

XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

MORFOMETRIA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E IMPACTOS PLUVIOMÉTRICOS NO MEIO URBANO: ESTUDO DE CASO NA ZONA NORTE DE SÃO PAULO

Laura Lopes Lombardi¹

Prof. Dr. Armando Traini Ferreira²

Introdução:

A urbanização modifica de maneira expressiva o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas – especialmente em grandes metrópoles como o município de São Paulo. O crescimento urbano acelerado, associado à canalização e retificação de cursos d'água e à substituição de áreas vegetadas por superfícies impermeáveis, altera substancialmente os processos hidrológicos naturais, aumentando a suscetibilidade à ocorrência de alagamentos e inundações (Tucci, 2003, 2005). Em condições naturais, a cobertura vegetal e os solos não impermeabilizados favorecem a infiltração da água da chuva, contribuindo para a recarga do lençol freático e para a regularização das vazões ao longo do tempo. Entretanto, em ambientes urbanos consolidados, a predominância de pavimentação asfáltica, edificações e sistemas de drenagem artificial reduz significativamente a capacidade de infiltração, acelerando o escoamento superficial e alterando o tempo de concentração da bacia. Esse processo resulta em respostas hidrológicas mais rápidas e intensas aos eventos pluviométricos, especialmente quando associados a precipitações de elevada intensidade. A identificação de áreas suscetíveis a inundações, associada ao conhecimento das características físicas das bacias hidrográficas, pode contribuir para o planejamento urbano e para a redução da vulnerabilidade socioambiental frente a eventos extremos (Rocha, 2024). De acordo com Villela e Mattos (1975), as características geométricas de uma bacia hidrográfica influenciam diretamente a concentração do escoamento e a resposta hidrológica aos eventos de precipitação, sendo a análise morfométrica um dos principais instrumentos para avaliação dessa dinâmica. Nesse sentido, a bacia hidrográfica pode ser compreendida como a área de drenagem delimitada topograficamente em que toda a água precipitada converge para um ponto comum de saída, denominado exutório - local onde ocorre a concentração e o escoamento final das águas provenientes da rede de drenagem. Essa área é limitada pelos divisores de águas, definidos pelas porções mais elevadas do relevo que separam o escoamento superficial entre bacias adjacentes, organizando o fluxo da água em

¹ Estudante do curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – São Paulo/SP. laura.lombardi@aluno.ifsp.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5309-2849>

² Professor doutor. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – São Paulo/SP. traini@ifsp.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9502-0949>

XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

direção ao canal principal e seus afluentes (DNIT, 2022). A forma, o comprimento e o perímetro da bacia condicionam o modo como a água precipitada converge para o exutório, interferindo na velocidade e no volume do escoamento concentrado. Parâmetros como o fator de forma (F_f) e o índice de compacidade (K_c) são amplamente empregados para estimar a tendência à ocorrência de enchentes, pois estabelecem relações matemáticas baseadas nas características geométricas da bacia, permitindo avaliar o grau de concentração do escoamento superficial (Villela; Mattos, 1975; DNIT, 2022). O fator de forma representa a relação entre a área da bacia e o quadrado de seu comprimento principal, sendo utilizado para indicar o grau de alongamento da área de drenagem. Já o índice de compacidade estabelece uma relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área equivalente, permitindo avaliar o grau de irregularidade do contorno da bacia (Villela; Mattos, 1975; DNIT, 2022). Em termos gerais, bacias mais circulares tendem a concentrar o escoamento em intervalos de tempo menores, aumentando a probabilidade de cheias rápidas, enquanto bacias mais alongadas distribuem o escoamento ao longo do tempo, reduzindo picos de vazão. Entretanto, tais indicadores não consideram diretamente as transformações antrópicas que caracterizam os ambientes urbanos. Com isso, estudos recentes têm demonstrado a importância da integração entre análise morfométrica e ferramentas de geotecnologia para o entendimento da dinâmica hidrológica das bacias hidrográficas, permitindo obter parâmetros geométricos com maior precisão e avaliar sua relação com o uso e ocupação do solo (Gritti; Boza; Trentin, 2023). Em contextos urbanos, a tendência hidrológica indicada pelos parâmetros morfométricos pode não corresponder às condições observadas na realidade. Pesquisas como a de Crispim et al. (2021), que envolve a análise da bacia do igarapé Quarenta Horas, em Ananindeua (PA), mostra que os indicadores morfométricos apontavam baixa tendência natural a inundações; contudo, a ocorrência recorrente de alagamentos estava associada principalmente a fatores antrópicos, como a ocupação urbana e limitações na infraestrutura de drenagem. Tais resultados evidenciam a necessidade de análise integrada entre as características físicas da bacia, os eventos pluviométricos e as condições de uso e ocupação do solo, particularmente em ambientes urbanos, onde intervenções antrópicas podem alterar significativamente a resposta hidrológica natural das bacias hidrográficas e influenciar a ocorrência de alagamentos e inundações. (Collischonn; Tucci, 2001; Tucci, 2012).

Objetivo:

A partir dessas premissas, o presente trabalho tem como objetivo analisar a morfometria de uma bacia hidrográfica localizada na Zona Norte do município de São Paulo, por meio do cálculo do fator de forma e do índice de compacidade e, a partir desses, investigar a sua relação com os impactos pluviométricos observados em meio urbano. Busca-se, especificamente, verificar se os índices morfométricos obtidos são compatíveis com o histórico recente de ocorrências de alagamentos e inundações registrados na área, considerando a influência da urbanização na resposta hidrológica da bacia estudada. Pretende-se, portanto, compreender em que medida os parâmetros geométricos tradicionais são capazes de explicar os eventos climáticos

XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

observados, quando analisados em conjunto com os dados pluviométricos e com as características urbanas locais.

Metodologia:

Inicialmente, foi realizado levantamento bibliográfico com base em obras clássicas da hidrologia aplicada e da drenagem urbana, especialmente Villela e Mattos (1975), Tucci (2003, 2005, 2012) e Collischonn e Tucci (2001), com o objetivo de fundamentar teoricamente os procedimentos metodológicos adotados e definir os parâmetros morfométricos utilizados na análise. Além disso, foram analisadas pesquisas recentes que utilizaram os mesmos parâmetros a fim de caracterizar bacias hidrográficas enquanto sua suscetibilidade a enchentes. A área de estudo corresponde à região pertencente à Subprefeitura de Santana-Tucuruvi, localizada na Zona Norte do município de São Paulo. A escolha da região fundamentou-se em sua relevância urbana e socioeconômica, caracterizada pela presença de importantes eixos de mobilidade e infraestrutura, como a Marginal Tietê, a Linha 1 – Azul do Metrô, a Rodoviária do Tietê e o Aeroporto Campo de Marte, tratando-se, portanto, de uma área estratégica sob o ponto de vista da circulação de pessoas, atividades econômicas e integração metropolitana. Além de sua importância estrutural para o município, a seleção da área também se justificou pela recorrência de registros de alagamentos e inundações. Para a identificação das áreas com histórico de ocorrências, foram consultados os registros disponibilizados pela plataforma GeoSampa - sistema de informações geográficas da Prefeitura de São Paulo que reúne bases cartográficas oficiais e dados espaciais do município. A partir dessas informações, foram selecionados pontos próximos com registros de alagamentos e inundações, em 2025, na região da Subprefeitura de Santana-Tucuruvi, permitindo definir a área de interesse para análise. Posteriormente, procedeu-se à comparação entre as datas das ocorrências registradas e os dados pluviométricos disponibilizados pelo CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas) da Prefeitura de São Paulo - responsável pelo monitoramento meteorológico do município por meio de uma rede de estações automáticas. Essa etapa possibilitou identificar eventos de precipitação associados aos registros de alagamentos, destacando-se o episódio ocorrido em 24 de janeiro de 2025, quando foram registrados nove casos de alagamento e cinco casos de inundação coincidentes com precipitação acumulada de 70,4 mm. A delimitação da bacia hidrográfica foi realizada com base nas cartas cartográficas obtidas na plataforma GeoSampa, utilizando as curvas de nível como referência para a interpretação do relevo. O procedimento foi desenvolvido com apoio do *software* AutoCAD e seguiu os princípios descritos na literatura técnica de hidrologia aplicada, segundo os quais a delimitação de uma bacia deve considerar os divisores de águas, definidos pelas porções mais elevadas do terreno que separam o escoamento superficial entre bacias adjacentes e direcionam o fluxo da água em direção ao exutório (DNIT, 2022). A partir da identificação do exutório, definido como o ponto de saída do escoamento superficial do sistema de drenagem analisado próximo a um corpo hídrico, procedeu-se à interpretação das curvas de nível e à delimitação manual do divisor topográfico da bacia. A definição do divisor de águas foi conduzida de modo a respeitar as cotas altimétricas indicadas nas curvas de nível,

XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

traçando-se segmentos de reta que interceptam as curvas topográficas de forma perpendicular, formando ângulos próximos de 90° , conforme orientações técnicas para análise topográfica em ambiente CAD (Autodesk). Esse procedimento permitiu identificar os limites da área de contribuição hídrica da bacia, garantindo que o escoamento superficial delimitado convergisse para o exutório previamente definido. Após a delimitação da bacia, foram obtidas diretamente no *software* as medidas geométricas necessárias à análise morfométrica, incluindo área de drenagem, perímetro da bacia e comprimento do curso principal. Com base nesses valores foram calculados os parâmetros fator de forma (Ff) e índice de compacidade (Kc), conforme as equações estabelecidas na literatura hidrológica (Villela; Mattos, 1975). Por fim, os valores obtidos foram analisados à luz das interpretações hidrológicas associadas a esses parâmetros e comparados com os registros de precipitação e de ocorrências de alagamentos na região estudada, permitindo avaliar em que medida os indicadores morfométricos são capazes de explicar os impactos pluviométricos observados na área urbana da Subprefeitura de Santana-Tucuruvi.

Resultados:

A análise morfométrica resultou em um fator de forma igual a 0,2537 e um índice de compacidade igual a 1,8145. À luz da literatura hidrológica clássica, tais valores indicam que, sob condições naturais e não modificadas por intervenções urbanas, a bacia não apresentaria elevada suscetibilidade à ocorrência de cheias rápidas e intensas. O valor reduzido de Ff sugere uma bacia relativamente alongada, o que implicaria maior tempo de concentração do escoamento e, conseqüentemente, uma resposta hidrológica mais distribuída no tempo de ocorrência. Complementarmente, o índice de compacidade superior a 1 indica um formato menos circular, característica associada, em termos teóricos, a menor propensão à concentração simultânea dos fluxos provenientes de diferentes setores da bacia. Contudo, a comparação entre os parâmetros geométricos e o histórico de ocorrências registradas na área de estudo revelou discrepância entre a tendência teórica e a realidade observada. O levantamento de dados indicou o registro de 14 ocorrências de alagamentos e inundações em um único dia, associadas a um evento pluviométrico com precipitação acumulada de 70,4 mm. Observou-se que diversos pontos de alagamento coincidem espacialmente com trechos da rede de drenagem modificados por intervenções antrópicas, sendo a maior parte desses trechos composta por cursos d'água canalizados, frequentemente em estruturas subterrâneas. Esses pontos concentram-se principalmente em áreas com maior grau de urbanização e presença de infraestrutura viária. Adicionalmente, a análise espacial da área evidenciou elevada presença de superfícies impermeabilizadas, associadas à expansão urbana e à ocupação intensiva do solo. Tais características estão relacionadas à redução das áreas de infiltração natural e ao aumento do escoamento superficial, fatores que contribuem para a concentração de vazões durante eventos de precipitação intensa.

Conclusão: Conclui-se que a utilização isolada de parâmetros morfométricos, como o fator de forma e o índice de compacidade, não é suficiente para explicar a ocorrência de alagamentos e inundações em áreas urbanizadas. Embora a morfometria da bacia estudada indique baixa tendência geométrica à ocorrência de enchentes – e essas,

XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

quando ocorrerem, de pequeno porte –, a realidade observada na Subprefeitura de Santana-Tucuruvi – evidenciada, por exemplo, pelo registro de 14 ocorrências associadas a um evento de 70,4 mm de precipitação em 24 de janeiro de 2025 – demonstra que os impactos pluviométricos estão fortemente associados ao processo de urbanização e à intensidade das chuvas. Ressalta-se ainda que os índices Ff e Kc, apesar de serem calculados a partir dos dados geométricos da bacia delimitada com base nas curvas de nível, não consideram diretamente as diferenças altimétricas entre os elementos topográficos – o que constitui limitação relevante na análise isolada desses parâmetros. Tal ausência da consideração explícita das variações de declividade e das transformações antrópicas reforça a necessidade de abordagem integrada. Em uma região estratégica, que concentra importantes infraestruturas de mobilidade e equipamentos urbanos, a compreensão articulada entre morfometria, uso eficiente do solo e regime pluviométrico mostra-se essencial para subsidiar estratégias mais eficazes de planejamento e gestão da drenagem urbana, contribuindo para a mitigação de impactos associados a eventos extremos.

Referências:

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019: Informe Anual*. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-aud/relatorioanual2019_ana.pdf. Acesso em: 22 set. 2025.

AUTODESK. *Tutorial: Criar uma análise de bacia hidrográfica e de queda de água*. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2025/ENU/?guid=GUID-23EC67A6-0084-4DAC-B58F-141155DB7E29>. Acesso em: 22 set. 2025.

BRASIL. *Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem – Módulo 3: Bacias hidrográficas*. Brasília: DNIT, 2022.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. *Modelagem hidrológica aplicada à drenagem urbana*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.6, n.1, 2001.

CRISPIM, D. L.; BEZERRA, P. E. S.; LIMA, G. V. B. A.; FERNANDES, L. L. *Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé Quarenta Horas no município de Ananindeua, Pará*. Journal of Hyperspectral Remote Sensing, v. 11, n. 1, p. 1–10, 2021.

GRITTI, O.; BOZA, D.; TRENTIN, R. *Uso da geotecnologia na análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Baios*. Revista de Geografia (Recife), v. 40, n. 2, p. 179–199, 2023.

ROCHA, C. I. O. *Adequação do uso e ocupação do solo em áreas suscetíveis a inundações com apoio de método de chuva sobre malha bidimensional*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2024. Dissertação de doutorado em Engenharia Civil.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Enchentes*. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/e/enchentes>. Acesso em: 23 set. 2025. MINISTÉRIO DA

XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

SAÚDE. *Plano de Contingência para Emergência em Saúde Pública por Inundação*. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_contingencia_emergencia_saude_inundacao.pdf. Acesso em: 22 set. 2025.

TUCCI, C. E. M. *Drenagem urbana*. Ciência & Cultura, São Paulo, v.55, n.4, out-dez. 2003.

TUCCI, C. E. M. *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*. Ministério das Cidades, Global Water Partnership, World Bank, UNESCO, 2005. Disponível em: https://www.academia.edu/6714312/Gest%C3%A3o_de_%C3%81guas_Pluviais_Urbanas. Acesso em: 22 set. 2025.

TUCCI, C. E. M. *Drenagem urbana: soluções sustentáveis e mitigação de alagamentos*. 2012. VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.