

AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DO RIBEIRÃO UBÁ (MG): ANÁLISE DA CAPACIDADE DE MACRODRENAGEM E PROPOSIÇÕES PARA MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES

Humberto A. S. Neto¹; Aline de A. Nunes²; Lucas P. Golia³

Resumo: A intensificação da urbanização e da impermeabilização do solo tem alterado o comportamento hidrológico das bacias urbanas, ampliando a frequência e a magnitude das inundações. Este estudo avaliou o desempenho hidrológico e hidráulico do sistema de macrodrenagem do Ribeirão Ubá, na região central de Ubá (MG), com o objetivo de analisar sua vulnerabilidade a eventos extremos e subsidiar medidas de mitigação. Para isso, realizou-se a modelagem hidrológica no HEC-HMS para estimativa das vazões de pico associadas a tempos de retorno de 10, 25 e 50 anos, complementada pela verificação hidráulica do canal principal por meio da equação de Chézy, pelo levantamento do histórico recente de inundações (2016–2026) e pela análise das diretrizes de drenagem do Plano Diretor Municipal. Os resultados indicam que o canal comporta eventos com TR de 10 e 25 anos, porém apresenta superação de capacidade em 17,6% para o TR de 50 anos, evidenciando suscetibilidade a extravasamentos. O histórico registra cinco ocorrências de inundação em dez anos, indicando frequência superior à prevista pelos critérios tradicionais de projeto, quadro agravado por lacunas normativas, uma vez que o Plano Diretor apresenta diretrizes genéricas e sem detalhamento técnico. Com base nesse diagnóstico integrado, propõem-se a implantação de bacias de retenção em pontos estratégicos, a possível incorporação de curvas IDF não estacionárias e a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, visando aumentar a resiliência do sistema de macrodrenagem de Ubá.

Palavras-Chave - Drenagem Urbana; Inundações; Modelagem Hidrológica

Abstract: The intensification of urbanization and soil impermeabilization has altered the hydrological behavior of urban catchments, increasing the frequency and magnitude of flooding events. This study evaluated the hydrological and hydraulic performance of the Ribeirão Ubá macrodrainage system, located in the central region of Ubá, with the objective of assessing its vulnerability to extreme events and supporting mitigation measures. Hydrological modeling was carried out using HEC-HMS to estimate peak flows associated with return periods of 10, 25, and 50 years, complemented by hydraulic verification of the main channel using the Chézy equation, a survey of recent flood events (2016–2026), and an analysis of the drainage guidelines established in the Municipal Master Plan. The results indicate that the channel is capable of conveying flows associated with return periods of 10 and 25 years; however, its capacity is exceeded by 17.6% for the 50-year event, indicating susceptibility to overtopping. The historical record identified five flood events over a ten-year period, suggesting a frequency higher than that expected under traditional design criteria, a situation further aggravated by regulatory gaps, as the Master Plan presents general guidelines without sufficient technical detail. Based on this integrated diagnosis, the implementation of detention basins at strategic locations is proposed, along with the potential incorporation of non-stationary IDF curves and the development of an Urban Drainage Master Plan, aiming to enhance the resilience of Ubá's macrodrainage system.

Keywords - Urban Drainage; Flood Risk; Hydrological Modeling

1. Eng. Urbanista, Analista de tráfego - 4MOB Engenharia, CEP 36507-150 Ubá - MG. Correio eletrônico: humbertosayao.eng@gmail.com

2. Enga. Agrícola e Ambiental, Profa. Dra. UFOP - Depto. Eng. Urbana, CEP 35400-000 Ouro Preto - MG. Correio eletrônico: aline.nunes@ufop.edu.br

3. Graduando Eng. Urbana - Depto. Engenharia Urbana, CEP 35402-340 Ouro Preto - MG. Correio eletrônico: lucas.golia@aluno.ufop.edu.br

INTRODUÇÃO

O processo de impermeabilização do solo, associado ao crescimento acelerado e desordenado das cidades brasileiras, tem intensificado os impactos das inundações urbanas, especialmente em regiões densamente ocupadas e com sistemas de drenagem deficientes (Farias; Mendonça, 2022). Quanto maior a impermeabilização do solo, maior é o volume de escoamento superficial e menor a taxa de infiltração da água no subsolo, aumentando, consequentemente, a demanda por estruturas de drenagem pluvial eficientes (Nunes; Rosa, 2020).

O município de Ubá, localizado na Zona da Mata mineira, enfrenta frequentemente essa problemática. Episódios de alagamentos e inundações na área central têm se tornado cada vez mais recorrentes, evidenciando a sobrecarga do sistema de drenagem existente e a fragilidade da infraestrutura urbana diante de eventos pluviométricos intensos (Paiva et al., 2024).

Diante da ineficiência, dos elevados custos e da limitação de espaço das soluções convencionais, baseadas exclusivamente em infraestrutura cinza, cresce o interesse por alternativas sustentáveis, como as técnicas compensatórias e as soluções baseadas na natureza. Essas abordagens são capazes de promover o controle do escoamento superficial, além de proporcionar benefícios ambientais e sociais (Tassi et al., 2014). A implementação dessas estratégias não apenas melhora a gestão das águas pluviais, mas também possibilita a integração com outras funções urbanas, como mobilidade, lazer e paisagismo.

No entanto, em muitas cidades brasileiras, incluindo Ubá, essas soluções ainda não são amplamente adotadas. Atualmente, as intervenções propostas no município limitam-se a infraestruturas convencionais, que frequentemente se mostram insuficientes para resolver o problema. Diante desse cenário, o presente estudo buscou analisar o comportamento hidrológico da bacia do Ribeirão Ubá, verificar a compatibilidade entre as vazões de cheia e a capacidade hidráulica do canal principal na área central do município, examinar o histórico recente de inundações e avaliar o tratamento conferido à drenagem urbana no Plano Diretor Municipal, com vistas à proposição de medidas estruturais e não estruturais voltadas à mitigação de cheias.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O município de Ubá está situado na mesorregião da Zona da Mata Mineira e integra a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Com uma área territorial de 407,50 km² e uma população de aproximadamente 103.365 habitantes, segundo os dados do IBGE (2022), a densidade demográfica aproxima-se de 253,7 hab/km², caracterizando-se como um importante centro urbano

regional.

O Ribeirão Ubá, principal curso d'água do município, constitui o foco deste estudo e, no perímetro urbano, representado pela Figura 1, apresenta leito artificial. Sua passagem pela região central evidencia um processo histórico de ocupação urbana desordenada, marcado pela instalação progressiva de residências e comércios às suas margens, resultando em uma área densamente ocupada e vulnerável. Em períodos de chuvas intensas, o transbordamento do ribeirão provoca inundações, afetando a população local, sobretudo na área central. Além disso, a qualidade da água encontra-se comprometida pelo lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, sendo registrados elevados níveis de poluição, com presença de coliformes fecais, baixos teores de oxigênio dissolvido e alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), o que indica contaminação por esgotos não tratados, agravada pelos efluentes de indústrias moveleiras (Carvalho et al., 2004).

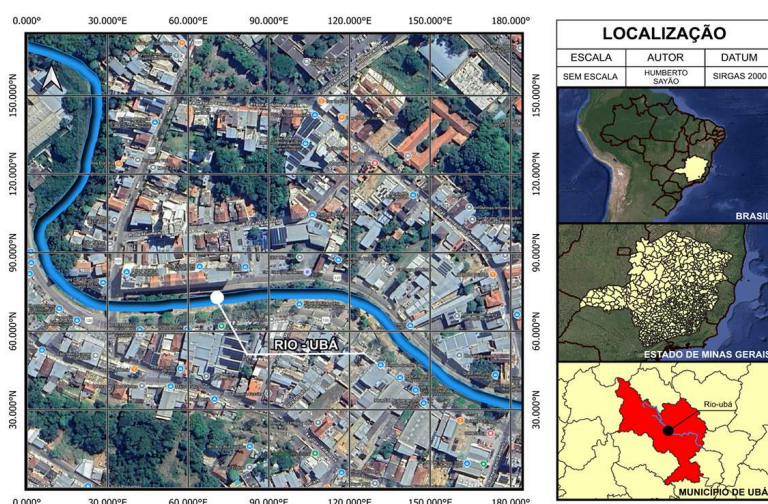


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo

Exalta-se que a ocupação desordenada da bacia constitui um dos principais fatores associados às cheias urbanas, sendo agravada pela crescente impermeabilização do solo, que intensifica o escoamento superficial e eleva os riscos à população. A bacia do Ribeirão Ubá possui área de drenagem aproximada de 127 km², o que evidencia sua relevância hidrológica no contexto municipal. O uso e ocupação do solo na bacia, representado pela Figura 2, indica predominância de áreas de pastagem, além de porções significativas de cobertura vegetal nativa, concentradas em regiões mais acidentadas e de maior altitude. As áreas urbanizadas, por sua vez, se distribuem principalmente na porção sudeste, ao longo do curso do ribeirão, refletindo a expansão do núcleo urbano. Essa configuração influencia diretamente o comportamento hidrológico da bacia, afetando processos como infiltração, escoamento superficial e a qualidade dos recursos hídricos.

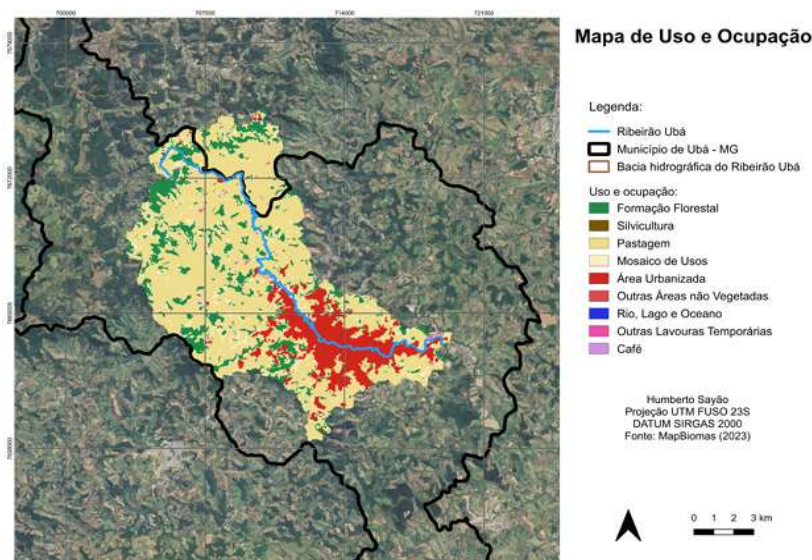


Figura 2 - Delimitação da bacia do Ribeirão Ubá e seu uso e ocupação

Conforme tipologia definida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2018), o relevo da bacia hidrográfica do Ribeirão Ubá é majoritariamente classificado como ondulado, apresentando declividades entre 8% e 20%, e também conta com altitudes variando de 950 metros, onde estão a maioria das nascentes do rio, a 250 metros. Esse relevo ondulado e grande variação de altitude favorece o escoamento superficial acelerado, o que contribui significativamente para processos erosivos e para a ocorrência de enxurradas e inundações, especialmente em eventos de chuvas intensas.

Modelagem dos fenômenos hidrológicos

A modelagem foi desenvolvida através do HEC-HMS, *software* consolidado na literatura científica e amplamente empregado em pesquisas na área de recursos hídricos. Para a definição das sub-bacias, foi feita uma análise de hierarquia de drenagem e das áreas de contribuição, essa com auxílio do QGis, utilizando-se dados da rede de drenagem e das unidades de referência hidrológica “ottobacias”, fornecidas pelo IDE-Sisema. Assim, foi estruturado um modelo hidrológico do tipo semi-distribuído, procedendo para a inserção das 69 sub-bacias identificadas e delimitadas (SB), nós, condutos, junções e do exutório final no HEC-HMS, conforme ilustra a Figura 3.

A conversão da precipitação efetiva em vazão superficial foi realizada pelo método do Hidrograma Unitário do Soil Conservation Service (SCS). O Curve Number (CN) de cada sub-bacia foi definido com base na classificação do uso e ocupação do solo e nas tipologias dos solos, segundo os Grupos Hidrológicos de Solo (GHS), associado aos valores recomendados por Tucci (1993), resultando em CN variando entre 63 e 98. Como parâmetros hidrológicos, estimaram-se o

tempo de concentração (TC), pela equação de Kirpich, e o LagTime. As precipitações de projeto foram obtidas por meio da equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF), utilizando o *software* Plúvio 2.1 (UFV), adotando-se o hietograma do segundo quartil de Huff para chuvas com duração inferior a 12 horas. A duração crítica foi definida como 11,5 horas, correspondente ao maior pico de vazão. Com esses parâmetros, foram realizadas simulações no HEC-HMS para TR de 10, 25 e 50 anos, gerando hidrogramas e estimativas de vazão no exutório, que subsidiaram a análise hidráulica da capacidade de escoamento do Ribeirão Ubá.

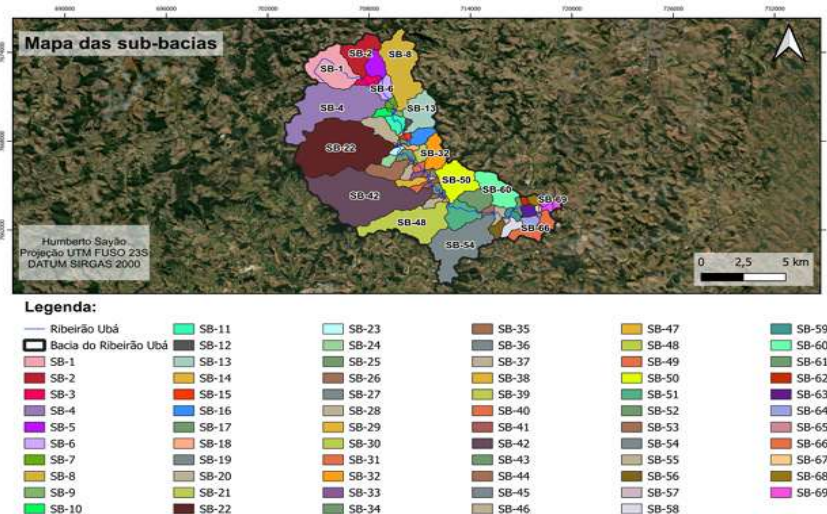


Figura 3 - Divisão das sub-bacias

Verificação da capacidade hidráulica do canal

Para avaliar a capacidade hidráulica do canal principal, uma visita a campo foi feita, onde foram levantadas as dimensões e características do canal em um ponto representativo, ilustrado pela Figura 4, em frente à rodoviária da cidade, local com múltiplos registros de inundação. Em seguida, para determinar a vazão máxima comportada pelo canal, e compará-la com as vazões de projeto simuladas, foi utilizada a equação de Chézy com o coeficiente de Manning igual a 0,026, determinado com base na visita de campo e na literatura técnica.



Figura 4 - Ponto escolhido para a medição da capacidade hidráulica

Levantamento do histórico de inundações, avaliação do Plano Diretor e proposição de medidas

No levantamento do histórico recente de inundações no município de Ubá, foram compilados registros jornalísticos entre 2016 e 2026, considerando apenas eventos de transbordamento do ribeirão principal, a fim de analisar a recorrência e subsidiar a avaliação hidrológica. Paralelamente, avaliou-se o Plano Diretor Municipal (Lei Complementar nº 02/2018) quanto às diretrizes de drenagem urbana, com foco na exigência de estudos hidrológicos e no controle da impermeabilização do solo. A integração desses dados com a modelagem hidrológica e a análise da capacidade hidráulica do canal permitiu a proposição de medidas estruturais e não estruturais, como bacias de retenção e melhorias no planejamento urbano, visando mitigar riscos de inundação e promover a gestão sustentável das águas pluviais.

RESULTADOS

Após a inserção dos parâmetros hidrológicos no modelo, incluindo os tempos de retorno e a duração crítica da precipitação, foram realizadas as simulações no HEC-HMS, resultando na obtenção das vazões de pico no exutório da bacia, representadas pelos hidrogramas apresentados na Figura 5. Esses resultados refletem a resposta hidrológica integrada das sub-bacias modeladas, considerando as características físicas, o uso e ocupação do solo e os parâmetros estimados, como o Curve Number e o tempo de concentração. A análise das vazões geradas constitui etapa fundamental para a compreensão do comportamento hidrológico da bacia frente a eventos extremos, subsidiando diretamente a avaliação da capacidade hidráulica do canal principal. Nesse contexto, destaca-se que a ocorrência de inundações pode estar associada tanto a limitações geométricas das seções fluviais (estrangulamentos) quanto à incompatibilidade entre as vazões de cheia geradas e a capacidade de escoamento da infraestrutura existente. Assim, a etapa subsequente baseia-se no confronto entre a oferta hídrica simulada e a capacidade hidráulica do canal, permitindo identificar possíveis condições de extravasamento e pontos críticos ao longo do sistema.

Considerando as dimensões levantadas em campo, largura de 14 m, profundidade de 4 m, coeficiente de Manning de 0,026, declividade média de 0,005067 m/m e seção retangular, estimou-se, pela equação de Chézy, uma capacidade de escoamento para o canal de 285,82 m³/s. As vazões de pico simuladas foram de 191,3 m³/s, 266,2 m³/s e 336,4 m³/s para TR de 10, 25 e 50 anos, respectivamente. Observa-se que o canal atende aos eventos de até 25 anos, porém tem sua capacidade excedida em 17,6% para TR de 50 anos, indicando suscetibilidade a extravasamentos.

Embora esteja em conformidade com o TR de projeto usual, destaca-se a baixa margem de segurança hidráulica e o fato de que condições reais, como assoreamento e obstruções, podem reduzir ainda mais sua capacidade efetiva.

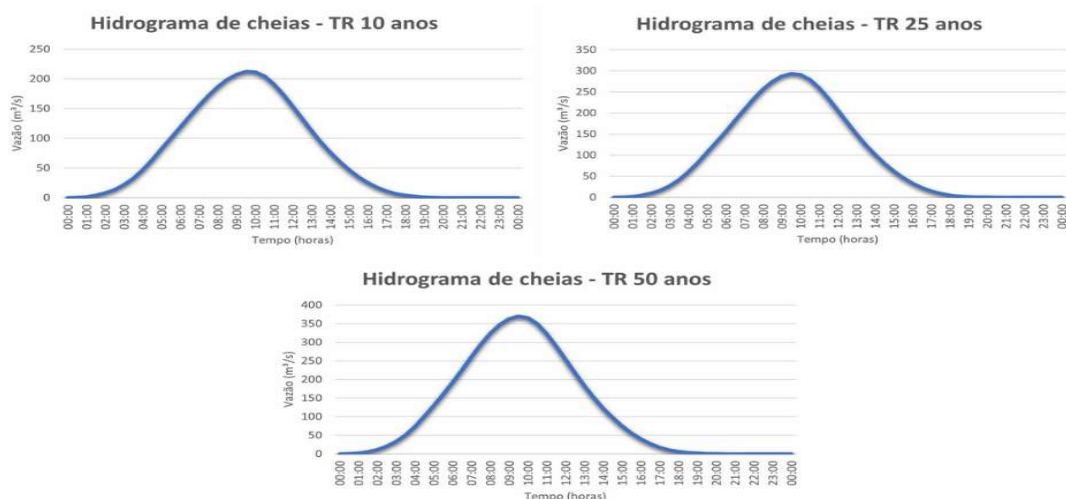


Figura 5 - Hidrogramas gerados no exutório

Corroborando essa limitação hidráulica, o levantamento de eventos de inundação no município, identificou a ocorrência de cinco episódios significativos de cheia nas datas de 10/03/2018 (Câmara Municipal de Ubá, 2018), 25/01/2020 (Tribuna de Minas, 2020), 04/03/2020 (G1 Zona da Mata, 2020), 07/04/2020 (Estado de Minas, 2020) e 24/02/2026 (CNN Brasil, 2026), todos com impactos relevantes à população e, em alguns casos, com decretação de Situação de Emergência. A recorrência desses eventos em um intervalo relativamente curto evidencia uma frequência superior à esperada pelos parâmetros tradicionais de projeto, usualmente associados a um tempo de retorno de 25 anos. Esse descompasso indica que, além das limitações físicas do canal, pode haver inadequação dos critérios hidrológicos adotados, possivelmente associada à não estacionariedade dos regimes pluviométricos e à intensificação de eventos extremos.

Nesse contexto, a análise do Plano Diretor Municipal de Ubá (Lei Complementar nº 02/2018) evidencia que, embora a drenagem urbana seja contemplada, suas diretrizes apresentam caráter predominantemente genérico, sem a definição de critérios técnicos capazes de garantir o controle efetivo do escoamento superficial. A ausência de parâmetros quantitativos, de exigências normativas mais rigorosas e de um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) limita a efetividade das ações de planejamento, tornando o sistema vulnerável à expansão urbana sem controle hidrológico adequado. Em contraste, experiências de municípios como Belo Horizonte (Belo Horizonte, 2022) demonstram a importância da adoção de instrumentos mais robustos, com exigências específicas para controle de vazão e implementação de soluções compensatórias.

Diante desse diagnóstico integrado, que evidencia tanto limitações hidráulicas quanto lacunas no planejamento urbano, foram propostas medidas estruturais e não estruturais para mitigação dos problemas de drenagem na bacia. No âmbito estrutural, destaca-se a implantação de bacias de retenção para o amortecimento dos picos de cheia, promovendo a retenção temporária do escoamento e sua liberação controlada. A definição dos locais baseou-se em critérios como disponibilidade de área, relevo e comportamento hidrológico das sub-bacias. Nesse contexto, a sub-bacia 6 foi identificada como ponto estratégico, apresentando aumento expressivo de vazão (100,6%), de 46,9 m³/s para 94,1 m³/s, o que maximiza a eficiência da intervenção no controle das vazões a jusante, além de apresentar condições favoráveis à implantação.

Adicionalmente, verificou-se a necessidade de adoção de uma abordagem distribuída, com a proposição de estruturas complementares em trechos a jusante, conforme ilustrado na Figura 6, priorizando áreas críticas ao longo da bacia. Essa estratégia contribui para a redução progressiva das vazões e para o aumento da resiliência do sistema de drenagem. Ressalta-se, contudo, que as propostas possuem caráter preliminar, sendo necessária a realização de estudos mais detalhados que considerem aspectos hidrológicos, geotécnicos, ambientais e socioeconômicos, além de análises de viabilidade técnica e econômica.

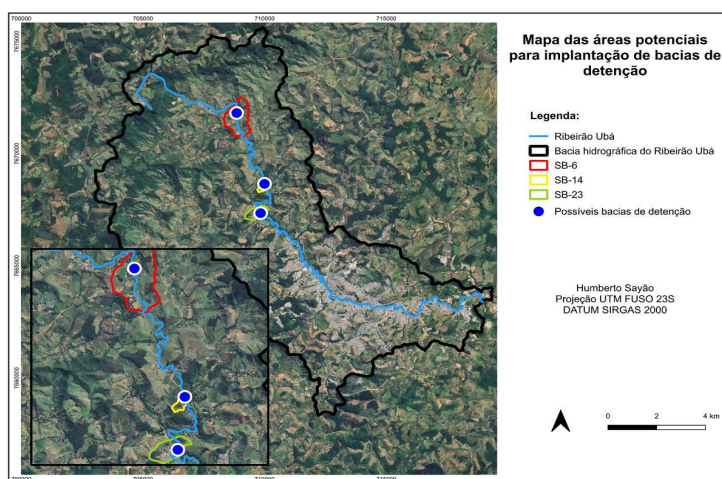


Figura 6 - Mapa das opções de áreas para a implantação de bacias de retenção

No âmbito não estrutural, propõe-se a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) para o município de Ubá, com o objetivo de suprir lacunas existentes no planejamento atual e estabelecer diretrizes técnicas mais robustas para o manejo das águas pluviais. Inspirado em modelos consolidados, como o de Belo Horizonte, o PDDU permitiria a adoção de soluções baseadas no controle do escoamento na fonte, definição de parâmetros técnicos (como IDF e microrreservatórios) e integração do planejamento urbano à dinâmica hidrológica da bacia. Adicionalmente, destaca-se a necessidade de aprofundar estudos sobre eventos extremos e avaliar

a possível não estacionariedade das chuvas, indicando a utilização futura de curvas IDF não estacionárias como forma de aprimorar o dimensionamento e aumentar a resiliência do sistema de drenagem urbana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia do Ribeirão Ubá apresenta elevada e crescente vulnerabilidade a inundações, decorrente da intensificação do processo de urbanização e da limitada capacidade do sistema de drenagem. As simulações hidrológicas indicaram que as vazões associadas ao TR de 50 anos superam a capacidade do canal em 17,6%, enquanto o levantamento histórico revelou recorrência de eventos extremos superior àquela prevista pelos critérios tradicionais de projeto. Esse conjunto de evidências aponta para uma condição de baixa margem de segurança hidráulica, agravada por possíveis efeitos de não estacionariedade dos regimes pluviométricos.

A análise do Plano Diretor Municipal evidenciou lacunas técnicas na gestão da drenagem urbana, com ausência de critérios quantitativos e instrumentos específicos de controle do escoamento superficial. Diante desse cenário, reforça-se a necessidade de adoção de medidas integradas, incluindo a implantação de bacias de retenção, o controle do escoamento na fonte e a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU). Adicionalmente, recomenda-se a incorporação de abordagens mais atualizadas, como a possível utilização de curvas IDF não estacionárias, visando aumentar a resiliência do sistema, reduzir riscos de inundação e promover uma gestão mais eficiente e sustentável das águas pluviais no município.

REFERÊNCIAS

BELO HORIZONTE. **Instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem: Capítulo 3 – Controle na fonte e lançamento no sistema público de drenagem.** Belo Horizonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura, 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Manual para apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais.** [s.l.] SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO, 2020.

CÂMARA MUNICIPAL DE UBÁ. **Lei no 1.221, de 2018. Texto integral.** Ubá, MG, 2018. Disponível em:
https://sapl.uba.mg.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2018/1221/1221_texto_integral.pdf. Acesso em: 07 fev. 2026.

CARVALHO, Cornélio de Freitas; FERREIRA, Adalberto Luiz; STAPELFELDT, Frank. **Qualidade das águas do ribeirão Ubá-MG**. REM: Revista Escola de Minas, v. 57, p. 165-172, 2004.

CNN BRASIL. **Rio Ubá atinge quase 8 metros e deixa mortos após temporal em Minas Gerais**. São Paulo, 24 fev. 2026. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/sudeste/mg/rio-uba-atinge-quase-8-metros-e-deixa-mortos-apos-temporal-em-minas-gerais/>. Acesso em: 8 mar. 2026.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018.

FARIAS, Ariadne; MENDONÇA, Francisco. **The Urban Environmental System perspective on socio-environmental risks of urban flooding**. Sociedade & Natureza, [S. l.], v. 34, n. 1, 2022.

DOI: 10.14393/SN-v34-2022-63717. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/63717>. Acesso em: 15 aug. 2025.

G1 ZONA DA MATA. **"Maior enchente da história de Ubá", diz Prefeitura após forte chuva que atingiu a cidade.**" G1, 5 mar. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2020/03/05/maior-enchente-da-historia-a-de-uba-diz-prefeitura-apos-forte-chuva-que-atingiu-a-cidade.ghml>. Acesso em: 13 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022: Ubá (MG)**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uba/pesquisa/10102/122229>. Acesso em: 9 mar. 2026.

NUNES, Elizon Dias; ROSA, Lucas Espíndola. **COMPACTION AND WATERPROOFING OF THE SOIL IN THE URBAN FLUVIAL CHANNELS**. Mercator, Fortaleza, v. 19, oct. 2020. ISSN 1984-2201. Available at: . Date accessed: 15 aug. 2025. doi: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19023>.

PAIVA, Larissa Carla Souza; FERREIRA, Cássia de Castro Martins; GOMES VIANNA, Yan Carlos. **Maapeamento de áreas de risco de inundação do município de Ubá, Minas Gerais**. ENTRE-LUGAR, [S. l.], v. 15, n. 29, p. 194–215, 2024. DOI: 10.30612/rel.v15i29.17425. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/entre-lugar/article/view/17425>. Acesso em: 8 ago. 2025.

TASSI, R. ET AL. **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais**. Ambiente Construído, v. 14, n. 1, p. 139–154, jan. 2014.

UBÁ. **Plano Diretor Participativo do Município de Ubá**. Lei Complementar nº 002, de 12 de janeiro de 2018. Ubá: Prefeitura Municipal de Ubá, 2018.