

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

APLICAÇÃO DO MODELO HEC-HMS NA ANÁLISE HIDROLÓGICA DE EVENTOS EXTREMOS NA BACIA DO RIO MURIAÉ

Clávia Dias Coelho¹; Rafael Petruceli Coelho Lima²; Leandro Antônio Roque³; Leonardo Andrade de Souza⁴; & Eduardo Antônio Gomes Marques⁵

Abstract: This study aimed to apply the HEC-HMS hydrological model to simulate extreme rainfall events in the Muriaé River basin, located in southeastern Minas Gerais, Brazil. The methodology involved historical rainfall series analysis, physiographic data, land use, and soil hydrological classification. Statistical distributions were used to estimate maximum daily rainfall for various return periods. These data were disaggregated to shorter durations and converted into hyetographs using the Huff method. Results indicated that 24-hour storms generate the highest peak discharges, with a total hydrological response time of up to 48 hours. The model proved to be a robust tool for hydrological planning and risk management.

Resumo: Este estudo teve como objetivo aplicar o modelo hidrológico HEC-HMS para simular eventos de chuva extrema na bacia do rio Muriaé, situada na região sudeste de Minas Gerais. A metodologia envolveu a análise de séries históricas de precipitação, dados fisiográficos, de uso do solo e de classificação hidrológica dos solos. Foram utilizadas distribuições estatísticas para estimar precipitações máximas associadas a diferentes tempos de retorno. Os dados foram desagregados para diferentes durações e convertidos em hietogramas utilizando o método de Huff. Os resultados apontaram que chuvas com duração de 24 horas geram os maiores picos de vazão, com tempo de resposta hidrológica total de até 48 horas. O modelo demonstrou ser uma ferramenta robusta para o planejamento hidrológico e a gestão de riscos.

Palavras-Chave – Modelagem hidrológica; Eventos extremos; HEC-HMS.

INTRODUÇÃO

Eventos hidrológicos extremos, como cheias e secas, vêm se tornando cada vez mais frequentes e intensos em diversas regiões do mundo, impulsionados pelas mudanças climáticas e por alterações no uso e cobertura do solo (IPCC, 2021). Na bacia do rio Muriaé, localizada entre os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, esses eventos têm causado impactos socioeconômicos significativos, incluindo perdas materiais, danos à infraestrutura e riscos à população (ANA, 2022).

A bacia do rio Muriaé apresenta características hidrológicas complexas, com alta variabilidade espacial e temporal de precipitação e vazão (Mello et al., 2021). Essa variabilidade, associada a fatores como topografia acidentada e mudanças no uso do solo, torna a região particularmente

¹ Universidade Federal de São João Del-Rei, Rod. MG 443, Km 7 - Fazenda do Cadete, Ouro Branco, MG 36495-000, clavia.coelho@ufsj.edu.br

² Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Fazenda do Meio Pé da Serra, s/nº, BR 367, Km 278, Araçuaí, MG, 39600-000, petruceli@ifnmg.edu.br

³ Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n - Campus Universitário, Viçosa - MG, 36570-900, leandroroque1@hotmail.com

⁴ Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n - Campus Universitário, Viçosa - MG, 36570-900, leonardo@zemlya.com.br

⁵ Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n - Campus Universitário, Viçosa - MG, 36570-900, emarques@ufv.br

suscetível a inundações e outros eventos extremos. Estudos recentes têm demonstrado a importância de modelos hidrológicos robustos para representar adequadamente a dinâmica de bacias hidrográficas com essas características, especialmente em situações de precipitação intensa (Silva et al., 2023). O HEC-HMS, ao integrar dados físicos e hidrometeorológicos, permite uma representação detalhada dos processos de transformação de chuva em vazão, contribuindo para uma melhor compreensão do comportamento hidrológico da bacia.

A disponibilidade de dados meteorológicos de alta resolução e o avanço nas técnicas de modelagem têm permitido simulações mais precisas de eventos extremos (Abbaspour et al., 2020). Além disso, o uso de ferramentas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica (SIG) tem facilitado a incorporação de parâmetros espaciais, como tipo de solo e cobertura vegetal, melhorando a representatividade dos modelos (Pereira et al., 2022). Esses avanços são particularmente relevantes para bacias como a do Muriaé, onde a heterogeneidade do terreno e a rápida urbanização influenciam diretamente a resposta hidrológica.

Este trabalho, portanto, tem como objetivo principal utilizar o modelo HEC-HMS para analisar eventos hidrológicos extremos na bacia do rio Muriaé, com base em dados recentes e em metodologias consolidadas na literatura. Os resultados obtidos podem fornecer subsídios para ações de planejamento e gestão de recursos hídricos, visando à redução dos impactos causados por cheias e outros fenômenos hidrológicos críticos na região.

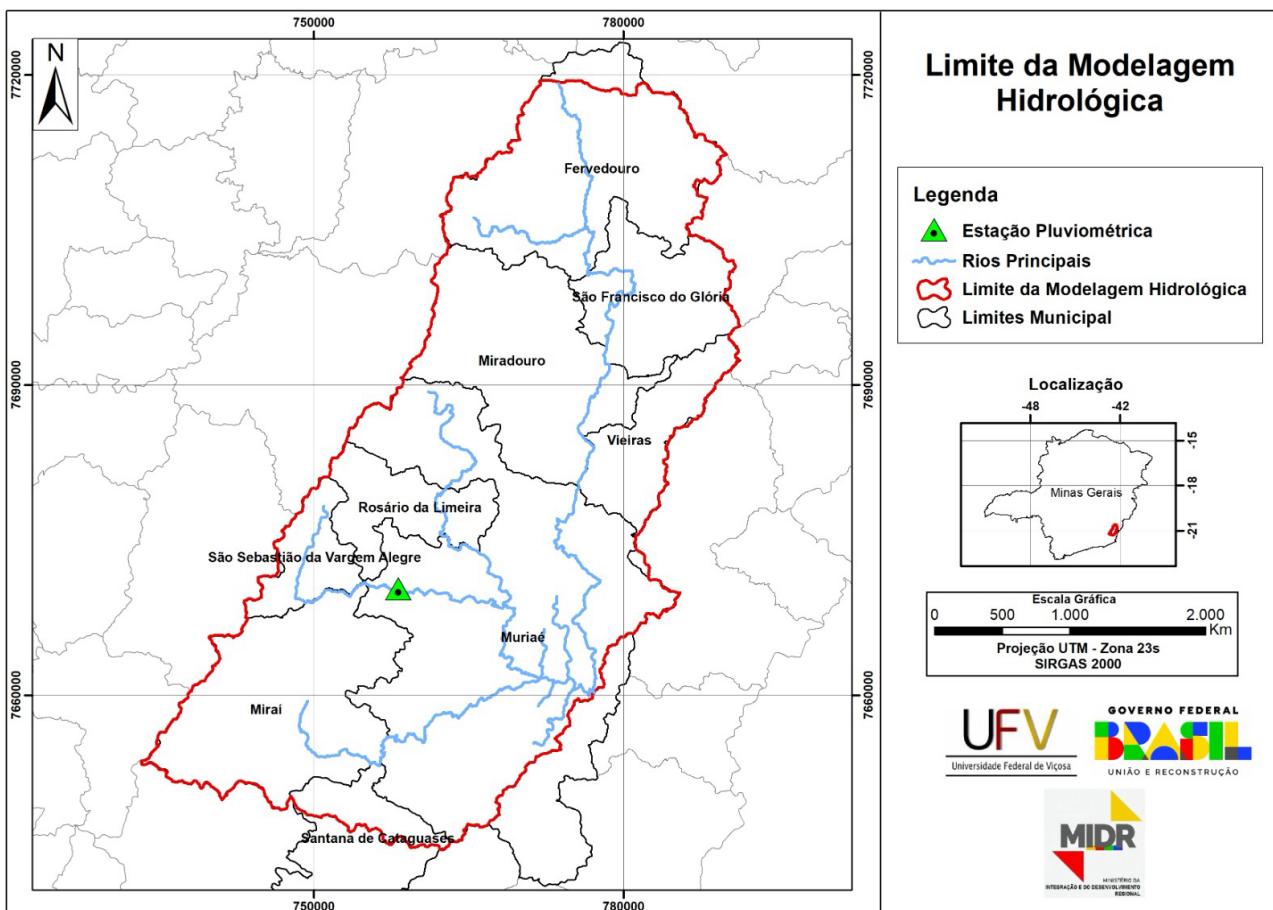
METODOLOGIA

Área de Estudo

O estudo foi realizado em parte da bacia hidrográfica do rio Muriaé (BHRM), com área de 2.196,3 km², compreendidos entre nove (9) municípios: Fervedouro, Miradouro, Miraí, Muriaé, Rosário da Limeira, Santana de Cataguases, São Francisco do Glória, São Sebastião da Vargem e Vieiras. Toda a área de drenagem está localizada na região sudeste do Estado de Minas Gerais (Figura 1), na Mesorregião da Zona da Mata Mineira, na qual Muriaé é a principal cidade da bacia e está distante aproximadamente 320 km da capital mineira, com trajeto passando pelas rodovias BR-356, BR-120 e BR-040.

O rio Muriaé é um rio de proporções significativas, sendo um dos principais afluentes da margem esquerda do rio Paraíba do Sul, de grande importância para o sudeste brasileiro, com extensão aproximada de 250 km. Seus principais afluentes são os rios Preto, Glória e Carangola, localizados na margem esquerda, sendo o rio Carangola o maior de seus afluentes.

Figura 1 - Área de estudo: parte da bacia hidrográfica do rio Muriaé



Dados de Precipitação

Para a análise pluviométrica na área de estudo, foi selecionada a estação "Fazenda Umbaúbas" (Código: 2142004) em Muriaé-MG, pertencente à bacia do rio Muriaé, com base na proximidade geográfica e disponibilidade de dados diáridos de precipitação desde abril de 1943, majoritariamente consistidos. Para a análise, foram considerados os 46 anos mais recentes (1974-2020) da série histórica, aplicando-se um critério de descarte mensal para meses com mais de 5% de falhas nos dados.

Análise de Frequência das Precipitações Máximas

A análise de frequência das precipitações máximas diárias da estação Fazenda Umbaúbas, considerando o ano hidrológico de outubro a setembro, foi fundamental para definir os hidrogramas de projeto na modelagem hidrodinâmica. Essa análise envolveu o ajuste de diferentes funções de distribuição de probabilidade (Log-Normal de dois e três parâmetros, Pearson III e Gumbel) à série anual de precipitações máximas. A função com o menor erro para as magnitudes estimadas, ao nível de confiança de 95%, foi selecionada para obter as precipitações máximas diárias associadas a tempos de retorno (TRs) de 5 a 100 anos, estabelecendo assim a relação intensidade-duração-frequência das chuvas na área de estudo.

Desagregação de Precipitações Diárias

As precipitações de 24 horas foram desagregadas para durações menores (1 a 18 horas) através do método das isozonas de Taborga (1974), que estabelece relações entre precipitações de diferentes durações e o período de retorno, considerando a iso zona da região. As chuvas de 24 horas foram determinadas multiplicando as alturas máximas diárias por 1,095 (Taborga, 1974), enquanto as de menor duração foram calculadas aplicando os coeficientes de desagregação de chuva para a iso zona E, onde Muriaé se localiza, conforme Basso et al. (2016).

Discretização dos Totais Pluviométricos

A discretização dos totais pluviométricos em hietogramas para diferentes durações e períodos de retorno seguiu a distribuição temporal de Huff (1990). Essa metodologia agrupa as tempestades em quatro quartis, conforme a ocorrência do pico de chuva. Curvas foram então desenvolvidas para correlacionar os percentuais acumulados de precipitação e tempo em cada grupo. Para este estudo, adotaram-se as tendências de Huff & Angel (1992), associando tempestades com duração inferior a 6 horas ao primeiro quartil, entre 6 e 12 horas ao segundo quartil, e de 12 a 24 horas ao terceiro quartil.

Dados Topográficos

Para representar a altimetria da Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé (BHRM), utilizou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE) em formato raster com resolução espacial de 30x30 m, obtido gratuitamente através do site EarthExplorer do United States Geological Survey (USGS). Este modelo, parte da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) da NASA, fornece dados de altitude de grande parte do globo e é amplamente empregado em estudos hidrológicos (NASA, 2013.).

Uso e Ocupação da Bacia Hidrográfica

Para analisar o uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé (BHRM), empregou-se a Coleção 6.0 do Projeto MapBiomas (MAPBIOMAS, 2022), que disponibiliza cenas anuais de 1985 a 2020 em formato matricial com resolução de 30x30m. A cena de 2020 foi selecionada por ser a mais recente no momento da consulta, revelando as seguintes principais classes de uso e ocupação do solo na bacia: Floresta, Silvicultura, Pastagem, Agricultura, Área urbana, Corpo d'água, Mineração, Afloramento Rochoso e Solo exposto.

Classificação Hidrológica dos Solos

Para estimar a relação entre infiltração e escoamento superficial, aplicou-se o método "SCS Curve Number Loss" (SCS, 1972) do USDA. Essa metodologia requer a classificação dos solos em quatro grupos hidrológicos (A, B, C e D), que indicam um aumento progressivo do potencial de escoamento superficial e redução da infiltração. Os grupos hidrológicos da BHRM foram definidos pela análise integrada dos mapas de solos locais e da classificação hidrológica de solos brasileiros proposta por Sartori et al. (2005), cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação hidrológica dos solos na bacia de contribuição

Classificação do Solo	Grupo Hidrológico	Classificação do Solo
Latossolos	A	Latossolos
Argissolos	B	Argissolos
Cambissolos	C	Cambissolos
Neossolos	D	Neossolos

Número da Curva (CN)

A aplicação do método "SCS Curve Number Loss" (SCS, 1972) demanda a estimativa do Número da Curva (CN), um parâmetro diretamente relacionado ao potencial de escoamento superficial de uma bacia. Para obter o CN médio de cada subárea, informações sobre os grupos hidrológicos dos solos foram integradas com as classes de uso e ocupação da terra, utilizando valores de referência do SCS (1986), Chow et al. (1988) e Tucci et al. (2016). Adotou-se a condição de umidade antecedente II, que representa uma umidade intermediária do solo, como critério de projeto para obter os valores de CN. A Tabela 2 apresenta os valores de CN utilizados, onde valores mais altos indicam menor infiltração e maior geração de escoamento superficial.

Tabela 2 – Valores de CN adotados para a área de estudo

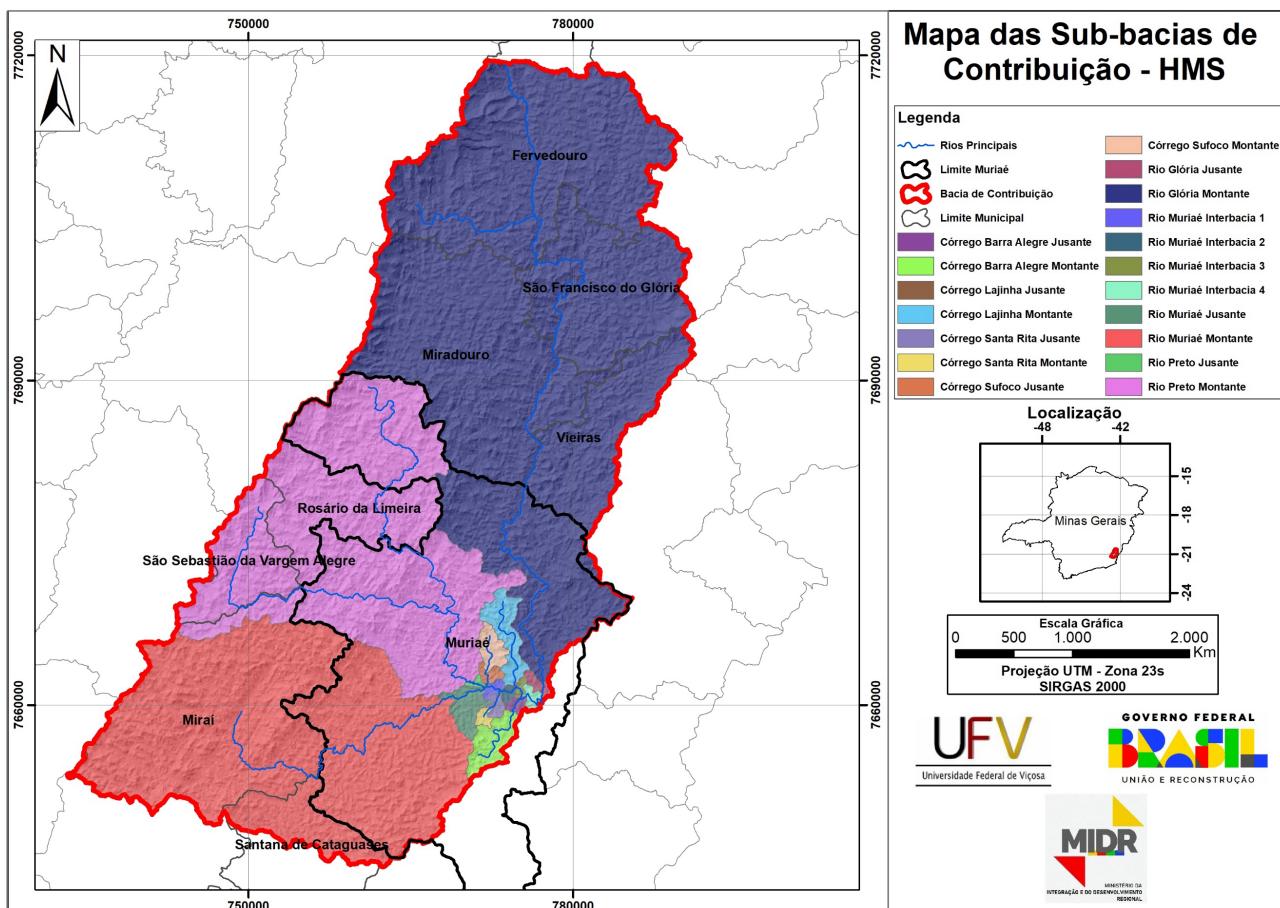
Uso e Ocupação	Grupo Hidrológico	CN	Uso e Ocupação	Grupo Hidrológico	CN
Floresta	A	25	Pastagem	C	79
Floresta	B	55	Pastagem	D	84
Floresta	C	70	Agricultura	A	62
Floresta	D	77	Corpo d'agua	A	100
Silvicultura	A	25	Corpo d'agua	B	100
Silvicultura	B	55	Mineração	A	75
Silvicultura	C	70	Afloramento Rochoso e Solo exposto	A	80
Silvicultura	D	77	Afloramento Rochoso e Solo exposto	B	86
Pastagem	A	49	Afloramento Rochoso e Solo exposto	C	89
Pastagem	B	69	Afloramento Rochoso e Solo exposto	D	90

Modelagem Hidrológica

Na modelagem hidrológica da bacia, utilizou-se o HEC-HMS 4.8 (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System), um modelo conceitual e semi-distribuído desenvolvido pelo USACE, amplamente aplicado na simulação da transformação chuva-vazão e na representação simplificada de processos hidrológicos. Sua utilização é comum em estudos de eventos extremos,

análise de cheias e avaliação de cenários hidrológicos. A subdivisão da bacia em sub-bacias considerou aspectos hidrológicos, técnicos, políticos, imobiliários e de uso e cobertura do solo (Figura 2). Para cada subárea, foram extraídos parâmetros climáticos, hidrológicos e fisiográficos, visando a modelagem completa em nível de bacia hidrográfica.

Figura 2 – Sub-bacias de contribuição utilizadas para modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do rio Muriaé.



Para determinar a duração crítica da chuva (chuva de projeto), as diferentes durações (1 a 24 horas) foram testadas no modelo HEC-HMS para cada período de retorno, identificando aquela que gerava o maior pico de vazão. Adicionalmente, o tempo de concentração (t_c) de cada sub-bacia da BHRM foi calculado utilizando a equação empírica de Kirpich (Chow, 1964) (Equação 1), considerada a mais adequada para as condições da área de estudo. O tempo de retardo (Lag-time), utilizado na transformação chuva-vazão, foi estimado como 60% do tempo de concentração, conforme proposto pelo SCS (1986).

$$t_c = 57 \cdot L^{0,77} \cdot H^{-0,385} \quad (1)$$

em que:

t_c = tempo de concentração (min);

L = extensão do talvegue (km); e

H = diferença de nível entre o ponto mais remoto da bacia e a seção de deságue (m).

A Tabela 3 apresenta as sub-bacias discretizadas da BHRM e seus respectivos parâmetros fisiográficos, essenciais para a aplicação das metodologias descritas.

Tabela 3 – Sub-bacias e respectivos parâmetros necessários para aplicação do modelo hidrológico HEC-HMS da bacia hidrográfica do rio Muriaé.

Sub-bacia	Área (km ²)	CN	Extensão do talvegue (km)	Diferença de nível (m)	tc (min)	Tempo de retardo (m)
Sub-bacia Muriaé Montante	552,1	45	37,8	106,5	627	376
Sub-bacia Muriaé Jusante	11,8	49	3,0	0,5	269	161
Sub-bacia Preto Montante	501,4	46	52,4	585,5	475	285
Sub-bacia Preto Jusante	1,2	51	1,3	0,5	103	62
Sub-bacia Glória Montante	1065,7	49	85,1	1013,0	673	404
Sub-bacia Glória Jusante	3,2	50	1,7	1,5	88	53
Sub-bacia Sufoco Montante	8,1	44	4,0	21,0	86	52
Sub-bacia Sufoco Jusante	2,9	46	1,4	16,5	28	17
Sub-bacia Muriaé Interbacia 1	2,2	51	1,6	1,0	98	59
Sub-bacia Santa Rita Montante	2,1	49	1,0	4,0	34	20
Sub-bacia Santa Rita Jusante	2,8	53	1,9	28,0	33	20
Sub-bacia Muriaé Interbacia 2	1,8	53	1,8	6,5	53	32
Sub-bacia Lajinha Montante	17,9	46	10,0	149,0	118	71
Sub-bacia Lajinha Jusante	0,1	54	0,4	0,5	23	14
Sub-bacia Muriaé Interbacia 3	1,3	52	1,4	8,5	36	21
Sub-bacia Barra Alegre Montante	16,4	47	7,8	152,0	89	53
Sub-bacia Barra Alegre Jusante	2,3	52	1,6	8,0	45	27
Sub-bacia Muriaé Interbacia 4	3,1	52	3,2	0,5	286	171

O Hidrograma Unitário Triangular Sintético (HUT), proposto pelo SCS (1986), foi o método utilizado para os cálculos dos hidrogramas de cheias. Para a aplicação dessa metodologia foi necessário realizar a convolução dos hidrogramas efetivos. A propagação de cheias nos canais da bacia hidrográfica foi simulada utilizando o método de "Muskingum-Cunge". Com a obtenção dos parâmetros necessários, como os detalhados anteriormente, foi possível realizar a simulação hidrológica computacional (modelo chuva-vazão) e, consequentemente, obter os hidrogramas de vazão máxima para cada uma das sub-bacias de contribuição definidas neste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do modelo hidrológico HEC-HMS na Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé (BHRM) permitiu avaliar a resposta hidrológica da região frente a diferentes cenários de eventos extremos, com base em períodos de retorno (TR) de 5, 10, 25, 50 e 100 anos. As precipitações máximas diárias foram ajustadas a funções de distribuição de probabilidade, sendo a distribuição de Gumbel aquela que apresentou melhor desempenho estatístico. Os valores ajustados encontram-se sumarizados na

Tabela 4, onde se observa, por exemplo, uma precipitação máxima de 114,5 mm para TR de 5 anos e de 188,8 mm para TR de 100 anos.

Tabela 4 – Precipitações Máximas associadas aos períodos de retorno entre 5 e 100 anos, para a estação pluviométrica Fazenda Umbaúbas

Período de retorno (anos)	Precipitação (mm)	Distribuição
5	114,5	Gumbel
10	132,8	Gumbel
25	155,2	Gumbel
50	172,1	Gumbel
100	188,8	Gumbel

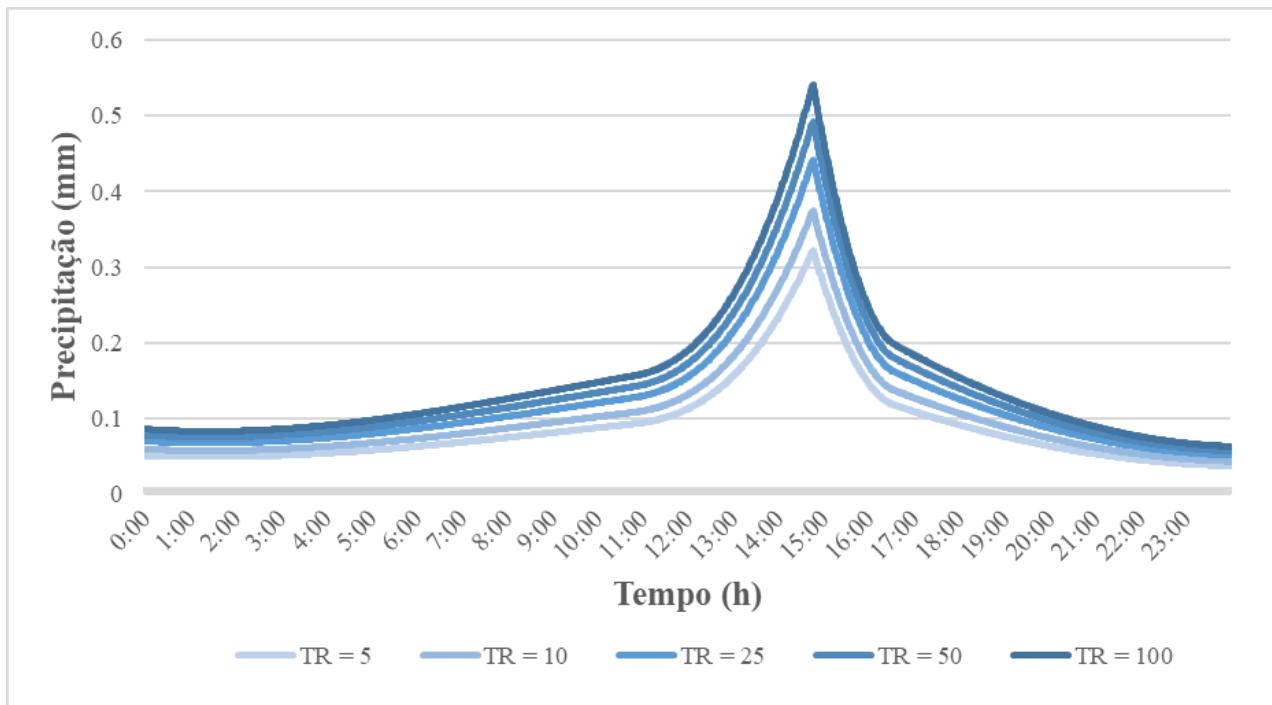
As chuvas de 24 horas foram desagregadas para durações menores (1 a 24 horas), conforme os coeficientes definidos para a isozona da região. Os totais desagregados estão apresentados na Tabela 5, evidenciando, por exemplo, que uma chuva com TR de 100 anos pode atingir 93,1 mm em apenas 1 hora e 220,7 mm em 24 horas, o que destaca o potencial de intensificação dos eventos extremos ao longo do tempo.

Tabela 5 – Chuvas desagregadas para durações entre 1 e 24 horas e tempos de retorno entre 5 e 100 anos

D(h)	P (mm)					D(h)	P (mm)					
	TR (anos)						TR (anos)					
	5	10	25	50	100		5	10	25	50	100	
1,00	57,8	66,7	77,5	85,4	93,1	8,00	105,9	123,1	144,7	160,8	176,6	
2,00	73,8	85,5	99,5	110,5	121,0	10,00	111,0	129,2	152,0	168,8	185,5	
3,00	83,2	96,5	113,0	125,2	137,2	12,00	115,2	134,1	157,9	175,4	192,9	
4,00	89,8	104,3	122,3	135,6	148,8	18,00	124,6	145,1	171,0	190,1	209,1	
6,00	99,2	115,3	135,4	150,3	165,0	24,00	131,3	152,9	180,3	200,5	220,7	

A discretização temporal dos hietogramas de projeto, conforme o método de Huff (1990), está ilustrada na Figura 3, a qual apresenta os perfis das chuvas para as diferentes durações e TRs considerados. Esses hietogramas foram utilizados como entradas no modelo HEC-HMS, possibilitando a obtenção dos hidrogramas sintéticos de vazão.

Figura 3 – Hietogramas de projeto para chuvas com duração de 24 horas e TRs entre 5 e 100 anos.

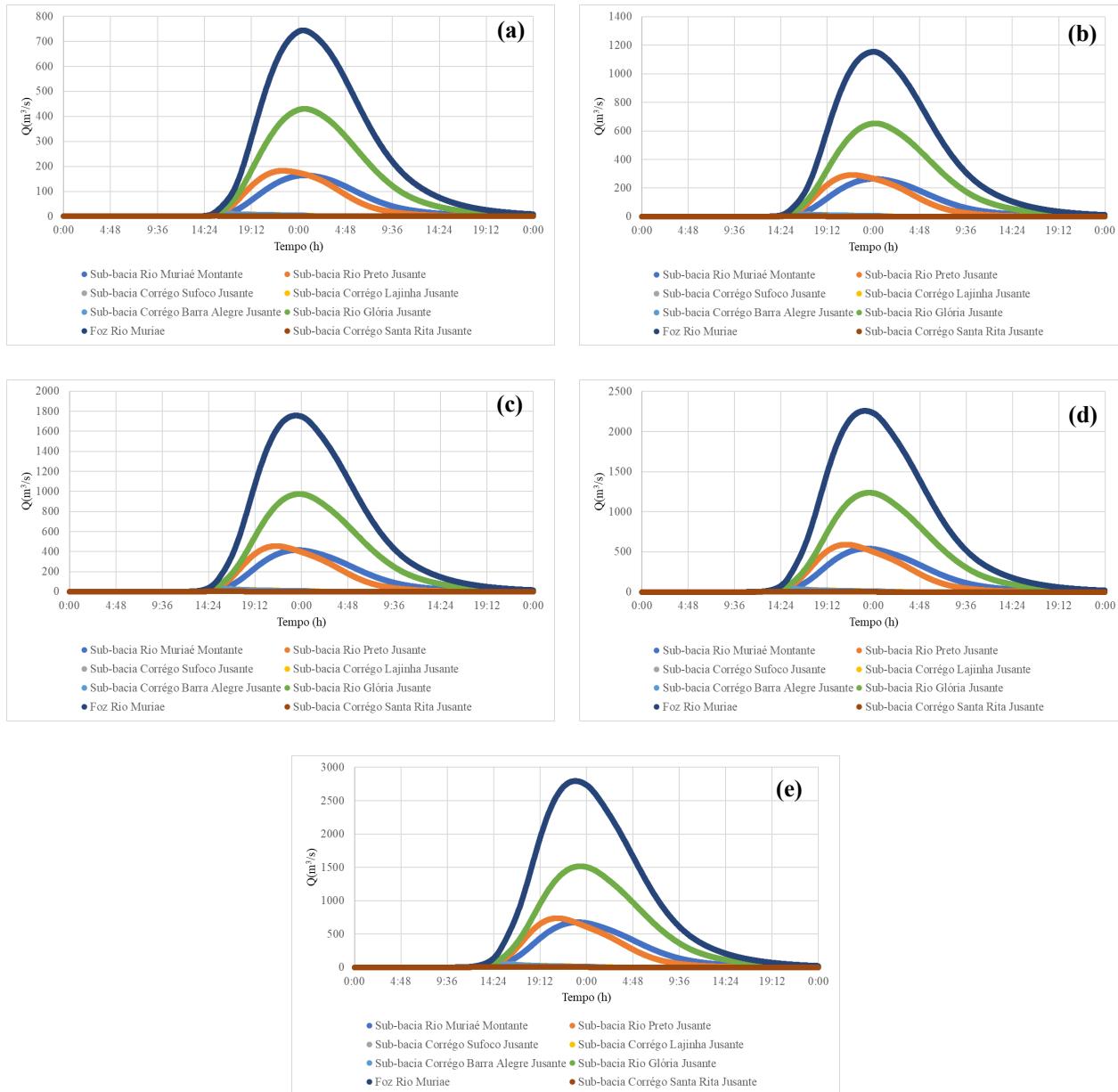


Os resultados das simulações apontaram que a maior vazão de pico em todas as sub-bacias ocorreu com chuvas críticas de 24 horas de duração, independentemente do TR analisado. Os hidrogramas de saída gerados para as principais confluências e para a foz do rio Muriaé estão representados na Figura 4, com subdivisão por períodos de retorno: (a) 5 anos, (b) 10 anos, (c) 25 anos, (d) 50 anos e (e) 100 anos.

Observa-se na Figura 4 que, embora a duração da chuva de projeto tenha sido de 24 horas, o tempo de resposta hidrológica da bacia pode se estender até 48 horas, sobretudo nas regiões de jusante. Isso se deve às características fisiográficas da bacia, como extensão dos talvegues, declividade do terreno e uso e ocupação do solo. Além disso, o tempo de concentração e o tempo de retardamento, calculados para cada sub-bacia, influenciam significativamente na defasagem entre o pico de chuva e o pico de vazão.

A eficácia da propagação da cheia foi garantida pelo uso do método Muskingum-Cunge, permitindo a continuidade da simulação ao longo da rede de drenagem com consistência. Em conjunto, esses resultados destacam a importância da modelagem hidrológica detalhada para regiões suscetíveis a inundações, como a bacia do rio Muriaé, e demonstram a utilidade do HEC-HMS como ferramenta para previsão e planejamento em cenários de eventos extremos.

Figura 4 – Hidrogramas de vazão máxima (de saída) em confluências e foz do rio Muriaé, para os períodos de retorno de 5 anos (a); 10 anos (b); 25 anos (c); 50 anos (d); e 100 anos (e).



CONCLUSÕES

A aplicação do modelo HEC-HMS na bacia do rio Muriaé demonstrou ser uma ferramenta eficaz para simular eventos extremos e estimar vazões máximas em diferentes cenários de tempo de retorno. A metodologia empregada, que integrou dados pluviométricos, topográficos e de uso do solo, permitiu representar adequadamente os processos hidrológicos da bacia. Os resultados apontam que a duração crítica da chuva para geração de cheias é de 24 horas, e que a resposta hidrológica total pode se estender por até 48 horas, considerando o tempo de propagação.

Esse tipo de análise é fundamental para o planejamento e a gestão de recursos hídricos, contribuindo para a mitigação dos impactos socioambientais causados por eventos extremos. Além

disso, o estudo reforça a importância de investir em monitoramento hidrometeorológico de alta resolução e na atualização contínua dos modelos e dados utilizados na gestão de bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS

- ABBASPOUR, K. C.; VAGHEFI, S. A.; YANG, H.; SRINIVASAN, R. (2019). Global soil, landuse, evapotranspiration, historical and future weather databases for SWAT Applications. *Scientific Data*, 6(1), 263..
- ANA - Agência Nacional de Águas (2022). "Relatório de segurança hídrica da bacia do rio Muriaé". Série Relatórios Técnicos 45, Brasília - DF, 78 p.
- CHOW, V. T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology: A Compendium of Water-Resources Technology*. McGraw-Hill, New York, 1495 p.
- CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York, 572 p.
- HUFF, F. A. (1990). *Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois*. Circular 173, Illinois State Water Survey, Department of Energy and Natural Resources, Champaign, IL, 50 p.
- HUFF, F. A.; ANGEL, J. R. (1992). *Rainfall Frequency Atlas of the Midwest*. Illinois State Water Survey, Bulletin 71.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). "Climate Change 2021: The Physical Science Basis". Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report, Geneva - Switzerland, 3949 p.
- MAPBIOMAS. (2022). Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 13 maio 2025.
- MELLO, C.R.; VIOLLA, M.R.; SILVA, A.M. (2021). "Hydrological variability in southeastern Brazilian basins", in Contemporary Hydrological Modeling Techniques. Org. por Singh, V.P. e Freitas, L.G., ABRH, ed. UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, pp. 89-112.
- NASA JPL (2013). *NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second [Data set]*. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. <https://doi.org/10.5067/MEaSUREs/SRTM/SRTMGL1.003>
- PEREIRA, L.F.; CAMPOS, J.H.; GADELHA, R.M. (2022). "Remote sensing applications in hydrological modeling" in Proceedings of the XII International Conference on Water Resources, Lisbon, May 2022, 3, pp. 215-230.
- SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. (2005). "Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos – Parte 1: Classificação". Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n. 4, pp. 05–18.
- SCS – Soil Conservation Service. (1972). *National Engineering Handbook*, Section 4: Hydrology. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 762 p.

SCS – Soil Conservation Service. (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds*, Technical Release 55 (TR-55). U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 164 p.

SILVA, R.M.; PEREIRA, S.B.; ABBASPOUR, K.C. (2023). "Extreme event modeling in tropical watersheds". *Journal of Hydrology* 615(1), pp. 128-145.

TABORGA, J. T. (1974). *Práticas Hidrológicas*. TRANSCON Consultoria Técnica Ltda., Rio de Janeiro, 119 p.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, J.; PAIVA, E. (2016). *Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas*. Oficina de Textos, São Paulo, 288 p.

USACE – United States Army Corps of Engineers. (2023). *HEC-HMS Hydrologic Modeling System User's Manual*, Version 4.8. Hydrologic Engineering Center (HEC), Davis, CA, 640 p.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR) pelo apoio financeiro ao projeto sob o qual esta pesquisa foi realizada.