AVALIAÇÃO DOS ELEMENTOS DE DRENAGEM URBANA NA BACIA DO RIACHO MALHADA EM JUAZEIRO-BA

Lucas Otávio Lourenço Lima[1], Silvio Pereira Neto[2], Fernanda Águida Sousa de Deus[2], Miriam Cleide Cavalcante de Amorim[2]

[1]Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro , Bahia
(lucas.lourenco@discente.univasf.edu.br)
[2]Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro , Bahia

Resumo: Este estudo avalia a microdrenagem e macrodrenagem pluvial em bairros inseridos na bacia do Riacho Malhada, localizado na área urbana de Juazeiro Bahia. Para tanto, fez-se uso do software Qgis e do Google Earth, utilizando arquivos de imagem no formato GeoTIFF do MapBiomas. Os resultados indicaram quantidade insuficiente para a área delimitada de dispositivos de drenagem e alta susceptibilidade a alagamentos. Conclui-se que há necessidade de planejamento integrado para melhoria do sistema.

Palavras-chave: drenagem urbana; microdrenagem; macrodrenagem; uso do solo; bacia hidrográfica.

INTRODUÇÃO

A drenagem urbana é um dos componentes do saneamento básico, diretamente afetado pelo processo de urbanização. O crescimento desordenado das cidades e a impermeabilização do solo têm provocado alterações no ciclo hidrológico, resultando no aumento do escoamento superficial, da frequência de inundações e da degradação da qualidade da água (Tucci, 2002; Tucci, 2012). Além disso, a implantação inadequada da infraestrutura urbana e a falta de integração entre drenagem, uso do solo e demais serviços de saneamento intensificam esses impactos, comprometendo a eficiência dos sistemas e a qualidade ambiental urbana (Tucci, 1997; Tucci, 2012) .

Os sistemas de drenagem urbana são estruturados em dois subsistemas principais: a microdrenagem e a macrodrenagem, que atuam de forma integrada no manejo das águas pluviais. A microdrenagem compreende os dispositivos responsáveis pela captação e condução inicial do escoamento superficial, sendo composta por elementos como sarjetas, bocas de lobo e bueiros, geralmente associados ao sistema viário urbano. Já a macrodrenagem engloba estruturas de maior escala, como canais naturais ou artificiais, pontes, galerias e reservatórios, responsáveis por receber e conduzir as vazões provenientes da microdrenagem e das contribuições diretas ao longo da bacia hidrográfica. Dessa forma, a eficiência do sistema de drenagem urbana depende da adequada articulação entre esses dois níveis, garantindo o escoamento seguro das águas pluviais e a mitigação de impactos como alagamentos e inundações (Silva, 2025).

Nesse contexto, os sistemas de microdrenagem e macrodrenagem desempenham papel fundamental no controle do escoamento pluvial, sendo responsáveis, respectivamente, pela captação e condução inicial das águas e pelo escoamento em escala de bacia hidrográfica (Silva, 2023). A microdrenagem atua diretamente no ambiente urbano imediato, coletando as águas precipitadas nas superfícies impermeabilizadas e direcionando-as por meio de dispositivos como sarjetas e bocas de lobo. Já a macrodrenagem é responsável por receber esses fluxos e conduzi-los por estruturas de maior capacidade, garantindo a dissipação adequada das vazões ao longo da bacia. Contudo, a ausência de planejamento integrado entre esses subsistemas, aliada à ocupação desordenada do solo e à insuficiência de manutenção das estruturas existentes, compromete o desempenho do sistema como um todo (Fernandes *et al.*, 2026).

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo avaliar os sistemas de drenagem urbana na bacia do Riacho Malhada, em Juazeiro-BA, por meio da análise da micro e macrodrenagem, bem como a identificação de áreas críticas como trechos retificados e áreas suscetíveis a alagamentos. Busca-se, subsidiar propostas futuras voltadas ao planejamento e à gestão integrada da drenagem urbana da região.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O objeto deste estudo corresponde à bacia hidrográfica do Riacho Malhada, uma sub-bacia inserida no contexto do riacho Macarrão e,

consequentemente, da bacia do Rio São Francisco. A área de drenagem apresenta aproximadamente 12,637 km² e está localizada no município de Juazeiro, no estado da Bahia, conforme ilustrado na Figura 1. Essa delimitação espacial permite uma análise detalhada dos processos hidrológicos e das condições de drenagem urbana em escala local, evidenciando as dinâmicas de uso e ocupação do solo e seus impactos sobre o escoamento superficial.

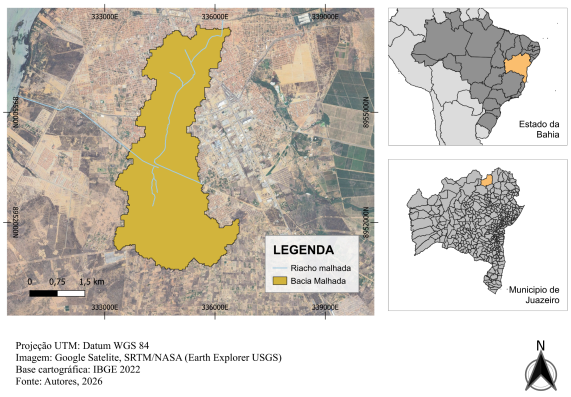


Figura 1. Localização geográfica da bacia Malhada.

O município de Juazeiro está situado no extremo norte do estado da Bahia, ao longo da margem direita do Rio São Francisco, integrando a região do Baixo Médio São Francisco. Além disso, o município compõe a Região Integrada de Desenvolvimento Econômico (RIDE) do Polo Petrolina (PE) / Juazeiro (BA), caracterizando-se como um importante centro urbano do semiárido brasileiro. Essa integração regional contribui para a intensificação das atividades econômicas e do crescimento urbano, fatores que influenciam diretamente as transformações no território e impõem desafios à gestão da drenagem urbana, sobretudo diante da expansão de áreas impermeabilizadas e da pressão sobre os sistemas naturais de escoamento (IBGE, 2023).

Identificação de elementos de drenagem.

Inicialmente, as informações foram obtidas por meio da interpretação visual de imagens no Google Earth Pro e no Google Street View, ferramentas que possibilitam a análise detalhada do espaço urbano e a identificação preliminar das estruturas de drenagem existentes. A partir dessas plataformas, foi possível reconhecer elementos como bocas de lobo, sarjetas, galerias e canais, bem como avaliar aspectos relacionados ao estado de conservação e à distribuição espacial desses dispositivos.

Posteriormente, os elementos de drenagem urbana identificados foram vetorizados e integrados a um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo organizados em camadas geoespaciais específicas. Esse procedimento permitiu a padronização e classificação dos elementos conforme suas características e funções, além de facilitar a análise espacial, a comparação entre áreas e a identificação de padrões e deficiências no sistema de drenagem.

Áreas urbanas suscetíveis a inundação, alagamento e enxurrada

Os dados relativos às áreas urbanas vulneráveis à inundação foram obtidos a partir do módulo de Risco Climático (em versão beta) da iniciativa MapBiomas Brasil, que disponibiliza produtos cartográficos de alta resolução para todo o território nacional. Esses dados são gerados por meio da integração entre o modelo HAND (Height Above Nearest Drainage) e o modelo global de risco de inundação do Joint Research Centre (JRC), resultando em uma classificação da suscetibilidade à inundação em diferentes níveis, como médio, alto e muito alto, considerando limites altimétricos de até 6 metros (MapBiomas, 2026). Para este estudo, foi utilizada a Coleção 10.1, referente ao ano de 2024, permitindo a identificação de áreas urbanas que apresentam recorrência de eventos hidrológicos e maior propensão a alagamentos e enxurradas ao longo do tempo.

Posteriormente, os dados foram processados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, utilizando o software QGIS. Foram empregados arquivos no formato GeoTIFF disponibilizados pelo MapBiomas, associados ao Modelo Digital de Elevação (MDE), possibilitando uma análise espacial mais refinada das áreas suscetíveis dentro da bacia hidrográfica.

A análise concentrou-se nas regiões classificadas nas diferentes categorias de risco, permitindo a delimitação precisa das áreas mais críticas. Em seguida, por meio da ferramenta “Calculadora de Campo” do QGIS, realizou-se a quantificação das áreas correspondentes a cada nível de suscetibilidade, viabilizando a elaboração de tabelas e mapas temáticos detalhados. Esses produtos permitiram caracterizar a distribuição espacial dos riscos de inundação, alagamento e enxurrada, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada da dinâmica hidrológica da bacia estudada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação de elementos de drenagem.

Ao longo do estudo, utilizando vetorização e análise espacial dentro de uma estrutura de Sistema de Informações Geográficas (GIS), complementada por interpretação visual via Google Earth Pro, foram identificados oito tipos distintos de dispositivos associados aos sistemas de drenagem urbana. No âmbito da microdrenagem, destacam-se as bocas de

lobo, as galerias pluviais e os dispositivos de dissipação. Já no sistema de macrodrenagem, foram identificados canais retificados, canais artificiais, pontes, bacias de retenção e bacias de contenção. Esses dispositivos estão apresentados de forma consolidada no Quadro 1, permitindo uma visão geral da infraestrutura de drenagem existente na área de estudo.

Quadro 1. Elementos de microdrenagem e macrodrenagem.

Elemento	Classificação	Valor
Bocas de lobo	Microdrenagem	5 un
Galerias pluviais	Microdrenagem	318 m
Dispositivos de dissipação	Microdrenagem	1 un
Canais retificados	Macrodrenagem	851 m
Canais artificiais	Macrodrenagem	701 m
Pontes	Macrodrenagem	21 un
Bacias de retenção	Macrodrenagem	0,009 km²
Bacias de contenção	Macrodrenagem	0,004 km²

Fonte: elaborado pelos autores, 2026

A partir dos dados levantados, observa-se uma quantidade reduzida de dispositivos de captação superficial, especialmente no que se refere às bocas de lobo. Conforme indicado por Orsini *apud* Santos (2014), a densidade recomendada desses dispositivos não deve ser inferior a um par de bocas de lobo para cada 400 m², podendo-se admitir, em uma abordagem menos conservadora, um par a cada 800 m².

Quando esses parâmetros são aplicados à área analisada, particularmente ao trecho canalizado em galerias pluviais, com aproximadamente 318 metros de extensão, evidencia-se uma discrepância entre o recomendado e o existente. Considerando uma via com largura média de 7 metros, tem-se uma área pavimentada de cerca de 2.226 m², o que demandaria entre 3 e 6 pares de bocas de lobo, ou seja, de 6 a 12 unidades. No entanto, foram identificadas apenas 5 unidades em toda a área estudada, indicando uma notável inadequação na capacidade da área de captação, o que prejudica diretamente a eficácia operacional da infraestrutura de microdrenagem e amplia a probabilidade de inundação localizada.

No que se refere à macrodrenagem, o comprimento total superior a 1,5 km de canais, somando trechos retificados e artificiais, evidencia a predominância de intervenções estruturais baseadas no chamado "paradigma higienista", amplamente difundido até a década de 1970. Esse modelo prioriza o rápido escoamento das águas pluviais por meio da canalização, frequentemente desconsiderando os impactos a jusante. Como destacado por Tucci (2012), esse tipo de abordagem tende a transferir os problemas de inundação ao longo do curso d'água, contribuindo para a intensificação de alagamentos em áreas localizadas a jusante da bacia.

Por outro lado, a presença de bacias de retenção e contenção constitui um aspecto positivo do sistema analisado, uma vez que indica a adoção, ainda que pontual, de soluções alinhadas a abordagens mais sustentáveis de drenagem urbana. Tais estruturas atuam no armazenamento temporário das águas pluviais, promovendo a redução de picos de vazão e contribuindo para a mitigação de eventos de inundação. Essa estratégia se aproxima dos princípios dos Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), que buscam integrar soluções baseadas na natureza ao planejamento urbano (Fernandes *et al.*, 2026).

Ressalta-se que todos esses elementos foram validados por meio de análise visual, conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3, que apresentam, respectivamente, a distribuição dos dispositivos de microdrenagem e macrodrenagem na área de estudo, permitindo uma compreensão espacial mais detalhada da infraestrutura existente.

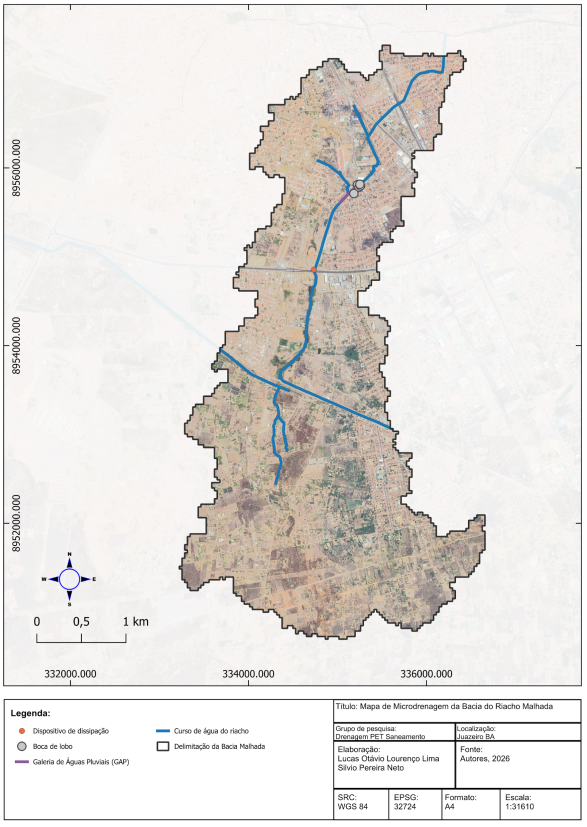


Figura 2. Elementos de microdrenagem.

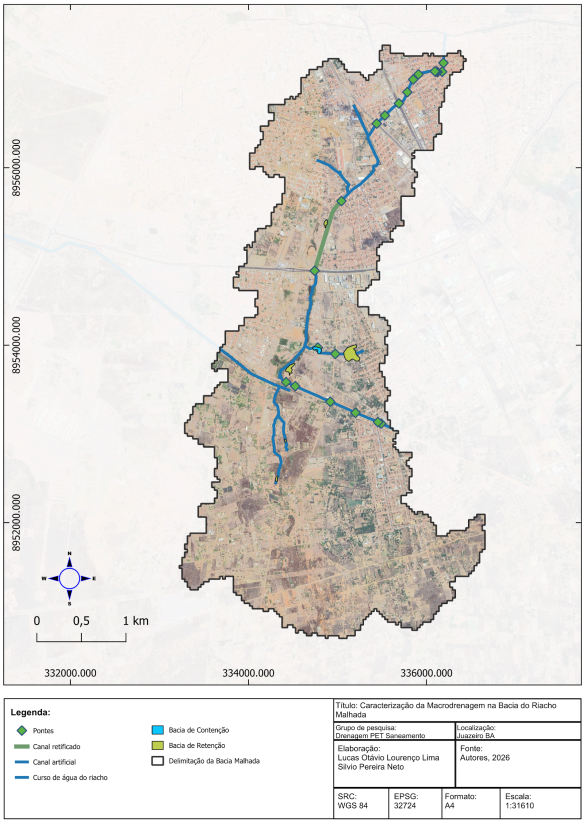


Figura 3. Elementos de macrodrenagem.

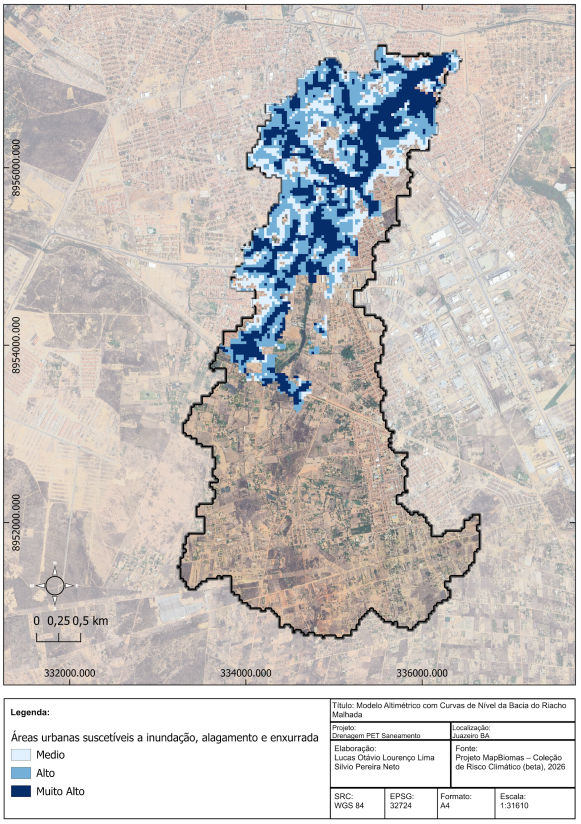


Figura 4. Áreas urbanas suscetíveis a inundação, alagamento e enxurrada na bacia do riacho Malhada em 2024

Áreas urbanas suscetíveis a inundação, alagamento e enxurrada

O Quadro 2 apresenta uma análise quantitativa detalhada das áreas urbanas classificadas quanto à suscetíveis a inundação, alagamento e enxurrada tendo sido identificados 4,086 km² correspondendo a 32,33% da área total. A distribuição das áreas suscetíveis pode ser analisada de forma visual na Figura 4 a seguir.

Quadro 2. Áreas urbanas suscetíveis a inundação, alagamento e enxurrada em 2024

Classes	Área (Km²)	Percentual (%)
Médio	0,940	7,44%
Alto	1,643	13,00%
Muito Alto	1,503	11,89%

Fonte: Mapbiomas (2026).

Ao sobrepor a distribuição espacial dos dispositivos de microdrenagem com regiões designadas como de alto e muito alto risco (que constituem 24,89% da bacia hidrográfica), uma notável concentração de zonas vulneráveis é observada especificamente em áreas que exibem a maior densidade de pontes, substanciando assim a correlação entre inadequação infraestrutural e vulnerabilidade a fenômenos hidrológicos.

Portanto, os dados obtidos e apresentados indicam que a bacia encontra-se majoritariamente em área urbana e que cerca de um terço da bacia está situada em zonas consideradas de risco. Apesar disso, observa-se que há relativamente poucos dispositivos de drenagem e que parte do riacho foi canalizada em galerias pluviais, o que, em vez de reduzir o risco, contribui para o aumento da suscetibilidade a inundações na região.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem afirmar que o sistema de drenagem urbana da bacia do Riacho Malhada apresenta limitações significativas tanto na microdrenagem quanto na macrodrenagem, evidenciando uma baixa densidade de dispositivos de captação e a predominância de intervenções

estruturais baseadas na canalização dos cursos d'água. A análise integrada desses sistemas demonstrou que a insuficiência de bocas de lobo e a presença de trechos retificados contribuem para o aumento da velocidade do escoamento superficial e para a redução da capacidade de amortecimento das vazões, favorecendo a ocorrência de alagamentos, enxurradas e inundações.

Além disso, a identificação das áreas suscetíveis revelou que aproximadamente um terço da bacia encontra-se em níveis de risco médio a muito alto, confirmando a relação direta entre o uso e ocupação do solo, a configuração da infraestrutura de drenagem e a dinâmica hidrológica local. Dessa forma, o estudo evidencia que a atual configuração do sistema de drenagem não atende de forma adequada às demandas da bacia, enfatizando a necessidade de uma estratégia de drenagem urbana coesa que considere, no futuro imediato, o aumento da quantidade de bocas de lobo nos segmentos com galerias e, no futuro intermediário, a transformação de segmentos retificados em intervenções baseadas na natureza.

A avaliação realizada atende ao objetivo proposto ao diagnosticar as deficiências do sistema e identificar áreas críticas, demonstrando a importância da adoção de um planejamento integrado da drenagem urbana, baseado na bacia hidrográfica como unidade de gestão e na incorporação de soluções mais sustentáveis, capazes de reduzir os impactos hidrológicos e aumentar a resiliência urbana frente a eventos extremos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Educação Tutorial (PET) Saneamento Ambiental pelo apoio no desenvolvimento das atividades, ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) pelo suporte institucional, ao Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA) pela disponibilização de infraestrutura e suporte técnico, e à Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) pelo incentivo à pesquisa e à formação acadêmica.

REFERÊNCIAS

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Área territorial brasileira 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

MAPBIOMAS. Coleção 10.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. [S. l.]: MapBiomas, 2026. Disponível em: https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/. Acesso em: 9 abr. 2026.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Gerenciamento da drenagem urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 5–27, jan./mar. 2002. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/231957. Acesso em: 14 abr. 2026.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Gestão da drenagem urbana. 2012. Disponível em: https://hdl.handle.net/11362/38004. Acesso em: 14 abr. 2026.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 5–12, jul./dez. 1997. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/232482. Acesso em: 14 abr. 2026.

SANTOS, Danilo R. dos, Análise do Sistema de Drenagem de Águas Pluviais do Município de Rio Paranaíba – MG. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba, 2014.

SILVA, Thyago Vinícius Santos da. Sistemas de drenagem urbana de águas pluviais: um estudo de caso na cidade de Bacabal/MA. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Maranhão, Bacabal, 2023. Disponível em: https://repositorio.uema.br/handle/123456789/2472. Acesso em: 14 abr. 2026.

SILVA, Pâmela Vitória da. Diagnóstico da micro e macrodrenagem e mapeamento das áreas de inundação do município do Cabo de Santo Agostinho/PE. 2025. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Cabo de Santo Agostinho, 2025.

FERNANDES, Samir Batista; BATTEMARCO, Bruna Peres; GUIMARÃES, Luciana Fernandes. Plano de drenagem urbano: uma revisão de escopo sobre a articulação entre aspectos técnicos, normativos e culturais. Revista de Geopolítica, [S. l.], v. 17, n. 2, p. e1504, 2026. DOI: 10.56238/revgeov17n2-030. Disponível em: https://revistageo.com.br/revgeo/article/view/1504. Acesso em: 14 abr. 2026.