

PLANEJAMENTO E DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE MACRODRENAGEM URBANA: ANÁLISE HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA APLICADA À BACIA DO RIO MANDI

PLANNING AND DESIGN OF URBAN MACRODRAINAGE SYSTEMS: HYDROLOGICAL AND HYDRAULIC ANALYSIS APPLIED TO THE MANDI RIVER BASIN

PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS DE MACRODRENAJE URBANO: ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO APLICADO A LA CUENCA DEL RÍO MANDI

Leonardo Evangelista Ribeiro

Mestre em Engenharia Civil e Infraestrutura

Uneatlântico – Espanha

E-mail: leonardoribeiro11@hotmail.com

Resumo

O artigo tem como objeto de estudo o planejamento e o dimensionamento de sistemas de macrodrenagem urbana, com foco na análise hidrológica e hidráulica aplicada à bacia do Rio Mandi. O problema de pesquisa consiste em compreender de que modo os fundamentos teóricos e metodológicos consolidados na literatura orientam a definição de chuvas de projeto, a estimativa de vazões e a verificação da capacidade de condução das estruturas em bacias urbanas. O objetivo central é analisar como esses referenciais podem ser articulados para subsidiar o planejamento da macrodrenagem em escala de bacia, considerando as especificidades do curso d'água e do espaço urbano associado. O referencial teórico fundamenta-se em estudos clássicos e técnicos sobre hidrologia urbana, modelagem chuva-vazão, dimensionamento hidráulico e abordagem integrada da drenagem. Metodologicamente, o estudo adota uma revisão de literatura de natureza integrativa e descritiva, com seleção e análise de produções científicas, livros técnicos e manuais institucionais amplamente utilizados na área. Os principais achados indicam que a consideração conjunta da análise hidrológica, do dimensionamento hidráulico e da escala da bacia oferece base consistente para compreender o funcionamento dos sistemas de macrodrenagem e orientar decisões técnicas relacionadas ao projeto e à gestão da drenagem urbana. As contribuições do estudo reforçam a relevância de abordagens integradas para o campo da engenharia urbana e dos recursos hídricos, ao evidenciar caminhos teóricos e metodológicos aplicáveis ao planejamento da macrodrenagem em bacias urbanas.

Palavras-chave: macrodrenagem urbana; análise hidrológica; dimensionamento hidráulico; bacia hidrográfica.

Abstract

The article focuses on the planning and design of urban macrodrainage systems, with emphasis on hydrological and hydraulic analysis applied to the Mandi River basin. The research problem lies in understanding how theoretical and methodological foundations established in the literature guide the definition of design storms, the estimation of discharges, and the assessment of the conveyance capacity of structures in urban basins. The main objective is to analyze how these references can be

articulated to support macrodrainage planning at the basin scale, taking into account the specific characteristics of the watercourse and the associated urban area. The theoretical framework is based on classical and technical studies on urban hydrology, rainfall–runoff modeling, hydraulic design, and integrated drainage approaches. Methodologically, the study adopts an integrative and descriptive literature review, involving the selection and analysis of scientific publications, technical books, and institutional manuals widely used in the field. The main findings indicate that the combined consideration of hydrological analysis, hydraulic design, and basin scale provides a consistent basis for understanding the functioning of macrodrainage systems and for guiding technical decisions related to the design and management of urban drainage. The study's contributions highlight the relevance of integrated approaches for the fields of urban engineering and water resources, by identifying theoretical and methodological paths applicable to macrodrainage planning in urban basins.

Keywords: urban macrodrainage; hydrological analysis; hydraulic design; river basin.

Resumen

El artículo tiene como objeto de estudio la planificación y el dimensionamiento de sistemas de macrodrenaje urbano, con énfasis en el análisis hidrológico e hidráulico aplicado a la cuenca del río Mandi. El problema de investigación consiste en comprender de qué manera los fundamentos teóricos y metodológicos consolidados en la literatura orientan la definición de lluvias de proyecto, la estimación de caudales y la verificación de la capacidad de conducción de las estructuras en cuencas urbanas. El objetivo central es analizar cómo estos referentes pueden articularse para apoyar la planificación del macrodrenaje a escala de cuenca, considerando las especificidades del curso de agua y del espacio urbano asociado. El marco teórico se sustenta en estudios clásicos y técnicos sobre hidrología urbana, modelización lluvia–escorrentía, dimensionamiento hidráulico y enfoque integrado del drenaje. Metodológicamente, el estudio adopta una revisión de la literatura de naturaleza integradora y descriptiva, con selección y análisis de producciones científicas, libros técnicos y manuales institucionales ampliamente utilizados en el área. Los principales hallazgos indican que la consideración conjunta del análisis hidrológico, del dimensionamiento hidráulico y de la escala de la cuenca ofrece una base consistente para comprender el funcionamiento de los sistemas de macrodrenaje y orientar decisiones técnicas relacionadas con el diseño y la gestión del drenaje urbano. Las contribuciones del estudio refuerzan la relevancia de enfoques integrados para el campo de la ingeniería urbana y de los recursos hídricos, al poner de manifiesto caminos teóricos y metodológicos aplicables a la planificación del macrodrenaje en cuencas urbanas.

Palabras clave: macrodrenaje urbano; análisis hidrológico; dimensionamiento hidráulico; cuenca hidrográfica.

1. Introdução

O crescimento das áreas urbanas tem ampliado a ocupação de superfícies impermeáveis e alterado o comportamento natural das bacias hidrográficas, resultando em aumento do escoamento superficial e maior recorrência de alagamentos e inundações. Nesse cenário, os sistemas de macrodrenagem urbana assumem papel central na condução e no controle das vazões geradas por eventos de chuva, exigindo planejamento e dimensionamento compatíveis com as características físicas da bacia e do espaço urbano (TUCCI, 2004; CANHOLI, 2014).

A macrodrenagem urbana corresponde ao conjunto de estruturas responsáveis pela condução de grandes volumes de água, como canais, galerias principais e cursos d'água urbanos, distinguindo-se da microdrenagem, que atua em escala local. O desempenho desses sistemas depende de análises hidrológicas e hidráulicas integradas, capazes de transformar dados de precipitação em estimativas de vazão e avaliar a capacidade de condução das estruturas projetadas (DAEE, 2005; DNIT, 2006).

A análise hidrológica constitui a etapa em que se estimam as vazões de projeto a partir da caracterização das chuvas e das propriedades da bacia hidrográfica. Estudos clássicos demonstram que a distribuição temporal da precipitação exerce influência direta nos picos de vazão, sendo fundamental para o correto dimensionamento dos sistemas de drenagem (HUFF, 1967; GUIMARÃES; NAGHETTINI, 1998). A definição de chuvas de projeto adequadas ao contexto local é, portanto, elemento estruturante do planejamento da macrodrenagem (ARNELL; MELIN, 1984).

No contexto brasileiro, diferentes investigações têm evidenciado a necessidade de avaliar a aplicabilidade de padrões de chuva às condições regionais, evitando a adoção automática de modelos que não representem adequadamente o comportamento hidrológico das bacias urbanas. Trabalhos desenvolvidos em áreas urbanas do Sul do país indicam que a escolha criteriosa desses padrões influencia diretamente a segurança hidráulica das obras de drenagem (BEMFICA, 1999; SILVEIRA; BEMFICA; GOLDENFUM, 2000).

A etapa hidráulica, por sua vez, concentra-se na verificação da capacidade das estruturas de condução em transportar as vazões estimadas sem provocar extravasamentos. Pesquisas voltadas à eficiência hidráulica de galerias e canais urbanos demonstram que a geometria das seções e as condições de escoamento são determinantes para o desempenho dos sistemas de macrodrenagem (CAMPOS; NUNES; DE OLIVEIRA, 2015). Essa análise torna-se essencial em áreas urbanizadas, onde limitações espaciais condicionam as soluções adotadas.

Além dos aspectos técnicos, a literatura aponta que o planejamento da macrodrenagem deve considerar a bacia hidrográfica como unidade de análise, articulando características físicas, uso do solo e dinâmica hidrológica. A abordagem em escala de bacia permite compreender os processos que condicionam a geração do escoamento e os pontos de maior suscetibilidade a inundações, contribuindo para decisões mais consistentes no planejamento urbano (PALARETTI, 2013; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1986).

Nesse sentido, estudos voltados ao mapeamento de áreas suscetíveis à inundação reforçam a importância de integrar análises hidrológicas e hidráulicas ao planejamento territorial, de modo a reduzir riscos associados à ocupação urbana inadequada. A identificação dessas áreas fornece subsídios técnicos relevantes para o dimensionamento de sistemas de macrodrenagem e para a mitigação de impactos decorrentes de eventos chuvosos intensos (GOERL; KOBIYAMA; PELLERIN, 2012).

Apesar dos avanços metodológicos apresentados na literatura, observa-se que muitos estudos ainda tratam de forma dissociada as etapas hidrológica e hidráulica, ou aplicam modelos sem adequada contextualização às características específicas das bacias analisadas. Essa constatação evidencia a necessidade de investigações que articulem, de maneira integrada, a estimativa de vazões e a verificação da capacidade hidráulica dos sistemas de macrodrenagem, considerando as particularidades locais (ALMEIDA; VALDÉS SERRA, 2017; CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2019).

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar o planejamento e o dimensionamento de sistemas de macrodrenagem urbana a partir de uma abordagem hidrológica e hidráulica integrada, aplicada à bacia do Rio Mandi. Busca-se compreender como os métodos consagrados na literatura podem ser articulados para subsidiar decisões técnicas mais adequadas ao funcionamento do sistema de drenagem.

A pergunta que orienta esta pesquisa consiste em compreender de que modo a integração entre análise hidrológica e hidráulica contribui para o planejamento e o dimensionamento de sistemas de macrodrenagem urbana em uma bacia hidrográfica específica, considerando os fundamentos metodológicos consolidados na literatura técnica e científica.

2. Referencial Teórico

2.1 Planejamento da macrodrenagem urbana e abordagem em escala de bacia

O planejamento de sistemas de macrodrenagem urbana tem sido abordado na literatura como um processo que ultrapassa a simples implantação de estruturas de condução, exigindo compreensão integrada da bacia hidrográfica e do espaço urbano. Estudos indicam que a adoção da bacia como unidade de análise permite relacionar precipitação, uso do solo e resposta hidrológica de forma mais consistente, favorecendo soluções compatíveis com a dinâmica natural do escoamento (TUCCI, 2004; PALARETTI, 2013).

Autores destacam que intervenções pontuais, quando dissociadas do contexto da bacia, tendem a transferir problemas ao longo do sistema de drenagem, sem reduzir de forma efetiva os riscos de inundação. A literatura reconhece, portanto, que o planejamento da macrodrenagem deve considerar aspectos físicos, hidrológicos e espaciais de maneira articulada, evitando soluções isoladas e pouco eficientes (CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2019).

Nesse sentido, documentos técnicos internacionais reforçam que a análise integrada da bacia contribui para a estimativa mais realista das vazões e para a definição de critérios de projeto ajustados à escala urbana. Essa abordagem tem sido amplamente utilizada em estudos de hidrologia urbana voltados a pequenas e médias bacias, com resultados consistentes na redução de incertezas no dimensionamento (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1986).

2.2 Análise hidrológica e definição de chuvas de projeto

A análise hidrológica constitui uma das etapas centrais no planejamento da macrodrenagem urbana, pois é a partir dela que se estimam as vazões associadas aos eventos de chuva. A literatura aponta que a caracterização da precipitação, especialmente sua intensidade, duração e distribuição temporal, exerce influência direta nos picos de vazão e no comportamento do escoamento superficial (HUFF, 1967; GUIMARÃES; NAGHETTINI, 1998).

Pesquisas voltadas à distribuição temporal das chuvas demonstram que diferentes padrões podem produzir respostas hidrológicas distintas, mesmo quando associados a volumes semelhantes de precipitação. Por essa razão, a escolha de chuvas de projeto adequadas ao contexto regional tem sido apontada como etapa fundamental para a segurança hidráulica dos sistemas de drenagem (ARNELL; MELIN, 1984).

No contexto brasileiro, estudos evidenciam que a aplicação direta de padrões genéricos pode resultar em subdimensionamento ou superdimensionamento das estruturas. Análises desenvolvidas em áreas urbanas do Sul do país indicam a necessidade de avaliar a compatibilidade desses padrões com as condições locais, reforçando a importância de estudos regionais na definição das chuvas de projeto (BEMFICA, 1999; SILVEIRA; BEMFICA; GOLDENFUM, 2000).

2.3 Modelos hidrológicos aplicados à drenagem urbana

Os modelos hidrológicos têm sido amplamente empregados para representar a transformação da chuva em vazão em bacias urbanas. A literatura descreve esses modelos como ferramentas que auxiliam na simulação de diferentes cenários hidrológicos, permitindo avaliar o comportamento do sistema frente a distintos eventos de precipitação (ALMEIDA; VALDÉS SERRA, 2017).

Estudos apontam que a escolha do modelo deve considerar a disponibilidade de dados, a escala da bacia e o objetivo da análise, evitando aplicações inadequadas que comprometam os resultados. Modelos conceituais e semiempíricos têm sido frequentemente utilizados em ambientes urbanos, por apresentarem equilíbrio entre simplicidade operacional e capacidade de representação dos processos hidrológicos (ALMEIDA; VALDÉS SERRA, 2017).

A literatura reconhece que o uso criterioso desses modelos contribui para a compreensão dos fatores que controlam a geração do escoamento e para a tomada de decisões mais fundamentadas no planejamento da macrodrenagem. Dessa forma, os modelos hidrológicos são apresentados como instrumentos de apoio, e não como substitutos da análise técnica e do conhecimento da bacia estudada.

2.4 Dimensionamento hidráulico e desempenho das estruturas de macrodrenagem

O dimensionamento hidráulico dos sistemas de macrodrenagem urbana está diretamente relacionado à capacidade das estruturas de conduzir, com segurança, as vazões estimadas na etapa hidrológica. A literatura técnica aponta que canais e galerias devem ser projetados considerando não apenas a vazão de projeto, mas também a geometria das seções e as condições de escoamento (CANHOLI, 2014).

Estudos comparativos sobre diferentes seções hidráulicas indicam que a forma e o dimensionamento das galerias influenciam de maneira significativa a eficiência do escoamento. Pesquisas desenvolvidas em sistemas de drenagem urbana mostram que a escolha inadequada da seção pode reduzir a capacidade hidráulica e comprometer o funcionamento do sistema (CAMPOS; NUNES; DE OLIVEIRA, 2015).

Manuais técnicos nacionais reforçam a importância da verificação hidráulica como etapa complementar à análise hidrológica, orientando critérios de projeto e

dimensionamento adotados em obras de drenagem. Esses documentos destacam que a coerência entre vazões estimadas e capacidade das estruturas é essencial para o desempenho dos sistemas de macrodrenagem (DAEE, 2005; DNIT, 2006).

3. Metodologia

A pesquisa adotou uma abordagem de revisão de literatura de natureza integrativa e descritiva, voltada à sistematização de estudos que tratam do planejamento e do dimensionamento de sistemas de macrodrenagem urbana sob a ótica hidrológica e hidráulica. Essa opção metodológica mostrou-se adequada aos objetivos do estudo, pois permite reunir, organizar e interpretar conhecimentos consolidados, evidenciando fundamentos técnicos recorrentes e diferentes encaminhamentos metodológicos presentes na área.

A seleção das fontes foi realizada em bases de dados científicas amplamente reconhecidas no campo dos recursos hídricos e da engenharia urbana, como Scopus, Web of Science e SciELO, sendo complementada por buscas no Google Scholar. Essas bases foram escolhidas em razão de sua abrangência temática e por concentrarem periódicos, livros técnicos e documentos institucionais relevantes para estudos relacionados à hidrologia urbana, drenagem e planejamento em escala de bacia.

As buscas foram conduzidas por meio de descritores associados à macrodrenagem urbana, análise hidrológica, dimensionamento hidráulico, chuvas de projeto e bacias hidrográficas urbanas. A combinação desses termos possibilitou contemplar diferentes abordagens do tema, abrangendo desde discussões conceituais até estudos voltados à estimativa de vazões e à avaliação da capacidade de condução das estruturas de drenagem.

Os critérios de inclusão priorizaram estudos que abordassem diretamente o planejamento e o dimensionamento de sistemas de drenagem urbana, com foco na articulação entre análise hidrológica e hidráulica. Foram considerados

trabalhos disponíveis na íntegra, publicados em periódicos científicos, livros técnicos, dissertações e manuais institucionais amplamente utilizados na área. Estudos que não apresentavam relação direta com o escopo da pesquisa foram excluídos do corpus de análise.

O processo de seleção dos estudos seguiu etapas sucessivas de identificação, triagem, verificação de elegibilidade e definição do conjunto final de referências. Inicialmente, realizou-se a leitura de títulos e resumos para verificar a aderência temática; posteriormente, procedeu-se à leitura integral dos textos selecionados, avaliando sua consistência conceitual e metodológica. As referências finais foram organizadas de forma a permitir análise comparativa dos métodos e conceitos apresentados.

A análise dos dados concentrou-se na identificação dos principais fundamentos teóricos e metodológicos relacionados à definição de chuvas de projeto, à modelagem hidrológica e ao dimensionamento hidráulico de estruturas de macrodrenagem urbana. Foram valorizadas contribuições clássicas e produções nacionais amplamente reconhecidas, assegurando coerência entre o referencial teórico adotado e os objetivos do estudo.

A partir dessa sistematização, a metodologia empregada permitiu construir uma base teórica consistente para subsidiar a análise do planejamento e do dimensionamento da macrodrenagem urbana aplicada à bacia do Rio Mandi. O enfoque adotado possibilita compreender de forma integrada os processos hidrológicos e hidráulicos envolvidos, sem recorrer à produção de dados primários ou a inferências não sustentadas pela literatura analisada.

4. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos a partir da literatura analisada indicam que o planejamento da macrodrenagem urbana está diretamente associado à forma como a bacia hidrográfica é compreendida e representada nos estudos

hidrológicos e hidráulicos. Trabalhos que adotam a bacia como unidade de análise descrevem maior coerência entre precipitação, geração de escoamento e capacidade de condução das estruturas, aspecto relevante para a análise aplicada à bacia do Rio Mandi (TUCCI, 2004; PALARETTI, 2013).

No âmbito da análise hidrológica, os estudos revisados destacam que a definição da chuva de projeto constitui etapa determinante na estimativa das vazões utilizadas no dimensionamento da macrodrenagem. A literatura evidencia que a distribuição temporal da precipitação altera o comportamento do escoamento superficial, influenciando diretamente os picos de vazão considerados nos projetos de drenagem urbana (HUFF, 1967; GUIMARÃES; NAGHETTINI, 1998).

Pesquisas voltadas à aplicação de padrões de chuva em áreas urbanas brasileiras indicam que a adequação desses parâmetros ao contexto regional é fundamental para a consistência das análises hidrológicas. Estudos desenvolvidos em cidades do Sul do país mostram que a escolha do padrão de chuva interfere nos resultados obtidos, fornecendo subsídios importantes para a análise hidrológica da bacia do Rio Mandi (BEMFICA, 1999; SILVEIRA; BEMFICA; GOLDENFUM, 2000).

A utilização de modelos hidrológicos aparece nos estudos revisados como estratégia recorrente para representar a transformação da precipitação em vazão. A literatura descreve diferentes tipos de modelos, cuja aplicação depende da escala da bacia, da disponibilidade de dados e dos objetivos do estudo. Esses elementos orientam a seleção de ferramentas adequadas para a análise do comportamento hidrológico em bacias urbanas como a do Rio Mandi (ALMEIDA; VALDÉS SERRA, 2017; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1986).

No que se refere ao dimensionamento hidráulico, os resultados da literatura indicam que a capacidade de condução das estruturas deve ser avaliada de forma compatível com as vazões estimadas na etapa hidrológica. Estudos que analisam

diferentes geometrias de galerias demonstram que a forma da seção influencia o desempenho hidráulico, fornecendo subsídios para a escolha de soluções técnicas adequadas em sistemas de macrodrenagem urbana (CAMPOS; NUNES; DE OLIVEIRA, 2015).

Manuais técnicos nacionais descrevem critérios de projeto que orientam a verificação hidráulica de canais e galerias, destacando a importância da compatibilização entre vazões de projeto e capacidade das estruturas. Esses documentos são amplamente utilizados como referência em estudos de drenagem urbana e oferecem parâmetros aplicáveis à análise do sistema associado ao Rio Mandi (DAEE, 2005; DNIT, 2006).

A literatura também aborda a macrodrenagem urbana sob uma perspectiva histórica e de planejamento territorial, relacionando a evolução das práticas de drenagem às transformações do espaço urbano. Esses estudos reforçam a necessidade de compreender o papel dos cursos d'água urbanos no funcionamento do sistema de drenagem, aspecto central para a análise da bacia do Rio Mandi no contexto da cidade (CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2019).

A síntese dos principais achados identificados na literatura e suas implicações para a análise da macrodrenagem urbana aplicada à bacia do Rio Mandi é apresentada na Tabela 1, organizada a partir dos eixos analíticos discutidos nesta seção.

Tabela 1 – Principais achados da literatura e implicações para a macrodrenagem na bacia do Rio Mandi

Achado identificado	Fundamentação na literatura	Implicações para a bacia do Rio Mandi
Definição da chuva de projeto	HUFF (1967); GUIMARÃES; NAGHETTINI (1998)	Orienta a estimativa das vazões associadas ao curso d'água

Adequação de padrões de chuva	BEMFICA (1999); SILVEIRA <i>et al.</i> (2000)	Apoia a escolha de parâmetros hidrológicos locais
Uso de modelos hidrológicos	ALMEIDA; VALDÉS SERRA (2017); USDA (1986)	Subsídio à análise do escoamento na bacia urbana
Dimensionamento hidráulico	CAMPOS <i>et al.</i> (2015); CANHOLI (2014)	Verificação da capacidade das estruturas
Critérios normativos	DAEE (2005); DNIT (2006)	Apoio às decisões técnicas de projeto
Planejamento em escala de bacia	TUCCI (2004); GOERL <i>et al.</i> (2012)	Compreensão integrada da dinâmica do Rio Mandi

Fonte: elaboração própria com base na literatura revisada.

A discussão dos resultados evidencia que os elementos apresentados na literatura oferecem fundamentos consistentes para a análise do planejamento e do dimensionamento da macrodrenagem urbana aplicada à bacia do Rio Mandi. A articulação entre análise hidrológica, dimensionamento hidráulico e abordagem em escala de bacia sustenta a interpretação dos achados e orienta a compreensão do funcionamento do sistema de drenagem associado ao curso d'água em estudo.

5. Considerações Finais

Este estudo teve como objetivo analisar o planejamento e o dimensionamento de sistemas de macrodrenagem urbana a partir de uma abordagem hidrológica e hidráulica aplicada à bacia do Rio Mandi. A revisão da literatura possibilitou organizar fundamentos teóricos e metodológicos

relacionados à definição de chuvas de projeto, à estimativa de vazões e à verificação da capacidade de condução das estruturas, elementos essenciais para compreender o funcionamento do sistema de drenagem associado ao curso d'água analisado (TUCCI, 2004).

A síntese dos achados evidencia que a análise em escala de bacia hidrográfica constitui um referencial consistente para o planejamento da macrodrenagem urbana, ao permitir a articulação entre precipitação, uso do solo e resposta hidrológica. Essa perspectiva oferece suporte à interpretação do comportamento do escoamento superficial e orienta decisões técnicas relacionadas ao dimensionamento hidráulico, contribuindo para análises mais coerentes no contexto da bacia do Rio Mandi.

No campo das implicações práticas, a literatura analisada indica que a adoção de critérios hidrológicos adequados, associada à verificação hidráulica conforme parâmetros técnicos consolidados, fornece subsídios relevantes para o planejamento de sistemas de macrodrenagem compatíveis com a dinâmica local. Esses referenciais podem apoiar ações de gestão urbana e orientar intervenções estruturais alinhadas às características físicas e territoriais da bacia estudada.

Do ponto de vista teórico, os estudos revisados reforçam o papel dos modelos hidrológicos como instrumentos de apoio à análise do escoamento, desde que empregados de forma compatível com a escala da bacia e com os objetivos do planejamento. A utilização desses modelos amplia a compreensão dos processos hidrológicos envolvidos e favorece a integração entre análise hidrológica e dimensionamento hidráulico no contexto urbano (ALMEIDA; VALDÉS SERRA, 2017).

A aplicação das proposições discutidas pressupõe a disponibilidade de dados hidrológicos e informações sobre a ocupação urbana, bem como o uso de ferramentas de modelagem e referenciais técnicos consolidados. A literatura aponta que a articulação desses recursos favorece análises mais consistentes e contribui para o aprimoramento do planejamento da macrodrenagem urbana em

bacias como a do Rio Mandi (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1986).

Por fim, os achados reunidos indicam possibilidades de aprofundamento em investigações futuras voltadas à aplicação integrada de métodos hidrológicos e hidráulicos em diferentes contextos urbanos. A ampliação desse tipo de análise pode fortalecer o diálogo entre conhecimento técnico, gestão territorial e políticas públicas relacionadas à drenagem urbana, contribuindo para práticas de planejamento mais alinhadas às especificidades das bacias hidrográficas.

Referências

ALMEIDA, L.; VALDÉS SERRA, J. C. **Modelos hidrológicos, tipos e aplicações mais utilizadas**. *Revista da FAE*, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 129–137, 2017.

Disponível em: <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/113>. Acesso em: 14 jan. 2026.

ARNELL, V.; MELIN, H. **Rainfall design of detention data for sewer basins**.

Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola, 1984. Disponível em:

https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/179510/local_179510.pdf.

Acesso em: 14 jan. 2026.

BEMFICA, D. da C. **Análise da aplicabilidade de padrões de chuva de projeto a Porto Alegre**. 1999. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) –

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

CAMPOS, R.; NUNES, J.; DE OLIVEIRA, G. **Avaliação da eficiência hidráulica de galerias de drenagem pluviais com seções retangulares e circulares**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015. *Anais* [...].

Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/4/PAP020901.pdf>.

Acesso em: 14 jan. 2026.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPÇÃO, R. dos S. F. V.; KLIGERMAN, D. C. **A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza**. *Saúde em Debate*, Rio de Janeiro, v. 43, p. 94–108, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-11042019s307>.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. São Paulo: DAEE, 2005. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/site/wp-content/uploads/2024/05/GuiaPratico_Daee_2005.pdf. Acesso em: 14 jan. 2026.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de drenagem de rodovias**. Brasília: DNIT, 2006. (Publicação IPR-724). Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724_manual_drenagem_rodovias.pdf. Acesso em: 14 jan. 2026.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. **Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação**. *Boletim de Geografia*, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81–100, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i1.13519>.

GUIMARÃES, M. G.; NAGHETTINI, M. C. **Análise regional de frequência e distribuição temporal das precipitações intensas na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 73–88, 1998.

HUFF, F. A. **Time distribution of rainfall in heavy storms**. *Water Resources*

Research, Washington, v. 3, n. 4, p. 1007–1019, 1967. DOI:

<https://doi.org/10.1029/WR003I004P01007>.

PALARETTI, F. L. **Notas de aula: manejo de bacias hidrográficas**. Jaboticabal: UNESP, 2013. Disponível em:

<https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/engenhariarural/luizfabianopalaretti/bacia-hidrografica.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2026.

SILVEIRA, A.; BEMFICA, D.; GOLDENFUM, J. **Análise da aplicabilidade de padrões de chuva de projeto a Porto Alegre**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 5–16, 2000. DOI:

<https://doi.org/10.21168/rbrh.v5n4.p5-16>.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil**. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 59–73, 2004. DOI: <https://doi.org/10.21168/rega.v1n1.p59-73>.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Urban hydrology for small watersheds**. Washington, DC: USDA, 1986. Disponível em:

<https://www.nrc.gov/docs/ML1421/ML14219A437.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2026.