

ESTUDO HIDROLÓGICO DAS PRECIPITAÇÕES EXTREMAS DE ABRIL E MAIO DE 2024 NO RIO GRANDE DO SUL

Ananda da Silva Knoedt ¹ ; *Matheus Martins de Sousa* ² & *Osvaldo Moura Rezende* ³

Abstract: It is estimated that 5.6% of the area of the state of Rio Grande do Sul was directly affected by disasters such as landslides, flash floods, river floods, and urban flooding, caused by the intense rainfall that occurred in April and May of 2024 in the Guaíba River Basin region. The overflow of Lake Guaíba reached the highest level ever recorded, exceeding its flood threshold by 1.75 meters. This study aims to conduct a hydrological characterization of the region in order to comprehend the sequence of events that led to the observed catastrophic floods. The adopted methodology involves the analysis of historical data series from consistent rain gauge stations within the Guaíba River Basin, aiming to evaluate the recurrence of the extreme events of April and May 2024 and comparing them to the design parameters recommended for micro and macro drainage infrastructure.

Key-words – hydrological characterization, historical series, extreme events, floods, Rio Grande do Sul

Resumo:

Estima-se que 5,6% da área do estado do Rio Grande do Sul foi afetada diretamente por desastres como deslizamentos, enxurradas, inundações e alagamentos, provocados pelas intensas precipitações ocorridas em abril e maio de 2024, na região da Bacia Hidrográfica do Guaíba. O extravasamento do nível do Lago Guaíba foi o maior já registrado, ultrapassando em 1,75 metro a sua cota de inundação. Este trabalho visa à caracterização hidrológica da região, a fim de compreender a sequência de eventos que culminaram nas cheias catastróficas observadas. A metodologia adotada engloba a análise de séries históricas de postos pluviométricos consistentes da Bacia Hidrográfica do Guaíba, com o objetivo de avaliar a recorrência dos eventos extremos ocorridos em abril e maio de 2024 e compará-los aos parâmetros recomendados para obras de micro e macrodrenagem.

Palavras-Chave – caracterização hidrológica, séries históricas, eventos extremos, enchentes, Rio Grande do Sul

INTRODUÇÃO

O crescimento de eventos extremos, relacionado ao aumento da temperatura média global apresenta a urgência na aplicação de medidas preventivas e mitigadoras de impactos ambientais relacionados a chuvas e secas extremas (IPCC, 2023).

A quantidade atual de CO₂ na atmosfera equivale a 150% do valor registrado desde o início da Revolução Industrial do século XVIII (NASA, 2025). As emissões de gases de efeito estufa (GEE) induzidas pelo homem tem provocado um processo contínuo de aquecimento global, que já alcançou 1,54°C acima dos níveis da era pré-industrial (WMO, 2025). Segundo a avaliação de 2025 da Organização Meteorológica Mundial (WMO), a década entre 2015 e 2024, foi a mais quente já registrada. Em 2024, a temperatura média da superfície terrestre foi de 1,55 °C ± 0,13 °C acima da

1) Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro; anandask@poli.ufrj.br

2) Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro; matheus@poli.ufrj.br

3) Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro; omrezende@poli.ufrj.br

média de 1850-1900. Esse aumento de temperatura associa-se a consequências como ocorrências de eventos extremos, como secas e precipitações intensas.

Segundo a Nota Técnica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de eventos extremos de abril de 2024 no Brasil, neste mês houve um aumento de umidade e temperatura no Brasil intensificado por fenômenos climáticos como o El Niño e massas de ar quente provenientes da Zona de Convergência Intertropical. Um fluxo de umidade vindo da Região Amazônica e do Pacífico foi responsável por uma onda de calor no Sudeste e Centro-Oeste que, ao encontrar uma área de baixa pressão de uma frente fria já presente no Rio Grande do Sul, resultou em chuvas extremas, afetando especialmente a Região Central e os Vales do estado (INMET, 2024).

No dia 25 de abril de 2024, a Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul emitiu um alerta de temporais com risco de alagamentos. Em 29 de abril, o Instituto Nacional de Meteorologia emitiu o primeiro alerta vermelho para volume elevado de chuva no estado (BBC Brasil, 2024). No dia 30, a Defesa Civil Estadual do Rio Grande do Sul recomendou às prefeituras do estado a adoção de planos de contingência, com abrigos públicos para receber a população habitante de áreas próximas às margens dos rios alimentadores da lagoa Guaíba. Os fortes temporais que ocorreram entre o fim de abril e início de maio provocaram um aumento do volume dos rios Taquari, Caí, Pardo, Gravataí e Sinos, que possuem escoamento direto para o lago Guaíba, resultando em grandes extravasamentos para as planícies de inundação. Apesar da tentativa de adoção de medidas para evitar a amplitude dos desastres, o evento foi marcado por danos irreparáveis.

Em 05 de maio foi registrado o maior nível histórico do Lago Guaíba pela régua emergencial instalada na Usina do Gasômetro, alcançando o recorde de 5,35m, em comparação à nova cota de inundação de 3,60m. Apenas no dia 23/05/24, o nível de água desceu abaixo da cota de inundação de 3,0 m, totalizando um período de inundação de 22 dias (G1, 2024). O valor superou as cheias históricas anteriores de 1941, no qual o nível do lago Guaíba, alcançou a cota de 4,75 m, 1,75 m a cota máxima da estação Cais Mauá de 3,00 m, com uma inundação de 32 dias (G1, 2024) e de setembro de 1967, no qual o lago atingiu uma altura de 3,13 metros, evento que provocou o início da construção do sistema de proteção à cheias na capital, assegurando Porto Alegre à inundações de até 6,00m de altura (MetSul, 2023).

A recorrência de eventos extremos fortalece o senso de urgência na busca de medidas mitigadoras e de adaptação para evitar que eventos hidrológicos extremos se transformem em desastres, uma vez que suas frequências vêm aumentando nas últimas décadas (MCTI, 2024).

CONTEXTO HISTÓRICO

A região em estudo apresenta um histórico significativo de precipitações intensas, tendência intensificada nas últimas décadas com as mudanças climáticas. Um estudo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) apontou um aumento de até 30% na precipitação média anual no Sul do Brasil nas últimas três décadas (MCTI, 2024). Em 2023, a região enfrentou sucessivos eventos climáticos extremos: maio foi o mês mais quente da história da América do Sul, ciclones extratropicais em junho e chuvas severas em setembro, especialmente no Vale do Taquari. Em novembro de 2023, novas chuvas intensas desalojaram 28 mil pessoas (G1, 2024). Em abril e maio de 2024, chuvas acima de 300 mm em 24h resultaram em 177 mortes, 37 desaparecidos, 806 feridos e cerca de 400 mil desalojados (Defesa Civil RS, 2024), afetando 478 dos 497 municípios do estado (MapBiomias, 2024).

O Sistema de Proteção Contra Cheias de Porto Alegre, criado após as enchentes de 1941 e 1967, conta com 68 km de diques, 14 comportas e 23 estações de bombeamento. Embora tenha sido projetado para conter cheias de até 6 metros, falhas de manutenção permitiram a entrada de água por fendas e causaram panes elétricas nas bombas, comprometendo sua eficácia (G1, 2024). Mesmo com

o sistema de proteção operando plenamente, seria essencial limitar a ocupação de áreas vulneráveis ao Guaíba, como nas áreas de inundação do lago. Apesar da proibição legal da ocupação de áreas de inundação (Decreto-Lei nº 9.760/46), a Lei nº 14.285/2021 flexibilizou as regras em zonas urbanas consolidadas, aumentando a ocupação de Áreas de Preservação Permanente e, consequentemente, a exposição da população a riscos. A ausência de um mapeamento unificado das zonas de inundação dificulta a fiscalização municipal e a remoção de construções irregulares em áreas vulneráveis.

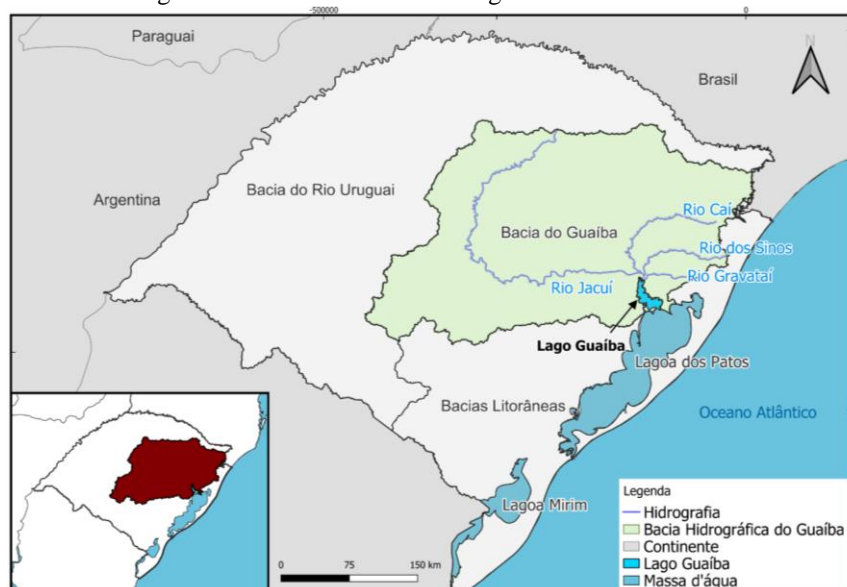
OBJETIVOS DA PESQUISA

A pesquisa busca realizar a caracterização hidrológica das precipitações intensas de abril e maio de 2024, abrangendo a definição de padrões críticos de chuva por meio da análise de séries históricas pluviométricas de postos da Agência Nacional de Águas da região, caracterizando as chuvas que provocaram as cheias de 2024 e estimando seus tempos de recorrência com o intuito de fornecer subsídios para a mitigação de impactos futuros.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os postos pluviométricos e telemétricos para caracterização hidrológica da região encontram-se na Bacia Hidrográfica do Guaíba, de área total de 84.763,54 km², equivalente a cerca de 30% do território estadual e abrangendo 251 municípios. Seus principais rios são o Jacuí, dos Sinos, Caí e Gravataí que desaguam no Lago Guaíba, de 496 km², que, por sua vez, encontra-se na sub-bacia de drenagem do Lago Guaíba de apenas 2.919 km².

Figura 1- Base cartográfica 1:25000 - Bacias Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Autoria Própria.

Caracterização Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Guaíba

A primeira etapa do estudo consistiu na caracterização hidrológica da região com o objetivo de identificar os padrões climáticos e avaliar a intensidade das precipitações extremas ocorridas em abril e maio de 2024. Para isso, foram utilizadas séries históricas de precipitação provenientes do banco de dados Hidroweb, da Agência Nacional de Águas, com no mínimo 15 anos completos de dados consistidos.

Tabela 1- Postos com séries históricas com 15 ou mais anos completos.

Código	Posto	Mais antigo	Mais recente	Anos completos
2850009	Passo Tainhas	jun/43	dez/06	57
2851003	Antônio Prado	mai/43	dez/06	56
2851021	Passo do Prata	nov/57	dez/06	44
2851022	Passo Migliavaca	out/57	dez/06	45
2851024	Prata	jan/48	dez/06	56
2851044	Guaporé	ago/85	dez/06	15
2853014	Santa Clara do Ingai	set/44	dez/06	51
2950016	Glorinha	mar/76	dez/06	22
2951022	Nova Palmira	abr/43	dez/06	56
2951024	Porto Garibaldi	jan/70	dez/06	27
2951027	São Vendelino	jan/70	dez/06	28
2951028	Sapucaia do Sul	jan/64	dez/06	40
2952003	Botucaraí	dez/65	dez/06	36
2952034	Candelária	jul/85	dez/06	15
2953008	Dona Francisca	mai/43	dez/06	57
2953030	Tupanciretã	jul/76	dez/04	21

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Hidroweb, 2024.

Para caracterizar os eventos extremos de precipitação na Bacia do Guaíba, foi aplicado o Método Estatístico de Gumbel que, a partir da determinação da média e o desvio padrão do conjunto de valores das precipitações máximas anuais registradas nos postos selecionados, são estimados os valores de altura de precipitação para diferentes períodos de retorno (TR), conforme apresentado na equação 1.

$$h_{TR} = \alpha - \beta \ln \left[\ln \left(\frac{TR}{TR-1} \right) \right] \quad (1)$$

Com:

h_{TR} : altura pluviométrica associada a um período de retorno (TR) (mm);

α, β : parâmetros da distribuição de Gumbel

As alturas de chuva para diferentes durações são obtidas pelos valores desagregados das precipitações sub-diárias, de acordo com os coeficientes do CETESB/DAEE (1979), correspondentes a duração de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos. A partir das chuvas desagregadas, estimam-se as precipitações e intensidades máximas de chuva para chuvas menores que 1 dia.

Tabela 2- Coeficientes de desagregação de chuvas.

$P_{24h} \text{ (mm)} = 1,095 \times P_{1dia}$	$P_{30min} \text{ (mm)} = 0,74 \times P_{1h}$
$P_{12h} \text{ (mm)} = 0,85 \times P_{24h}$	$P_{25min} \text{ (mm)} = 0,91 \times P_{30min}$
$P_{10h} \text{ (mm)} = 0,82 \times P_{24h}$	$P_{20min} \text{ (mm)} = 0,81 \times P_{30min}$
$P_{8h} \text{ (mm)} = 0,78 \times P_{24h}$	$P_{15min} \text{ (mm)} = 0,70 \times P_{30min}$
$P_{6h} \text{ (mm)} = 0,72 \times P_{24h}$	$P_{10min} \text{ (mm)} = 0,54 \times P_{30min}$
$P_{1h} \text{ (mm)} = 0,42 \times P_{24h}$	$P_{5min} \text{ (mm)} = 0,34 \times P_{30min}$

Fonte: CETESB/DAEE, 1979.

A estimativa do tempo de retorno das chuvas registradas em abril e maio de 2024 foi obtida pela Equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de precipitação foi aplicada para estimar o tempo de retorno. A partir dos valores das precipitações máximas para cada duração e período de retorno, realizou-se o ajuste linear dos parâmetros a , b , c e K da equação IDF (Equação 2) para cada estação. Para isso, a equação IDF foi ajustada para Equação 2.

$$i = \frac{\varphi}{(b + t_d)^c}, \text{ onde: } \varphi = K \times T_r^a \quad (2) \quad (3)$$

Para determinação dos parâmetros φ , K , b , c :

$$\log i = \log \varphi - c \times \log(b + t_d) \quad (4)$$

$$\log \varphi = \log K + a \times \log T_r \quad (5)$$

Onde:

b : parâmetro obtido por iteração

c : coeficiente angular da reta de tendência dos gráficos de dispersão $\log i$ por $\log(b + t_d)$

φ : coeficiente linear da reta de tendência dos gráficos de dispersão $\log i$ por $\log(b + t_d)$

Para determinação dos parâmetros a , K :

$$\log \varphi = \log K + a \times \log T_r \quad (6)$$

A partir desses dados, foram construídas curvas IDF para os 16 postos da região apresentados na tabela 1, relacionando intensidade de chuva, tempo de duração e frequência. Foram ajustados os parâmetros a , b , c e K da equação IDF com alta precisão estatística (coeficiente de determinação $R^2 > 0,99$), utilizando as transformações logarítmicas e regressão linear sobre os dados de precipitação máxima.

Para analisar os eventos de precipitação prolongada, foram avaliados registros históricos de chuva diária, agrupados em períodos de 2 a 10 dias, durações de eventos críticos que podem desencadear deslizamentos de terra ou alagamentos em grandes bacias. O mesmo processo de aplicação do método de Gumbel foi realizado para as chuvas de duração maior que 1 dia, agora com máximos anuais de precipitação acumulada 1, 2, 3, 4, 5 e 10 dias, além da determinação dos parâmetros das suas equações IDF, permitindo classificar chuvas extremas acumuladas.

Com essa abordagem, foram analisados os eventos de curta e longa duração, permitindo avaliar a severidade e a raridade dos eventos isolados e acumulados de 2024. Os parâmetros obtidos para cada posto e tempo de duração possibilitam projeções mais realistas sobre o comportamento extremo das chuvas na região.

Caracterização de eventos extremos de precipitação

A caracterização dos eventos extremos de precipitação foi realizada com base no método de Monteiro e Zanella (2023), que classifica as chuvas em três categorias de intensidade: moderadas, fortes e muito fortes. O método utiliza a Metodologia dos Máximos de Precipitação (Silva, 2012) e a Técnica dos Quantis (Xavier et al., 2007).

Definem-se as chuvas extremas os valores acima do percentil 95% dos registros diários não nulos. A partir dessa nova amostra, calcula-se a mediana (Md) e o desvio padrão (σ), que servem de base para as seguintes classificações:

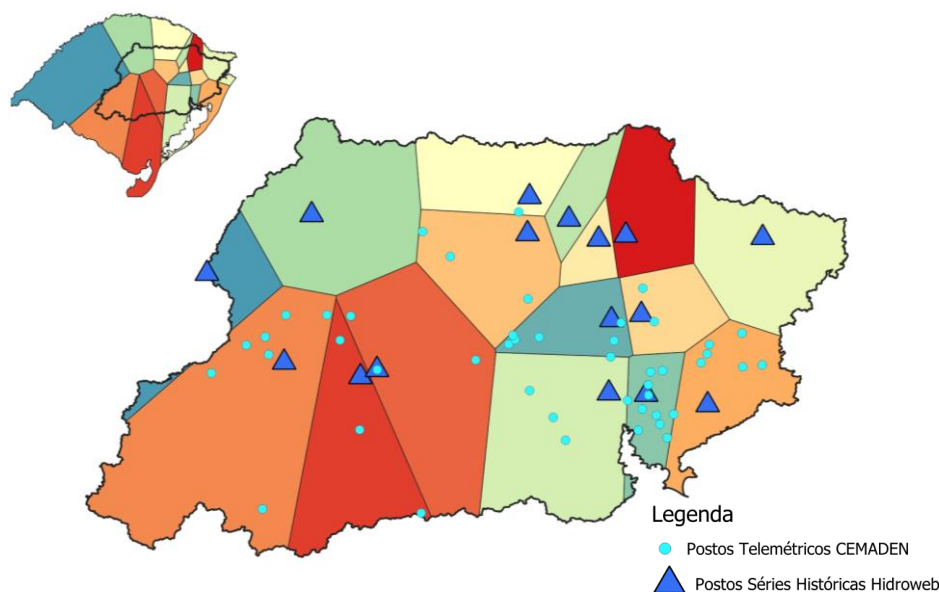
- Chuva Moderada: entre a mediana e um desvio padrão acima dela;
- Chuva Forte: entre um e dois desvios padrão acima da mediana;
- Chuva Muito Forte: acima de dois desvios padrão da mediana.

Esses valores foram calculados para chuvas acumuladas com duração de 1, 2, 3, 4, 5 e 10 dias, permitindo identificar a intensidade dos eventos extremos em diferentes escalas de tempo.

Caracterização das chuvas de abril e maio de 2024

Para classificar as chuvas do período de abril e maio, a área da Bacia Hidrográfica do Guaíba foi delimitada geometricamente aplicando o Método de Thiessen pela área de influência dos postos de séries históricas (Hidroweb). Os parâmetros de chuvas extremas dos postos Hidroweb foram aplicados nos postos pluviométricos telemétricos (CEMADEN).

Figura 2- Postos pluviométricos (CEMADEN) por área de influência dos postos de séries históricas (Hidroweb).



Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS

Os maiores valores de precipitações dos eventos de 2024 a partir dos registros dos postos CEMADEN com suas intensidades de chuva e tempos de retorno, encontram-se na Tabela 3.

A estação Harmonia, em Porto Alegre, registrou um aumento do nível do Lago Guaíba entre o início das chuvas em 26/04/2024 e o dia do pico de cheia em 05/05/2024, indicando um tempo de concentração aproximado para a Bacia Hidrográfica do Guaíba de 10 dias (Figura 4). Para este período, foram realizadas as isoietas de precipitação acumulada, conforme a Figura 3.

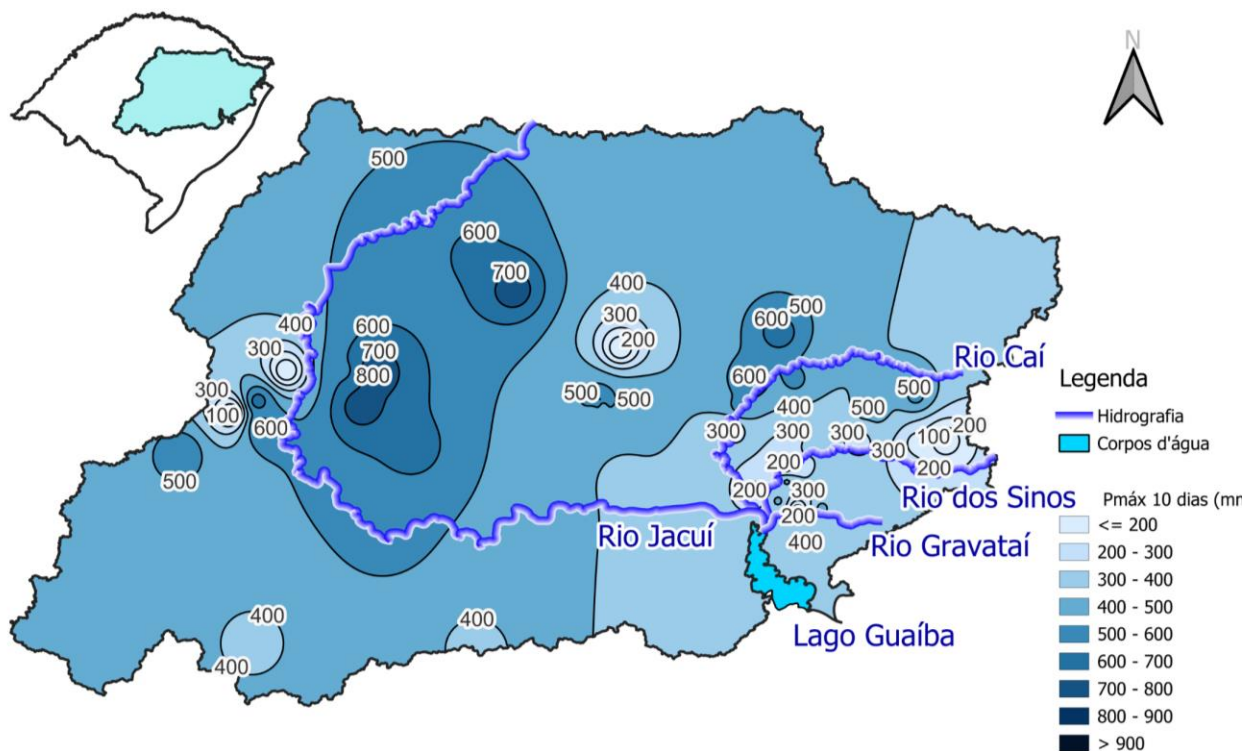
Tabela 3: Valores para maiores precipitações máximas acumuladas dos postos CEMADEN.

Período Acumulado	Município	Código Estação CEMADEN	Estação Referência Hidroweb	Data de Início da chuva	Precipitação máxima acumulada (mm)	Intensidade (mm/h)	Tempo de Retorno IDF
1 hora	Segredo	432026301A	2952034	30/04/24	54,00	54,00	>300
1 dia	Segredo	432026301A	2952034	30/04/24	313,6	13,07	>500
2 dias	Segredo	432026301A	2952034	30/04/24	458,2	9,55	>1000
3 dias	Fontoura Xavier	430830001A	2851044	30/04/24	593,8	8,25	>1000
4 dias	Segredo	432026301A	2952034	29/04/24	700,4	7,30	>1000
5 dias	Segredo	432026301A	2952034	29/04/24	701,8	5,85	>1000
10 dias	Segredo	432026301A	2952034	26/04/24	812,6	3,39	>1000

Fonte: Autoria Própria.

Os valores de TR calculados pelas equações IDF que excedem 100 anos devem ser interpretados como aproximações, devido à limitação dos registros históricos disponíveis na ANA, que abrangem um período significativamente menor que o TR calculado.

Figura 3- Isoietas de precipitações máximas acumuladas de 10 dias registradas em abril e maio de 2024.



Fonte: Autoria Própria, baseado em CEMADEN.

As classificações dos eventos de abril e maio de acordo com a metodologia de Monteiro e Zanella encontram-se a seguir, com as quantidades de eventos de precipitação moderada, forte e muito forte nos meses de abril e maio de 2024. Foram destacados os eventos para o mesmo tempo de concentração do Guaíba, conforme a figura 5.

Figura 4- Nível do Guaíba em Porto Alegre (Estação Harmonia SPH4) entre abril e maio de 2024.

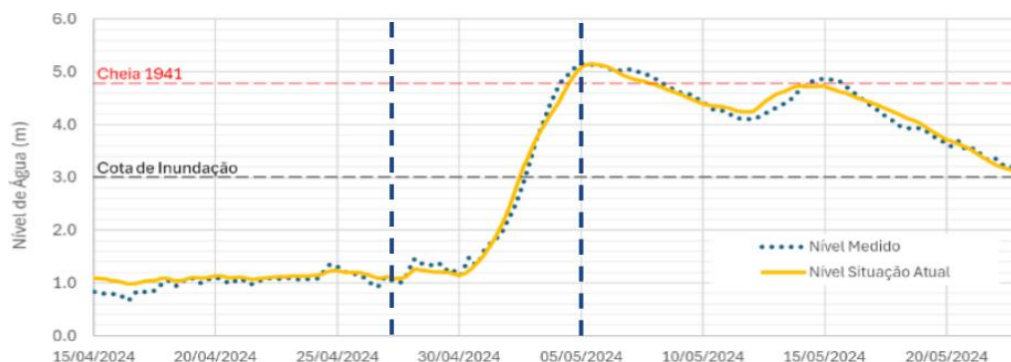
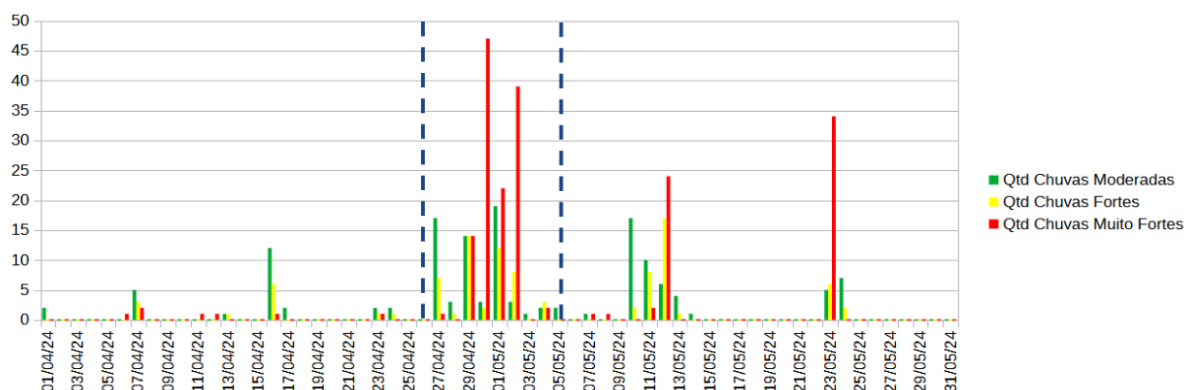


Figura 5- Quantidade de eventos extremos de 1 dia de duração registrados entre abril e maio de 2024.



Fonte: Autoria própria.

Na tabela 4 encontram-se descritos os intervalos de precipitações para determinar as classificações das chuvas por estação de referência das séries históricas.

Tabela 4- Valores de referência para classificação de chuvas de 1 dia por método de Monteiro e Zanella.

Estação	Chuva Moderada (>mm)	Chuva Forte (>mm)	Chuva Muito Forte(>mm)
2850009	55,55	69,85	84,16
2851003	63,45	88,03	112,61
2851021	62,80	78,60	94,40
2851022	66,30	81,05	95,80
2851024	60,00	81,05	102,10
2851044	62,30	81,08	99,86
2853014	74,10	94,70	115,30
2950016	55,00	71,86	88,73
2951022	58,00	75,49	92,97
2951024	60,30	79,02	97,74
2951027	62,40	81,48	100,57
2951028	56,00	73,20	90,40
2952003	69,80	86,62	103,44
2952034	70,25	89,69	109,13
2953008	75,25	96,28	117,31
2953030	78,80	91,87	104,94

Fonte: Autoria Própria.

DISCUSSÃO

Segundo o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre, a macrodrenagem, destinada ao controle de cheias, deve ser planejada para períodos de retorno de 25 a 100 anos, enquanto a microdrenagem é composta pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento e rede primária, sendo dimensionado para tempos de retorno de 2 a 10 anos (IPH/UFRGS, 2005). Os valores para cada tipo de sistema e seus tempos de retorno recomendados para dimensionamento encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5- Tempo de retorno para projetos de drenagem urbana.

Sistema	Característica	Tr (anos)	Valor Frequente (anos)
Microdrenagem	Residencial	2 - 5	2
	Comercial	2 - 5	5
	Áreas de prédios públicos	2 - 5	5
	Aeroporto	5 - 10	5
	Áreas comerciais e Avenidas	5 - 10	10
Macro drenagem	-	10 - 25	10

Fonte: IPH/UFRGS, 2005.

Portanto, ao comparar os tempos de retorno (TR) dos eventos extremos de abril e maio de 2024 (Tabela 3) com os valores de referência (Tabela 5), observa-se que os TR das precipitações máximas em 1 dia ultrapassam os limites recomendados para o dimensionamento de estruturas de macrodrenagem. Esse cenário evidencia a urgência de garantir a manutenção contínua do sistema de proteção contra cheias em Porto Alegre e fiscalizar de forma rigorosa a ocupação de áreas inundáveis próximas aos corpos hídricos na região.

REFERÊNCIAS

ABRAM, N., *et al* (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. p. 73–129. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/9781009157964.003>. Acesso em: 8 abr. 2025.

BBC Brasil (2024). *A cronologia da tragédia no Rio Grande do Sul*. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cd1qwp3z77o>. Acesso em: 14 nov. 24.

G1 (2024). *Com quatro tragédias climáticas em menos de 1 ano, RS soma mais de 100 mortes*. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/05/03/tragedias-climaticas-rs-entenda-diferencas.ghtml>. Acesso em: 14 nov. 2024.

G1 (2024). *Enchente do Guaíba passa a cheia histórica de 1941*. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/05/03/enchente-do-guaiba-passa-a-cheia-historica-de-1941-fotos-mostram-comparacao.ghtml>. Acesso em: 14 nov. 2024.

G1 (2024). *Um mês de enchentes no RS*. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/05/29/um-mes-de-enchentes-no-rs-veja-cronologia-do-desastre.ghtml#27>. Acesso em: 14 nov. 24.

MCTI (2024). *Nas últimas três décadas, Sul registra aumento de até 30% na precipitação média anual*. Gov.br, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/05/nas-ultimas-tres-decadas-sul-registra-aumento-de-ate-30-na-precipitacao-media-anual>. Acesso em: 8 abr. 2025.

INMET (2024). *El Niño: saiba como foi a atuação do fenômeno no Brasil*. Portal INMET, 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-niño-saiba-como-foi-a-atuação-do-fenômeno-no-brasil>. Acesso em: 8 abr. 2025.

IPH/UFRGS (2005). *Plano Diretor de Drenagem Urbana*. Disponível em: https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima-versao.pdf. Acesso em: 02 jun. 2025.

MAP Biomas (2024). *NOTA TÉCNICA: Os impactos do evento climático de maio de 2024 sobre a cobertura e o uso da terra no Rio Grande do Sul*. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/06/NT_Evento_climatico_extremo_RS_maio_2024_Final.pptx.pdf. Acesso em: 16 nov. 24.

METSUL Meteorologia (2024). *Guaíba tem maior nível desde 1941 e reescreve história de Porto Alegre*. MetSul, 2024. Disponível em: <https://metsul.com/guaiba-tem-maior-nivel-desde-1941-e-reescreve-historia-de-porto-alegre/>. Acesso em: 8 abr. 2025.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. (2023) A metodologia estatística dos eventos extremos de precipitação: uma proposta autoral para análise de episódios pluviométricos diários. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 494–516, 2023. Disponível em: 10.55761/abclima.v32i19.16323.

NASA (2024). *Carbon dioxide*. NASA Climate Change and Global Warming, 2024. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide>. Acesso em: 8 abr. 2025.

SILVA, C. A. (2012). *Os desastres Pluviométricos nas Grandes e Médias Cidades do Paraná*. 2012. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia do Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SILVA, R. A. G., *et al.* (2024). Análise de abertura de novo canal de maré na Lagoa dos Patos para atenuação de cheias no Rio Guaíba, RS. *Anais II FLUHIROS - Simpósio Nacional de Mecânica dos Fluidos e Hidráulica e XVI ENES - Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos da ABRHIDRO*, 2024. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=16546>. Acesso em: 7 jun. 2025.

WMO (2024). *WMO confirms 2024 warmest year on record about 1.55°C above pre-industrial level*. WMO, 2025. Disponível em: <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level>. Acesso em: 8 abr. 2025.

XAVIER, T.; XAVIER, A.; ALVES, J. M. B.(2007). *Quantis e eventos extremos: aplicações em ciências da terra e ambientais*. Fortaleza: RDS, 2007. 278 p.