séries históricas de São Mateus do Sul (ID 13), Antonina (ID 22) e Campo Largo (ID 45) - Paraná.

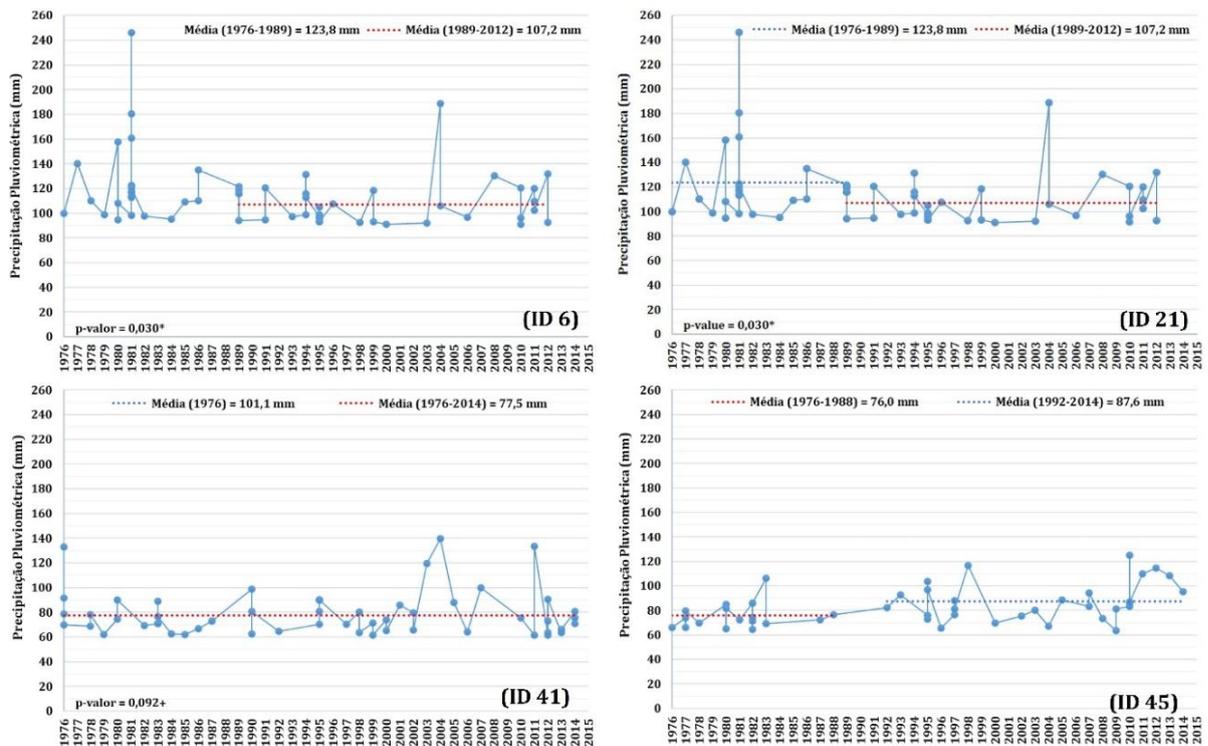


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Ainda no segmento temporal principal das discontinuidades observadas para as chuvas intensas, em Antonina (ID 21) verificou-se a diminuição das chuvas intensas com a discontinuidade no ano de 1989, com 95% de significância, sendo que o período anterior a esta mudança se caracterizava por uma média de 123,8 mm e, em seguida, diminui para 107,2 mm. Em Ponta Grossa (ID 55), com 95% de significância, demonstra-se a redução das chuvas intensas a partir de 1991, uma vez que a média destas alturas pluviométricas diárias equivalia a 99,6 mm e decaiu para 86,3 mm no período seguinte (Figura 9).

Com 90% de significância, as únicas discontinuidades que destoam temporalmente em relação às descritas acima se deram em Mandirituba (ID 6) e em Campina Grande do Sul (ID 41). Nesta última localidade, observa-se que a discontinuidade ocorreu logo no primeiro ano da série temporal, em 1976, no qual ocorreram elevados totais pluviais diários intensos, com uma média de 101,1 mm e, no restante dos anos analisados a média deste limiar pluvial esteve em 77,5 mm. No primeiro posto pluviométrico (ID 6), a diminuição das chuvas intensas ocorreu em 2002, com um decréscimo de 88,7 mm para 75,5 mm da média dos registros de chuvas iguais ou superiores ao referido total (Figura 9).

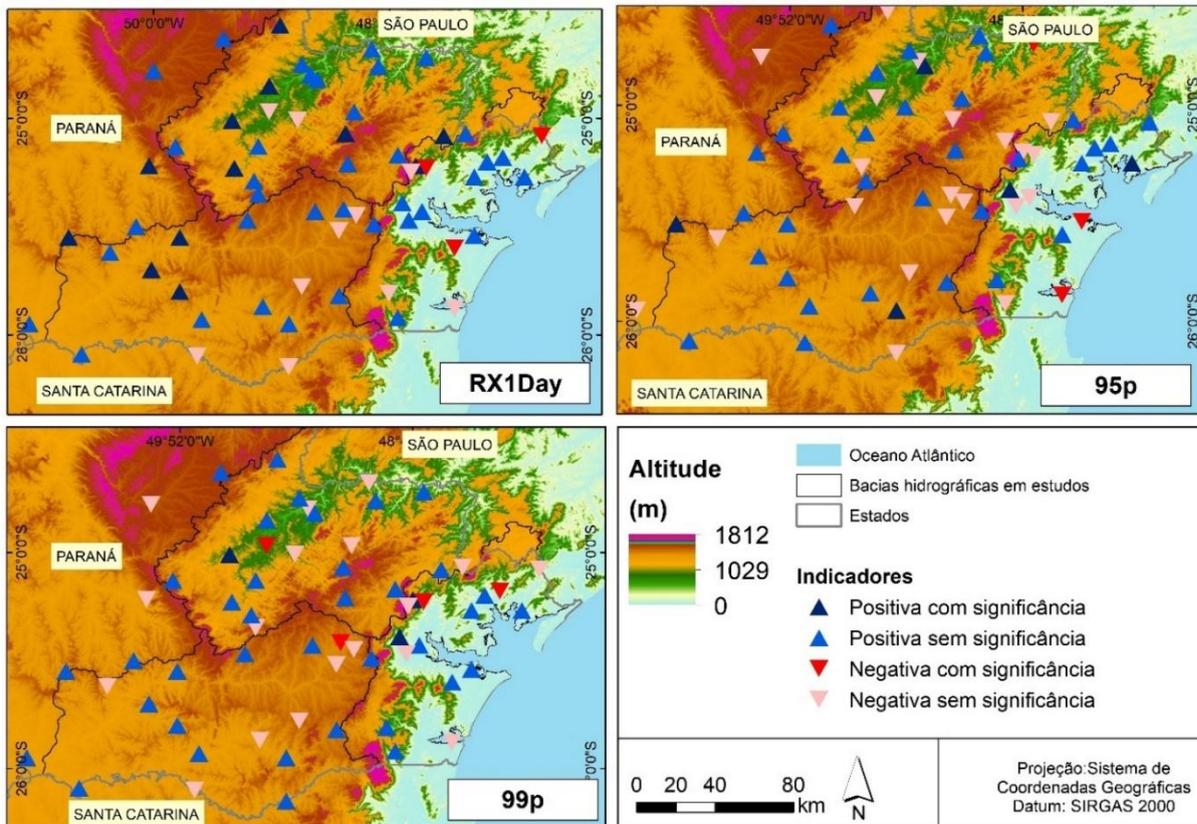
Figura 9 - Registros de chuvas intensas (99p) e discontinuidades identificadas nas séries históricas de Mandirituba (ID 6), Antonina (ID 21), Campina Grande do Sul (ID 41) e Ponta Grossa (ID 45) - Paraná.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Em suma, o teste Mann-Kendall (TMK) indicou tendência de aumento da precipitação máxima diária anual (mm) em quarenta e nove postos pluviométricos, equivalente a 79,0% da área de estudo. Contudo, somente em doze postos pluviométricos obteve-se significância estatística acima de 90%, correspondendo a 19,4% dessas localidades e, destacadamente, com localização prevalente no setor oeste das BH's do Alto Iguaçu e Alto Ribeira, em um setor de relevo de planalto e/ou adjacências da Serra Geral. É importante destacar também que há o predomínio de tendências positivas do RX1Day para o setor situado nas proximidades da Serra do Mar ao longo da BHAR, uma região possivelmente influenciada pelo efeito orográfico. Com um número menos significativo de postos pluviométricos, foram observadas tendências de diminuição da chuva máxima diária anual em treze localidades (21,0%). Por fim, identificou-se significância estatística em três postos pluviométricos (4,8%), sendo todos localizados na BHL (Figura 10).

Figura 10 – Distribuição espacial das tendências positivas (azul) e negativas (vermelho) de chuvas máximas diárias anuais (RX1Day), chuvas fortes (95p) e chuvas intensas (99p) em séries históricas entre 1976 e 2015 para as BH's Alto Iguaçu, Litorânea e Alto Ribeira, Paraná.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os resultados para chuvas fortes (95p) e intensas (99p) apresentaram, em sua maioria, tendências de aumento, embora com menor grau de significância estatística. Em trinta e oito postos pluviométricos (61,3%), foram verificadas tendências de acréscimo de chuvas fortes, sendo que isso ocorreu somente em cinco localidades (8,1%). Majoritariamente, as tendências de aumento de chuvas fortes se concentraram no setor oeste da BHA1 e BHAR, e no setor centro-norte da BHL. Por fim, com uma maior dispersão espacial, foram verificadas tendências de redução das chuvas fortes em vinte e quatro localidades (38,7%), sendo que, em dois postos pluviométricos (3,2%), identificou-se significância estatística (Figura 10).

Para as chuvas intensas (99p), foram identificadas tendências de aumento em quarenta postos pluviométricos (64,5%), sendo que, em duas localidades da BHL e uma outra situada na BHAR, nas proximidades da Serra Geral, o TMK apontou significância estatística. Finalmente, foram verificadas tendências de diminuição de chuvas intensas em vinte e duas localidades, com significância estatística em dois postos pluviométricos situados na BHL e em uma localidade em cada uma das demais BH's (Figura 10).

As tendências de aumento de chuvas diárias fortes e intensas estão em conformidade ao esperado para a área de estudo. Entretanto, os trabalhos anteriores realizados nesta região ou em suas proximidades não avaliaram restritamente estes totais pluviais diários de modo individualizado como realizado nesta pesquisa. Como exemplo, Luiz-Silva et al. (2015) utilizaram-se dos totais anuais de R95p e R99p para investigar as tendências de modificações destas chuvas no estado do Paraná e, contudo, observaram somente a diminuição estatisticamente significativa dos acumulados de chuvas fortes na região Norte paranaense, resultados próximos observados para a redução destes registros pluviais em Guaraqueçaba (ID27) e Morretes (ID33), localizados no litoral paranaense.

Os estudos de Pinheiro (2016) indicaram o predomínio de tendências de aumento para a maior parte da BHA1 para o total de chuvas diárias superiores a 95% dos percentis, com um aumento mais expressivo da frequência de eventos em número de dias que este limiar foi superado. Condizente com os resultados obtidos nesta pesquisa, tanto a intensidade e a frequência de precipitação diária superior a 99% dos percentis mostraram um padrão menos pronunciado para a BHA1.

Goudard (2019) obteve resultados semelhantes aos identificados nesta pesquisa para a BHA1, destacando o aumento dos limiares de chuva superiores a 95% (95p) e da chuva

máxima diária anual (RX1Day). Além disso, para o P95, constatou-se um aumento da frequência de chuvas nos meses de inverno e primavera. Inversamente, observou-se que poucas estações apresentaram tendências estatisticamente significativas para chuvas diárias superiores a 99% dos percentis (99p).

As modificações encontradas nas séries temporais de chuvas fortes e intensas estão em acordo com as observações de Pinheiro et al. (2013) para a região Sul do Brasil, uma vez que estes autores identificaram o aumento significativo das chuvas em Curitiba a partir de 1997 e destacaram que a maioria dos postos pluviométricos do estado do Paraná tiveram modificações nas séries temporais entre as décadas de 1980 e 1990. Estas tendências temporais estão em acordo também com as observações anteriores de Minuzzi e Caramori (2011) e Nascimento Júnior et al. (2013).

Segundo Barros et al. (2008), os eventos de El Niño contribuem com estas tendências positivas para o total da precipitação pluviométrica em grande parte da região Sudeste da América do Sul, com valores mais expressivos no Paraguai, o Nordeste da Argentina e o Sul do Brasil. Liebmann et al. (2004) analisaram tendências sazonais sobre o Sudeste da América do Sul, encontrando a maior tendência sobre o Sul do Brasil durante o período de janeiro a março do período de 1976 a 1999, além de encontrarem uma boa correlação entre essa tendência e o aquecimento simultâneo na temperatura da superfície do mar do Oceano Atlântico Sul.

Alinhando-se ao observado nesta pesquisa, Zanella (2007) destacou a influência dos eventos de El Niño em ocasionar mais frequentemente chuvas intensas e, especialmente, em aumentar significativamente os riscos aos desastres naturais desencadeados pelas chuvas superiores a 60 mm diários na cidade de Curitiba, embora pesquisas mais recentes também demonstrem que valores inferiores a este limiar já causam impactos na capital do estado do Paraná (Pinheiro, 2016; Roseghini, 2016; Goudard; Mendonça, 2022).

Lohmann e Santos (2015) identificaram dois padrões principais de chuva que provocam alagamentos. O primeiro padrão requer chuva no dia do evento, com precipitação igual ou superior a 36,0 mm, associado a chuvas convectivas, especialmente no verão. Por sua vez, o segundo padrão apresenta maior precipitação no dia anterior ao evento, com aumento de chuva a partir do terceiro dia anterior, relacionado à entrada de frentes frias que atuam por vários dias. Em comparação, o padrão 1 tem maior frequência e pode ultrapassar 120 mm diários, enquanto o padrão 2, embora menos frequente, pode chegar a 100,0 mm diários.

Habitualmente, a região Sul do Brasil apresenta maiores totais pluviométricos em condições de aquecimento anômalo do pacífico equatorial (Nery; Carfan, 2014; Correa; Galvani 2020), com a atuação do El Niño e, conforme apontaram Nascimento-Júnior e Sant'Anna Neto (2016), a fase quente da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), em sua fase mais intensa, é uma das responsáveis por aumentar a frequência e a intensidade dos eventos de El Niño. Deste modo, associa-se a ocorrência de descontinuidades verificadas entre o final das décadas de 1980 e 1990 com a fase quente da ODP, em que há uma intensificação dos eventos de El Niño.

Ao analisar as tendências de precipitação pluvial, Pedron et al. (2017) identificaram que a frequência das chuvas iguais ou superiores a 95% dos percentis (R95p) em Curitiba (PR) está relacionada aos seguintes fatores: Índice de Oscilação Sul (SOI); Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); às Anomalia de Temperatura da Superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico; à Oscilação Multidecadal do Atlântico; ao Índice de escala de monções na América do Sul. Estes autores, entretanto, adicionaram a necessidade de investigação de outros elementos, como a urbanização, a poluição do ar e outras variáveis ambientais.

No entanto, ressalta-se o provável impacto decorrente da intensa urbanização desta área de estudo, mormente entre as décadas supracitadas, que potencializaram o aumento significativo da temperatura do ar e, conseqüentemente, uma maior atividade convectiva e, por sua vez, a elevação da magnitude e frequência das chuvas máximas diárias anuais. Nesta perspectiva, Terassi et al. (2022) apontaram para um acréscimo de 0,4°C/década da temperatura média mínima anual na cidade de Curitiba ao longo desta mesma série avaliada, sendo uma indicação de um aumento de 1,6°C ao longo de 40 anos de análise.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a chuva máxima diária anual, obteve-se o aumento dos totais diários em sete postos pluviométricos na BHAR e em quatro postos pluviométricos da BHAI, considerando a significância de 90%. Na BHL, observou-se o mais expressivo aumento da chuva máxima diária em Antonina (ID 22), na ordem de 10,6 mm/década, ao passo que as únicas tendências de diminuição na área em estudo ocorreram em outros três postos pluviométricos desta BH, destacando-se a redução em 9,4 mm/década em Guaraqueçaba (ID 27). Sendo assim, as

principais descontinuidades nas séries temporais se deram entre os anos de 1988 e 1999, concordantes com os resultados anteriores e ao identificado para o total pluviométrico anual por outras pesquisas nesta mesma área de estudo.

Para as chuvas diárias superiores a 95% dos quantis (95p), obtiveram-se o aumento em dois postos pluviométricos na BHAI e na BHL e um outro na BHAR, destacando-se São Mateus do Sul (ID12) da BHAI, com a tendência positiva de 1,8 mm/década, com 95% de significância. Inversamente, verificou-se a diminuição das chuvas diárias superiores a 95% dos quantis em dois postos pluviométricos da BHL e um da BHAR, sendo que nesta primeira BH obteve-se a diminuição de 1,4 mm/década em Morretes (ID 33) para uma significância de 95%. Para as chuvas diárias superiores a 99% dos quantis (99p), houve o aumento destas alturas pluviais em dois postos pluviométricos da BHL e em um posto pluviométrico na BHAR, com destaque para a tendência positiva observada em Campo Largo (ID 45), em 5,3 mm/década e com uma significância estatística de 99,9%. Para este mesmo limiar das chuvas diárias, notaram-se outras duas tendências negativas na BHL, uma para a BHAI e outra para a BHAR, na qual a diminuição no posto pluviométrico de Ponta Grossa (ID 55) esteve na ordem de 3,7 mm/década com 95% de significância.

Estes resultados permitiram identificar os totais máximos diários esperados e, sobretudo, possibilitaram verificar quais os períodos de mudança em séries climáticas. Tais resultados são consonantes com os demais obtidos nesta região do território brasileiro, com tendências significativas de aumento das precipitações máximas diárias anuais, aspecto que torna preeminente os riscos socioambientais e econômicos que a área de estudo está submetida. Como uma das premissas desta pesquisa, espera-se que este estudo contribua para o redimensionamento de obras de drenagem agrícola, urbana e rodoviária, com indicação dos parâmetros essenciais para a aplicação de práticas que minimizem os impactos socioambientais das grandes inundações e deslizamentos de terra.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Bolsa de Pós-Doutorado Júnior (PDJ) concedida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo nº 165450/2020-7). A segunda autora agradece à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do

Estado de São Paulo) pela concessão da Bolsa de Pós-Doutorado Júnior (PDJ) - (Processo nº 22/02383-3). O terceiro autor agradece ao CNPq por meio do incentivo financeiro proveniente da bolsa de Pesquisa e Produtividade (PQ2) e à FAPERJ pela bolsa Jovem Cientista do Nosso Estado (JCNE). O quarto autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Produtividade - Nível 1D (Processo nº 304973/2017-3). O quinto autor agradece à Bolsa de Pós-Doutorado Júnior (PDJ) concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES GONÇALVES, J.L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 19 nov. 2024.

APARECIDO, L.E.O; ROLIM, G.S.; RICETTI, J.; SOUZA, P.S.; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.40, n.4, p.405-417, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542016404003916>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/nfcXCJMxKD35kv6DppjpPMY/?lang=en>. Acesso em: 19 nov. 2024.

ÁVILA, A.; JUSTINO, F.; WILSON, A.; BROMWICH, D.; AMORIM, M. Recent precipitation trends, flash floods and landslides in southern Brazil. **Environmental Research Letters**, v.11, n.11, p.1-13, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/114029>. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/11/114029>. Acesso: 19 nov. 2024.

BARROS, V.R.; DOYLE, M.E.; CAMILLONI, I.A. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. **Theoretical and Applied Climatology**, v.93, n.1, p.19-33, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-007-0329-x>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-007-0329-x>. Acesso: 19 nov. 2024.

CORREA, M.G.G.; GALVANI, E. O impacto do ENOS na variabilidade temporal da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR. **Revista do Instituto Geológico**, v.41, n.3, p.21-33, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33958/revig.v41i3.717>. Disponível em: <https://revistaig.emnuvens.com.br/rig/article/view/717>. Acesso: 19 nov. 2024.

DALAGNOL, R.; GRAMCIANINOV, C.B.; CRESPO, N.M.; CRESPO, N.M.; LUIZ, R.; CHIQUETTO, J.B.; MARQUES, M.T.A.; DOLIF NETO, G.; ABREU, R.C.; LI, S.; LOTT, F.C.; ANDERSON, L.O.; SPARROW, S. Extreme rainfall and its impacts in the Brazilian Minas Gerais state in January 2020: Can we blame climate change? **Climate Resilience and Sustainability**, v.1, n.1, p.1-15,

2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/cli2.15>. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cli2.15>. Acesso: 19 nov. 2024.

FOWLER, H.J.; LENDERINK, G.; PREIN, A.F.; WESTRA, S.; ALLAN, R.P.; BAN, N.; BARBERO, R.; BERG, P.; BLENKINSOP, S.; DO, H.X.; GUERREIRO, S.; HAERTER J.O.; KENDON, E.J.; LEWIS, E.; SCHAER, C.; SHARMA, A.; VILLARINI, A.; WASKO, C.; ZHANG, X. Anthropogenic intensification of short-duration rainfall extremes. **Nature Reviews Earth & Environment**, v.2, n.2, p.107-122, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-020-00128-6>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43017-020-00128-6>. Acesso: 19 nov. 2024.

FRAME, D.J.; ROSIER, S.M.; NOY, I.; HARRINGTON, L.J.; CARE-SMITH, T.; SPARROW, S.N.; STONE, D.A.; DEAN, S.M. Climate change attribution and the economic costs of extreme weather events: a study on damages from extreme rainfall and drought. **Climatic Change**, v.162, n.2, p.781-797, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02729-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-020-02729-y>. Acesso: 19 nov. 2024.

GOIS, G.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; SILVA-JÚNIOR, C.A.; SOBRAL, B.S.; TERASSI, P.M.B.; LEONEL JUNIOR, A.H.S. Statistical normality and homogeneity of a 71-year rainfall dataset for the state of Rio de Janeiro-Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.141, n.6, p.1-19, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03270-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-020-03270-9>. Acesso: 19 nov. 2024.

GOUDARD, G. **Eventos pluviiais extremos e riscos hidrometeorológicos híbridos na bacia do Alto Iguaçu (Paraná)**. 236 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/61973>. Acesso: 19 nov. 2024.

GOUDARD, G.; MENDONÇA, F.A. Riscos hidrometeorológicos híbridos na bacia do Alto Iguaçu - Paraná (Brasil). **Confins**, n.54, p.1-17, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.44833>. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/44833>. Acesso: 19 nov. 2024.

HAYLOCK, M.R.; PETERSON, T.; ALVES, L.M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIAÇÃO, Y.M.T.; BAEZ, J.; BARROS, V.R.; BERLATO, M.A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.J.; GARCIA, V.J.; GRIMM, A.M.; KAROLY, D.; MARENGO, J.A.; MARINO, M.B.; MONCUNILL, D.F.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J.L.; TREBEJO, I.; VINCENT, L. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, v.19, n.8, 1490-1512, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI3695.1>. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/19/8/jcli3695.1.xml>. Acesso: 19 nov. 2024.

HIRSCH, R.M.; SLACK, J.R. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. **Water Resources Research**, v.20, n.6, p.727-732, 1984. DOI: <https://doi.org/10.1029/WR020i006p00727>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/WR020i006p00727>. Acesso: 19 nov. 2024.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Cidades@**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curitiba/panorama>>. Acesso: 23 mar. 2023.

JORGE, F.V.; MENDONÇA, F.A. O clima no litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.3/4, p.49-63, 2008. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v3i0.25423>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25423>. Acesso: 19 nov. 2024.

KENDALL, M.G. **Rank correlation methods**. 5ª Edição. London: Charles Griffin. 1990. 292p.

KOCSIS, T.; KOVÁCS-SZÉKELY, I.; ANDA, A. Homogeneity tests and non-parametric analyses of tendencies in precipitation time series in Keszthely, Western Hungary. **Theoretical and Applied Climatology**, v.139, n.3-4, p.849–859, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03014-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-019-03014-4>. Acesso: 19 nov. 2024.

LIEBMANN, B.; VERA, C.S.; CARVALHO, L.M.V.; CAMILLONI, I.A.; HOERLING, M.P.; ALLURED, D.; BARROS, V.R.; BA'EZ, J.; BIDEGAIN, M. An observed trend in central South American precipitation. **Journal of Climate**, v.17, n.22, p.4357-4367, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1175/3205.1>. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/17/22/3205.1.xml>. Acesso: 19 nov. 2024.

LOHMANN, M.; SANTOS, L.J.C. Determinação de padrões de chuva crítica para ocorrência de alagamentos em Curitiba-PR utilizando rede neural artificial SOM (Self Organizing Map). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p.227-245, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41816>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/41816>. Acesso: 19 nov. 2024.

LUIZ-SILVA, W.; DEREZYNSKI, C.; CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B.J.; TRISTÃO, L.; RUGGERI, J. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, n.2, p.181-194, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-778620130622>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/G5w6XK4sLCFKJYNs8SFjgcn/>. Acesso: 19 nov. 2024.

LUIZ-SILVA, W.; OSCAR-JÚNIOR, A.C. Climate extremes related with rainfall in the State of Rio de Janeiro, Brazil: a review of climatological characteristics and recorded trends. **Natural Hazards**, v.122, n.2, p.1-20, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05409-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-022-05409-5>. Acesso: 19 nov. 2024.

MANN, H.B. Non-parametric test against trend. **Econometrika**, v.13, n.3, p.245–259, 1945. DOI: <https://doi.org/10.2307/1907187>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1907187>. Acesso: 19 nov. 2024.

MINUZZI, R.B.; CARAMORI, P.H. Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no estado do Paraná. **Ceres**, v.58, n.5, p.593-602, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000500009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/Z9f7dSH94QdQnM9DwWJhTBt/>. Acesso: 19 nov. 2024.

MORABBI, A.; BOUZIANE, A.; SEIDOU, O.; HABITOU, N.; OUAZAR, D.; OUARDA, T.B.M.J.; CHARRON, C.; HASNAOUI, M.D.; BENRHANEM, M.; SITTICHOK, K. A multiple changepoint approach to hydrological regions delineation. **Journal of Hydrology**, v.604, n.D34, p.127118, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127118>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169421011689>. Acesso: 19 nov. 2024.

MURARA, P.; ACQUAOTTA, F.; GARZENA, D.; FRATIANNI, S. Daily precipitation extremes and their variations in the Itajaí River Basin, Brazil. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v.131, n.4, p.1145-1156, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00703-018-0627-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00703-018-0627-0>. Acesso: 19 nov. 2024.

NASCIMENTO-JÚNIOR, L.; SILVESTRE, M.R.; DUBREUIL, V.; SANT'ANNA NETO, J.L. Descontinuidades e tendências em séries históricas no Paraná. *In*: XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Vitória, p.298-307, 2013. **Anais do XV Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada**, 2013.

NASCIMENTO-JÚNIOR, L.; SANT'ANNA NETO, J.L. Contribuição aos estudos da precipitação no estado do Paraná: a oscilação decadal do Pacífico - ODP. **RA'E GA: o Espaço Geográfico em Análise**, v.35, n.2, p.314-343, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5380/raega.v35i0.42048>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/42048>. Acesso: 19 nov. 2024.

NERY, J.T.; CARFAN, A.C. Re-analysis of pluvial precipitation in southern Brazil. **Atmosfera**, v.27, n.2, p.103-114, 2014. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0187-6236\(14\)71104-X](https://doi.org/10.1016/S0187-6236(14)71104-X). Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56531042001>. Acesso: 19 nov. 2024.

OLIVEIRA, M.R.P.; GALVANI, E. Eventos extremos de precipitação no perfil longitudinal Paraty (RJ) - Campos do Jordão (SP). **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, Volume especial XVII SBGFA/I CNGF (2017), p.58-65, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.133419>. Disponível: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/133419>. Acesso: 19 nov. 2024.

PEDRON, I.T.; SILVA DIAS, M.A.F.; PAULA DIAS, S.; CARVALHO, L.M.V.; FREITAS, E.D. Trends and variability in extremes of precipitation in Curitiba - Southern Brazil. **International Journal of Climatology**, v.37, n.3, p.1250-1264, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.4773>. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/joc.4773>. Acesso: 19 nov. 2024.

PETTITT, A.N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Applied Statistics**, v.28, n.2, p.126-135, 1979. DOI: <https://doi.org/10.2307/2346729>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2346729>. Acesso: 19 nov. 2024.

PINHEIRO, A.; GRACIANO, R.L.G.; SEVERO, D.L. Tendência das séries temporais de precipitação da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28 n.3, p.281-290, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/hxgYttwTb6yWlp5ZXjft4Yz/?lang=pt>. Acesso: 19 nov. 2024.

PINHEIRO, G.M. **Variabilidade temporo-espacial da pluviosidade na bacia do alto Iguaçu**. 274f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de

Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/44481>. Acesso: 19 nov. 2024.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 2017. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <www.r-project.org, ISBN 3-900051-07-0. Acesso: 24 mar. 2023.

REGOTO, P.; DEREZYNSKI, C.; CHOU, S.C.; BAZZABEKAM, A.C. Observed changes in air temperature and precipitation extremes over Brazil. **International Journal of Climatology**, v.41, n.11, p.5125-5142, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.7119>. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/joc.7119>. Acesso: 19 nov. 2024.

ROSEGHINI, W.F.F. Climatologia micro-temporal: análises e reflexões sobre a importância do refinamento temporal no estudo de eventos extremos de precipitação e sua repercussão no espaço. In: XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Goiânia, p.2424-2434, 2016. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2016.

SANT'ANNA NETO, J.L. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, v.4, n.1, p.51-72, 2008. DOI: <https://doi.org/10.5418/RA2008.0404.0004>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6599>. Acesso: 19 nov. 2024.

SANTOS, A.P.P.; ARAGÃO, M.R.S.; CORREIA, M.F.; SANTOS, S.R.Q.; SILVA, F. D.S.; ARAÚJO, H.A. Precipitação na cidade de Salvador: variabilidade temporal e classificação em Quantis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.31, n.4, p.1-14, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-778631231420150048>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/mGXD3Vw9vdhtxM3QnhHQBLh/?lang=pt>. Acesso: 19 nov. 2024.

SEN, P.K. Estimates of the regression coefficient based on Kendalls's tau. **Journal of the American Statistical Association**, v.63, n.324, p.1379-1389, 1968. DOI: <https://doi.org/10.2307/2285891>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1968.10480934>. Acesso: 19 nov. 2024.

SNEYERS, R. **Sur l'analyse statistique des séries d'observations**. Genève: Organisation Météorologique Mondial. 1975.192p.

TEIXEIRA, M.S.; SATYAMURTY, P. Dynamical and synoptic characteristics of heavy rainfall episodes in Southern Brazil. **Monthly Weather Review**, v.135, n.2, p.598-617, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1175/MWR3302.1>. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/135/2/mwr3302.1.xml>. Acesso: 19 nov. 2024.

TERASSI, P.M.B.; GALVANI, E. Identification of Homogeneous Rainfall Regions in the Eastern Watersheds of the State of Paraná, Brazil. **Climate**, v.5, n.3, p.53-65, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli5030053>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2225-1154/5/3/53>. Acesso: 19 nov. 2024.

TERASSI, P.M.B.; OSCAR-JÚNIOR, A.C.S.; GALVANI, E.; OLIVEIRA JUNIOR, J.F.; SOBRAL, B.S.; BIFFI, V.H.R.; GOIS, G. Daily rainfall intensity and temporal trends in eastern Paraná state - Brazil. **Urban Climate**, v.42, p.101090, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101090>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095522000086>. Acesso: 19 nov. 2024.

WMO - World Meteorological Organization. **Guide to the Global Observing System**. WMO n°. 488, 3ª Edição. Genebra: WMO, 2007.

ZANDONADI, L.; ACQUAOTTA, F.; FRATIANNI, S.; ZAVATTINI, J.A. Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River Basin). **Theoretical and Applied Climatology**, v.119, n.1, p.741-756, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1391-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-015-1391-4>. Acesso: 19 nov. 2024.

ZANELLA, M.E. Impactos pluviais no Bairro Cajuru - Curitiba - PR. **Mercator**, Fortaleza, v.6, n.11, p.93-105, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/4757> Acesso: 19 nov. 2024.