

Um panorama sobre os sistemas de drenagem urbana e sua gestão no Brasil

Talita Miranda de Sousa
UFCG – PB

Luana Varela Miranda
UFPB – PB

Osires de Medeiros Melo Neto
UFCG – PB

Albaniza Maria da Silva Lopes
UFCG - PB

Maria Ingridy Lacerda Diniz
UFCG - PB

Ingridy Minervina Silva
UFCG – PB

RESUMO

A urbanização está intimamente ligada à história da humanidade, desde os povos nômades até os dias atuais. A água sempre desempenhou um papel crucial na fundação e desenvolvimento das cidades, influenciando não apenas a sobrevivência e a agricultura, mas também o saneamento. O Império Romano foi um marco no desenvolvimento do saneamento urbano, com a implementação de sistemas de esgoto e banheiros públicos. No entanto, apesar dos avanços ao longo da história, muitas áreas ainda enfrentam desafios no acesso ao saneamento básico, incluindo o Brasil, onde a infraestrutura deficiente é um problema, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. A legislação brasileira estabeleceu diretrizes para a gestão das águas pluviais urbanas, mas a má utilização dos sistemas de drenagem continua sendo um problema, resultando em poluição e riscos à saúde pública.

Palavras-chave: Urbanização, Água, Saneamento, Brasil, Drenagem.

1 INTRODUÇÃO

A fundação das primeiras cidades pode ser traçada até a sedentarização dos povos nômades, que buscavam locais próximos a fontes de água para garantir o abastecimento e desenvolver atividades agrícolas e pecuárias. A importância da água transcendeu o simples consumo, influenciando o planejamento e o desenvolvimento urbano desde os tempos primitivos. Este recurso era essencial não apenas para a sobrevivência e a agricultura, mas também começou a desempenhar um papel crucial no saneamento, sendo utilizado para o transporte de resíduos humanos e animais, o que inicialmente contribuía para a disseminação de doenças devido ao descarte inadequado nas vias públicas.



Durante o Império Romano, houve avanços significativos na infraestrutura de saneamento com a construção de banheiros e latrinas públicas e a implementação da Cloaca Máxima Romana, um sistema de esgotos para drenar águas pluviais e esgotos. Estas inovações representaram um marco no desenvolvimento do saneamento básico, com o objetivo de melhorar as condições sanitárias e reduzir os riscos à saúde associados à presença de dejetos e acúmulo de água da chuva. Este período é destacado como um dos primeiros exemplos de um esforço consciente para lidar com os desafios do saneamento em áreas urbanas (Caminha, 2014).

No entanto, com o passar dos séculos e o acelerado desenvolvimento urbano, especialmente motivado pelo êxodo rural, os serviços de saneamento básico não conseguiram acompanhar o ritmo do crescimento populacional. Globalmente, milhões de pessoas ainda vivem sem acesso adequado a esses serviços essenciais, enfrentando riscos significativos de contaminação por doenças veiculadas pela água. No Brasil, a situação é semelhante, com esforços em andamento para universalizar o acesso ao saneamento básico, embora muitas áreas, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, continuem vulneráveis devido à infraestrutura deficiente (ONU, 2014).

A Lei 11.445/2007 do Brasil estabeleceu diretrizes importantes para a gestão e o manejo das águas pluviais urbanas, sublinhando a necessidade de sistemas de drenagem que protejam a vida, o patrimônio e a saúde pública. Apesar desses avanços, a realidade ainda mostra que muitos sistemas de drenagem são inadequadamente utilizados para o transporte de esgotos não tratados, resultando em poluição significativa e riscos à saúde. Isso destaca a urgência de monitorar e melhorar os sistemas de drenagem urbana para enfrentar os desafios ambientais e de saúde pública, garantindo assim uma melhor qualidade de vida para as populações urbanas.

2 OBJETIVOS

Mostrar o contexto da drenagem urbana no país, exibindo os avanços encontrados no conhecimento do problema e os desafios para avançar;

Apresentar, principalmente, a gestão no sistema de drenagem urbana;

Realizar uma pesquisa exploratória analisando artigos acadêmicos sobre os principais meios da política urbana e gestão nos sistemas de drenagem urbana.

3 METODOLOGIA

Para início de discussão deste trabalho e mais ampla visão dos dados disponíveis na literatura acerca dos sistemas de drenagem urbana e sua gestão no Brasil, foi utilizada a estratégia da revisão de literatura, trazendo evidências da importância e aplicabilidade do tema proposto, além de corroborar com a segurança do estudo através de um processo de pesquisa.

Uma revisão tem como objetivo minimizar erros, coletando estudos confiáveis acerca do assunto com conclusões pertinentes e dando suporte às justificativas de decisões pelo autor do presente estudo.

Nesse contexto, alguns passos essenciais são necessários para uma satisfatória revisão de literatura, como uma definição de objetivos claros, o estabelecimento de critérios para eleger os artigos mais adequados ao estudo, o ajuste de uma metodologia, uma busca eficaz que consiga coletar os artigos elegíveis e a apresentação de forma resumida das informações de interesse através de discussão comparativa dos resultados.

Para desencadear a condução da revisão de literatura, foram definidas estratégias através do desenvolvimento dos métodos de síntese dos artigos utilizados. Com o objetivo de ressaltar o processo pelo qual esta revisão foi conduzida, a Tabela 1 apresenta as fases percorridas nesse método, acompanhadas de suas características e passos principais.

O primeiro passo foi a definição da pergunta motivadora, a qual é justificada pela necessidade de oferecer uma contribuição satisfatória ao estado da arte de gestão de drenagem urbana em paralelo com os objetivos definidos do trabalho.

A designação da pergunta motivadora visa estreitar o campo de atuação desse estudo e limitar as pesquisas, direcionando para os estudos que realmente serão úteis na discussão e comparação dos resultados. A pergunta motivadora definida foi: Como se comporta a gestão dos sistemas de drenagem urbana no Brasil?

Tabela 1 - Etapas da Revisão de Literatura

Passos	Descrição
Definição da pergunta motivadora	Como se comporta a gestão dos sistemas de drenagem urbana no Brasil?
Escolha de palavras-chave	Gestão, Águas pluviais, Drenagem urbana
Estratégias de busca	Pesquisa por título, resumo e palavras-chave
Coleta de trabalhos na base de dados	Leitura de títulos e resumos com coleta de estudos relevantes e exclusão de trabalhos não relevantes
Extração de informações	Leitura, classificação e organização das informações
Análise dos resultados	Avaliação e discussão sobre a pergunta motivadora
Síntese da revisão	Síntese dos resultados e escrita da revisão

Portanto, os termos foram inseridos no campo de busca e foi selecionada a demanda no título, resumo e palavras-chave na base de dados para recuperação dos estudos que interessem e venham a somar na pesquisa. É importante justificar que não houve a priorização na utilização do critério de estudos publicados apenas nos últimos 5 anos, uma vez que limitaria ainda mais a busca por artigos dentro do tema, já que se trata de um tópico que vem evoluindo desde a criação das cidades, como destacado anteriormente.



4 DESENVOLVIMENTO

4.1 DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO BRASIL

No Brasil os sistemas de drenagem urbana sempre se mostraram na procura do sistema hidráulico mais eficaz. Focado em uma visão higienista, a noção do saneamento (no sentido de tornar o ambiente são) representa a necessidade de “sempre drenar”, criando estruturas de micro e macrodrenagem para conduzir a água para fora das cidades (Souza, 2013).

Esta abordagem resulta no próprio conceito de sistema de drenagem urbana adotado no Brasil, presente na maioria dos manuais de drenagem urbana: conjunto de elementos destinados a recolher as águas pluviais precipitadas sobre uma determinada região e que escorrem sobre sua superfície, conduzindo-as a um destino final. Como destaca Botelho (1998) os sistemas de drenagem pluvial devem ser dimensionados com base em recolher as águas da chuva e conduzi-las rapidamente para jusante. Em uma visão simplista, o problema é apenas de calcular vazões e dimensionar os condutos e galerias para transportá-las.

O resultado dessa abordagem é um descolamento entre o planejamento das cidades e o desenvolvimento dos sistemas de drenagem: com raras exceções, a cidade ignorou os cursos d’água na ocupação do espaço, ocupando áreas de várzeas naturalmente alagadiças e deixou para a técnica de drenagem decorrência do reconhecimento de que as cidades são espaços de negação da natureza.

As intervenções, frequentemente, são justificadas por argumentos de como intervenção é no próprio leito do rio, que está degradado, não tem impacto negativo, e sim positivo (Vieira; Brito, 2008). Destaca-se que as promessas em obras de canalização são sempre para resolver problemas de alagamentos. Trata-se, nessa situação, de um processo de desumanização do corpo d’água, em uma relação clara de utilitarismo dos canais urbanos, naturais ou artificiais, com a função única de drenar, não havendo qualquer relação com a sociedade ou com outras funções ambientais, com o ecossistema.

Mais recentemente, a percepção dos limites da abordagem tradicional tem levado a algumas mudanças importantes referentes à adoção de medidas não estruturais e, neste sentido, Belo Horizonte tem sido uma das cidades pioneiras em um novo tratamento da drenagem urbana. De forma complementar às medidas estruturais, uma alternativa para a adaptação com o problema de alagamentos tem sido utilizada a partir da elaboração da “Carta de inundações de Belo Horizonte” (Belo Horizonte, 2009), com base em modelagem hidráulica e hidrológica: informar a população sobre a possibilidade de ocorrência de alagamentos em determinados pontos. Esse instrumento, combinado com sistemas de monitoramento e alerta permitem adaptação ao risco – um dos novos conceitos na abordagem atual da drenagem e que vem sendo incorporado em algumas cidades.

Nessa nova abordagem, algumas iniciativas de intervenção merecem destaque, como o Programa DRENURBS (em Belo Horizonte), Programa Córrego Limpo (em São Paulo) e Córrego Tijuco Preto (em São Carlos). Neste último, a intervenção resultou na revitalização de um trecho do córrego, inicialmente



canalizado, criando um espaço de parque linear, com recomposição de vegetação ciliar e criando espaço de convivência com a água. O Programa DRENURBS busca a intervenção de forma a inserir um ambiente de convivência com o curso d'água, por meio de parques lineares. Dois aspectos merecem destaque no DRENURBS: o primeiro é que a diretriz principal é de mínima intervenção nos cursos d'água que ainda não sofreram processo de canalização; e o segundo é a participação da comunidade local na concepção das intervenções e na manutenção do ambiente.

4.2 QUALIDADE DA ÁGUA

O estudo da qualidade da água de drenagem urbana pluvial envolve compreender seu ciclo completo, iniciando com a precipitação que leva à lixiviação de poluentes da atmosfera e materiais particulados, que eventualmente precipitam juntamente com os vapores d'água (Henriques, 2014). Esta etapa é seguida pelo escoamento, cuja qualidade da água é diretamente influenciada pelas características e atividades na bacia hidrográfica, incluindo o uso do solo e as diferenças entre áreas pavimentadas e não pavimentadas. A natureza do pavimento afeta significativamente o processo de escoamento, onde pavimentos porosos facilitam a percolação e infiltração da água, enquanto superfícies impermeáveis, como asfalto, aumentam rapidamente o volume de escoamento, o que pode sobrecarregar os sistemas de drenagem (Henriques, 2014).

A qualidade das águas pluviais é determinada por diversos fatores, incluindo a geografia local, condições meteorológicas, presença de vegetação e poluentes. Geralmente, as águas transportadas pelos sistemas de drenagem urbana contêm uma variedade de contaminantes, como sedimentos, nutrientes, matéria orgânica, compostos químicos, metais pesados e microrganismos (Caminha, 2014). Os poluentes nos sistemas de drenagem podem originar-se de fontes pontuais, como despejos inadequados de esgoto, ou de fontes difusas, predominantes devido ao arraste de poluentes pelo escoamento superficial, especialmente em áreas urbanas com alta concentração de atividades comerciais, industriais ou próximas a rodovias, onde a composição do escoamento varia significativamente (Ahlman, 2006; Xia *et al.*, 2020).

A frequência de limpeza urbana, padrões de precipitação e o uso do solo são alguns dos fatores que influenciam a qualidade das águas escoadas em redes de drenagem urbanas. No contexto brasileiro, as águas pluviais são classificadas legalmente como esgoto, devido à variedade de impurezas que carregam até corpos hídricos, impactando negativamente a utilização desses recursos para abastecimento humano (Silva, 2004). Contudo, a qualidade das águas pluviais pode variar, sendo que inicialmente pode estar mais contaminada, mas volumes subsequentes de chuva podem apresentar qualidade comparável à de mananciais utilizados para consumo, segundo critérios da Organização Mundial da Saúde.

O monitoramento da qualidade das águas de drenagem urbana é realizado através da análise de indicadores físico-químicos e microbiológicos, permitindo a avaliação da presença de poluição orgânica e metais, entre outros contaminantes. Este monitoramento é essencial para o gerenciamento adequado dessas



águas e para a prevenção de impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública (Coelho *et al.*, 2012). Enfatiza-se também a problemática da contaminação das águas de drenagem por esgotos, frequentemente devido ao uso inadequado dos sistemas de esgotamento e à gestão deficiente por parte das autoridades locais, o que reforça a necessidade de melhorias na infraestrutura e na gestão ambiental urbana (Tucci, 2006).

A inadequada qualidade das águas de drenagem não só ameaça a sustentabilidade ambiental como também impede esforços para melhorar a qualidade das águas de mananciais naturais. A presença de afluentes contaminados em córregos e rios tem efeitos adversos a jusante, contribuindo para problemas como assoreamento, eutrofização e a introdução de patógenos e poluentes, destacando a urgência de abordagens integradas e sustentáveis no manejo das águas urbanas para proteger os ecossistemas aquáticos e a saúde pública (Gomes *et al.*, 2023).

4.3 GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAS

De acordo com Henriques (2014) a pressão provocada pelo aumento da população urbana sobre o meio natural é destaque em todo o mundo, proporcionando aspectos indesejáveis sobre todas as características do saneamento básico, principalmente na drenagem urbana das águas pluviais. Devido à desorganização do crescimento, as populações vão invadindo, cada vez mais, áreas inadequadas para moradia e sem o respeito quanto à ocupação do solo, conforme deve ser determinado por lei a partir do Plano Diretor Municipal.

Para Silveira *et al.* (2002) só é provável acontecer o gerenciamento da drenagem urbana com o entendimento dos conceitos em questão, principalmente a diferença entre sistema de microdrenagem e macrodrenagem, ambos mostrando muitos critérios para sua implantação (Matos, 2003; Menezes, 2004). Diante dessa situação, é possível definir a microdrenagem sendo o sistema condutor ou coletor de águas pluviais, mostrando pavimentações de ruas, guias e sarjetas, boca-de-lobo, rede de galerias e canais de pequenas dimensões em sua infraestrutura. Para a macrodrenagem um sistema de maior dimensão envolve, além do sistema de microdrenagem, obras e estruturas que ajudam na proteção contra erosão e assoreamento, sobretudo dos corpos receptores.

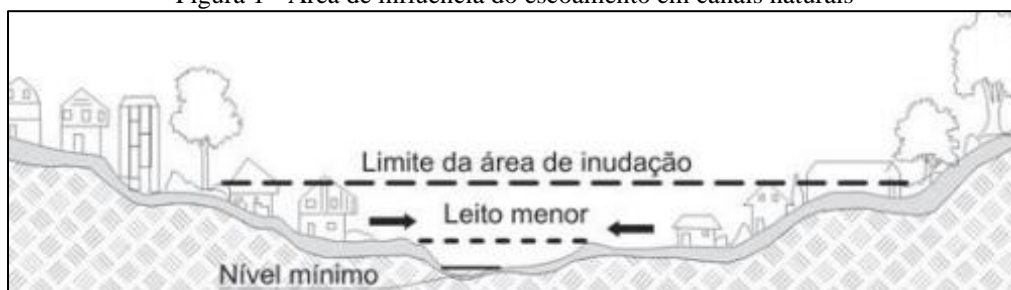
A gestão das águas pluviais urbanas está integrada na gestão das águas urbanas, que considera o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a qualidade das águas dos mananciais, a ocupação de áreas ribeirinhas, entre outros. Todas estas características estão ligadas à urbanização, e têm como objetivo alcançar a saúde e conservação ambiental (Tucci, 2008).

A gestão desse sistema está correlacionada não somente à parte física da drenagem, mas de maneira específica, aos processos que constituem esses sistemas, de maneira a melhorar os custos e reduzir os danos ambientais, sem que o sistema deixe de realizar sua função de forma eficiente e segura, evitando os desastres no meio urbano e à jusante deste (Henriques, 2014).

Segundo Butler e Davies (2011) os sistemas de drenagem são fundamentais para as áreas urbanas desenvolvidas por conta da relação que existe entre as atividades humanas, a expansão demográfica e o ciclo hidrológico, intervindo na qualidade das águas destes sistemas.

Tucci (2006) mostra os problemas ligados ao uso desenfreado em regiões próximas de corpos de água (Figura 1), especialmente quando ocorre inundações ribeirinhas, pois esse tipo de desastre pode acontecer de forma natural por meio de fatores hidrológicos. Entretanto, estes fatos são consequências da urbanização, da impermeabilização do solo, canalização do escoamento e obstrução desta. Os impactos provocados por essas atividades são danos material e humano, com predomínio de doenças que são transportadas pela água, interrupção de atividades econômicas, e contaminação de mananciais pelo lançamento de poluentes, etc.

Figura 1 - Área de influência do escoamento em canais naturais



FONTE: Tucci (2008)

A partir da problemática que envolve a drenagem urbana das águas pluviais aparece o dever de sugerir métodos de controle, seguindo a legislação vigente, as medidas estruturantes e não-estruturantes e Planos Diretores. Um ponto importante neste cenário é a segmentação das atividades, de acordo com a área de influência das bacias hidrográficas e urbanas (Tabela 2).

Tabela 2 - Divisão da gestão das águas por bacia

ESPAÇO	DOMÍNIO	GESTORES	INSTRUMENTO	CARACTERÍSTICA
Bacia hidrográfica	Estadual ou federal	Comitê e Agências	Plano de Bacia	Gestão da quantidade e qualidade da água nos rios da bacia hidrográfica, sem transferir impactos
Município	Município ou Região metropolitana	Município	Plano Diretor Urbano e Plano Integrado de Esgotamento, Drenagem Urbana e Resíduo Sólido	Minimizar os impactos dentro da cidade, nas pequenas bacias urbanas e não transferir para o sistema de rios.

Mesmo com as informações compreendidas no quadro, o controle na gestão das águas pluviais urbanas também pode ser feito por meio de intervenções civis, por exemplo, a construção de piscinões como método de amortecimento, valas de infiltração, pavimentos que permitem a percolação da água de chuva,



além do uso de sensores e equipamentos que lançam sinais de alerta. No entanto, todas estas ferramentas têm de estar relacionadas aos Planos de Águas Pluviais, pois este é um mecanismo bastante importante na gestão da drenagem urbana (Cárdenas-Quintero e Carvajal-Serna, 2021).

Este plano deve ser dependente do Plano Diretor de cada município. Ele deve também se relacionar a outros planos, principalmente os que circundam o saneamento ambiental, ao tratar das situações relacionadas ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejos dos resíduos sólidos e limpeza urbana, a drenagem das águas pluviais urbanas, e primordialmente o meio ambiente (Tucci, 2006).

O Plano de Águas Pluviais, conforme descrito por Tucci (2001) e Tucci (2006), abrange uma série de componentes essenciais para o efetivo gerenciamento das águas de drenagem urbana, englobando a política de águas pluviais, medidas estruturais e não estruturais, além de produtos e programas para monitoramento e melhoria contínua. Este plano visa também a criação de cenários diversos e aprimoramento do acesso às informações para a população, enfatizando a importância do diálogo entre os vários agentes envolvidos na busca por soluções para os desafios enfrentados na drenagem urbana.

A preocupação com a gestão das águas de drenagem e o desenvolvimento sustentável das cidades vem crescendo, destacando-se a necessidade de um planejamento urbano que minimize os riscos à população. Silva (2005) ressalta que a drenagem urbana transcende os limites técnicos de engenharia, envolvendo a adoção de medidas que reduzam os danos ao meio ambiente e à população, sobretudo em relação às inundações. O conceito de drenagem urbana, portanto, evolui da necessidade de canalizar as águas pluviais para afluentes naturais, face à crescente impermeabilização do solo pela urbanização.

Caminha (2014) aborda o uso de sistemas de drenagem não convencionais como complemento ou alternativa aos sistemas convencionais de macrodrenagem, que podem ser inadequados devido ao uso irregular do solo. Estas soluções estruturais inovadoras buscam melhorar o controle sobre a qualidade das águas drenadas, evitando a poluição dos corpos hídricos. No entanto, a gestão de sistemas de drenagem em grandes centros urbanos tem sido muitas vezes negligenciada, resultando em impactos negativos tanto para o ambiente quanto para a população.

Souza (2005) e outros estudiosos destacam que a maneira como a drenagem urbana tem sido conduzida nas grandes cidades, especialmente com a impermeabilização do solo e o despejo de resíduos sólidos, altera negativamente o regime de escoamento superficial e compromete a qualidade dos sistemas aquáticos. A poluição gerada e transportada por estas águas pluviais afeta não apenas os corpos hídricos, mas também a qualidade de vida urbana, enfatizando a necessidade de integrar a gestão dos impactos qualitativos das águas de drenagem nas práticas de planejamento urbano para promover um desenvolvimento sustentável.



4.4 MEDIDAS DE GESTÃO

As medidas usadas no planejamento e gestão da drenagem urbana podem ser determinadas em três esferas: higienista, demonstrado até o ano de 1970 por canais usados na transferência das águas de montante para jusante; corretivo ou compensatório, representado entre as décadas 70 a 90 no amortecimento quantitativo da drenagem e controle de impacto proveniente da qualidade de água pluvial; e sustentável, que vem sendo estudado desde 1990 e tendo como o principal aspecto o planejamento do uso do espaço urbano, que deve obedecer aos procedimentos naturais do escoamento e administração dos poluentes, juntamente com o desenvolvimento sustentável do escoamento pluvial por meio da reabilitação das áreas de infiltração (Forgiarini *et al.*, 2007).

Segundo Baptista *et al.* (2005), as soluções higienistas de drenagem urbana, que também são chamadas de tradicionais ou clássicas, só deslocam os problemas de montante para jusante, objetivando a solução quantitativa e provocando problemas irreparáveis para o solo e corpo hídrico receptores. Enquanto a solução corretora ou compensatória está ligada com as técnicas de Best Management Practices (BMPs), que adquiriu impacto sendo divulgada e praticada no mundo inteiro para a gestão de escoamento pluvial, no entanto foi substituída por uma solução que atende à sustentabilidade de forma mais eficiente (Forgiarini *et al.*, 2007).

A solução com um questionamento sustentável deseja ser adicionada nos conceitos da sustentabilidade, diminuindo as perturbações aos procedimentos naturais e sociais. Além de limitar as manutenções e ampliações de infraestrutura, essa técnica integra o sistema de drenagem a várias atividades sociais e ambientais, servindo de parâmetros para o reconhecimento do nível de sustentabilidade (Cruz *et al.*, 2007).

As técnicas sustentáveis Low Impact Development (LID) do Canadá e EUA, conhecidas no Brasil como Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto, têm gerado novas tecnologias que relacionam a drenagem urbana ao desenvolvimento sustentável por meio das instalações e melhorias dos sistemas existentes, objetivando o redimensionamento para aproveitamento, infiltração e evaporação das águas pluviais, bem como reduzir os impactos oriundos da urbanização não planejada. Atualmente o LID atua de maneira direta no planejamento de empreendimentos e ambientes urbanos procurando conservar o processo hidrológico e os recursos naturais, assim como proteger o solo e as águas das possíveis poluições (Souza, 2005; Cruz *et al.*, 2007).

Vários estudos têm mostrado novas definições de projetos de drenagem urbana, o qual adiciona técnicas de engenharia para minimizar as vazões de pico, entre as técnicas estão as manutenções em canais abertos, reservatórios de retenção e adoção de áreas permeáveis (Canholi, 1995). Ganhos paisagísticos, ambientais e econômicos estão entre os pontos positivos obtidos com o gerenciamento do sistema de



drenagem urbana, que entende desde o controle da frequência, duração e intensidade da precipitação, a qualidade do volume escoado superficialmente (Souza, 2005).

4.5 DESAFIOS DA GESTÃO

Perceber os limites das soluções tradicionais é um dos primeiros e mais importantes passos para avançar no crescimento da gestão da drenagem urbana, porém apenas esse fato não é suficiente.

Os estudos sobre o assunto no Brasil têm crescido no ajuste e no desenvolvimento de soluções de drenagem mais integradas visto de um ponto global: integração urbanística, com visão integral da bacia hidrográfica, o curso d'água como elemento urbano, os efeitos de quantidade e qualidade da água, entre outras questões. No entanto, várias características precisam melhorar, podendo ser destacados de acordo com Souza (2013):

- Mudar o resultado de pesquisa na prática: o meio técnico-institucional também já percebeu os limites das soluções tradicionais, mas a ausência de manuais com as novas alternativas apresentando parâmetros e metodologias que possam ser facilmente incorporados dificulta sua aplicação;
- Fortificação técnico-institucional: para o tratamento apropriado da drenagem, é preciso dar base aos órgãos municipais responsáveis pela drenagem pluvial, levando em consideração: o suporte de informação: redes de monitoramento hidrológico e de qualidade da água, cadastro de redes etc.; a habilitação técnica para atuar em novo ponto de vista da drenagem urbana, com perfil multidisciplinar; o desenvolvimento de um suporte de informação destinado ao gerenciamento, acessível e funcional: mapas de indicadores com prioridades de intervenção, mapas de risco; o comprometimento da sociedade nas etapas de concepção das soluções em drenagem, já que esse sistema se relacionam de maneira direta com a população, seja em função dos problemas que causa, seja em função do impacto visual;
- A implementação de novas técnicas requer um parecer do seu funcionamento ao longo dos anos, aprimoramento de rotinas de manutenção e monitoramento, avaliação de todos os custos, entre outros. Essa situação enfrenta os obstáculos devido a descontinuidade dos estudos sobre as novas soluções no país, geralmente relacionadas a um projeto com validade de 2 a 3 anos ou a um estudo de mestrado ou doutorado, sendo esquecidas após seu término;
- Os estudos acadêmicos possuem pequena visibilidade e, não são avaliados em escala real: é necessário montar unidades para certificação em escala real de utilização;
- A percepção, projeto e dimensionamento de estruturas de drenagem estão relacionados a imprecisão que acabam, geralmente, no desconhecimento real das funções dos sistemas. O monitoramento e modelagem em áreas urbanas são importantes para intervenção correta;



- Mesmo tratando de soluções integralizadas, o tratamento da drenagem ainda acontece de maneira fragmentada, com ênfase somente nas características quantitativas. É preciso integrar, de maneira efetiva, as características urbanas, verificar as situações de qualidade da água, a concepção da sociedade relacionadas às soluções de drenagem, entre outras características;
- Incorporação eficiente do estudo: os espaços de discussão em associações técnico científicas ainda são divididos. Para exemplificar, enquanto a ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental) aborda as situações de qualidade da água, a ABRH (Associação Brasileira de Recursos Hídricos) debate as questões de quantidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalmente, foi conduzida uma pesquisa de revisão de literatura, abordando estudos selecionados que contemplaram a discussão de medidas e soluções referentes à gestão dos sistemas de drenagem urbana, em especial no Brasil. Foram realizadas análises qualitativas, centradas especialmente na comparação de dados e parâmetros relacionados aos sistemas de drenagem urbana. Desta forma, as principais conclusões derivadas desta revisão são explicitadas nos parágrafos que se seguem.

Nos últimos anos, o país adiantou nos pensamentos sobre a gestão de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, principalmente nos artigos acadêmico – de estudos em soluções técnicas e abordagens integralizadas ao planejamento urbano – e nas circunstâncias legais, com a adição da drenagem no cenário do saneamento básico. No entanto, existe uma enorme dificuldade em relacionar o conhecimento acadêmico com a atuação prática desse sistema.

Em resposta à pergunta motivadora, é preciso levar em consideração as possibilidades de progresso no tratamento da drenagem, com ênfase no aproveitamento das experiências de outros países na gestão da drenagem, sem deixar de considerar as particularidades do Brasil, não sendo provável a transferência direta sem necessidade de adaptação das tecnologias e técnica. É preciso destacar também as ferramentas da política urbana com ênfase da Lei 11.445/2007, dos Planos Municipais de Desenvolvimento Urbano e de Saneamento e o Programa 1138, que necessitam de interação no conhecimento. A Lei no 11.445 apresenta componentes necessários do saneamento para o mesmo espaço de discussão, no entanto, também apresenta a importância da integração de todas as áreas de conhecimento na discussão, com destaque para o urbanismo, presentes em diversos outros instrumentos;

Os programas de governo, especialmente o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), também merecem destaque pois facilitam os investimentos em saneamento básico, mesmo que, no caso da drenagem, seja um tratamento tradicional. Com toda a pesquisa realizada é observado que existem ainda muitos espaços para serem preenchidos para que aconteça uma eficaz alteração de padrões no tratamento da drenagem e



manejo de águas pluviais urbanas, seja da concepção do avanço no conhecimento acadêmico-científico, seja da concepção técnico-institucional.



REFERÊNCIAS

- AHLMAN, S. Modelling of substance flows in urban drainage systems. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Técnica Chalmers. Gotemburgo – Suécia, 2006.
- BELO HORIZONTE. Carta de Inundações de Belo Horizonte: identificação de áreas potencialmente susceptíveis. Secretaria Municipal de Políticas Públicas: de Desenvolvimento da Capital, 2009.
- BAPTISTA, M. B. S.; BARRAUD, S.; ALFAKIH, E.; NASCIMENTO, N.; FERNANDES W.; MOURA P.; CASTRO, L. Performance-costs evaluation for urban storm drainage. *Water Science & Technology*. v. 51, n. 2, p. 99 - 107. 2005.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007 - Diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília. 2007.
- BOTELHO, M. H. C. Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades. 2.ed. São Paulo. 1998.
- BUTLER, D.; DAVIES, J. W. *Urban Drainage*. 3 ed. London. 2011.
- CANHOLI, A.P. Soluções estruturais não-convencionais em drenagem urbana. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- CAMINHA, M. J. O. Degradação da qualidade da água do sistema de drenagem de sub-bacias urbanas de Campina Grande – Paraíba. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, CG. 2014.
- CÁRDENAS-QUINTERO, M.; CARVAJAL-SERNA, F. Review of the hydraulic capacity of urban grate inlet: a global and Latin American perspective. *Water Sci Technol*. v. 83, n. 11, p. 2575-2596. 2021.
- COELHO, F. R.; SANTOS, A. R.; CORTEZ, F. S.; PUSCEDDU, F. H.; TOMA, W.; GUIMARÃES, L. L. Caracterização da qualidade das águas dos canais de Santos. *UNISANTA Bio Science*, v. 1, n. 2, p. 54-59, 2012.
- CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. Controle da drenagem urbana no Brasil: Avanço e mecanismos para sua sustentabilidade. In: *Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos*. São Paulo. 2007.
- FORGIARINI, F. R.; SOUZA, C. F.; SILVEIRA, A. L. L. da.; SILVEIRA, G. L.; TUCCI, C. E. M. Avaliação de cenários de cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais. In: *Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos*. São Paulo. 2007.
- GOMES, P. R.; PESTANA I. A.; DE ALMEIDA, M. G.; DE REZENDE, C. E. The Paraíba do Sul River Basin and its coastal area as a study model of the mercury cycle: A meta-analytical review of three decades of research. *J Hazard Mater*. v. 15, n. 460, p.132442. 2023.
- HENRIQUES, J. A. Distribuição da contaminação fecal em águas de drenagem afluentes do canal do Prado, Campina Grande – PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, CG. 2014.
- MATOS, J. de S. Aspecto histórico a actualidade da evolução da drenagem de águas residuárias em meio urbano. *Revista Engenharia Civil*. n. 16, p. 13-23, 2003.



MENEZES, F. L. Avaliação da qualidade de drenagem urbana correlacionada aos poluentes originados pelos tráfegos de veículos automotores: Estudo de caso do túnel Rebolças na bacia contribuinte da Lagoa Rodrigues de Freitas, RJ. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ONU. Nações Unidas do Brasil. Disponível em: < <http://www.onu.org.br/25-bilhoes-de-pessoas-nao-tem-acesso-a-saneamento-basico-em-todo-o-mundo-alerta-onu/>>. Acesso em: 27 set 2019.

SILVA, L. C. Sistema de drenagem urbana não-convencionais. Monografia (Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

SILVA, A. P.; *et al.* Identificação de pontos críticos do sistema de drenagem urbana: o estudo de caso da Bacia Do Riacho Pajeu, Fortaleza - Ceará. In: Simpósio De Hidráulica E Recursos Hídricos Dos Países De Língua Oficial Português. 2005.

SOUZA, C. F. Mecanismos Técnico-Institucionais para a Sustentabilidade da Drenagem Urbana. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SOUZA, V. C.B. Gestão de Drenagem Urbana no Brasil: Desafios para a Sustentabilidade. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais. 2013.

TUCCI, C. E. M. Urban drainage in specific climates. International Hydrological Programme – IHP-V. Technical Documents in Hydrology. Paris, 2001.

TUCCI, C. E. M. Gestão de águas pluviais urbanas. Saneamento Para Todos. V. 4. Brasília: Ministério das Cidades, 2006.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 7, n. 1, p 5-27, 2001.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. Estudos Avançados. v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

VIEIRA, A.; BRITO, G. Pista concretada vai cobrir rio da Centenário à tarde, Salvador. 2008. Disponível em: <http://atarde.uol.com.br/noticias/917383>. Acesso em: 27 set. 2019.

World Health Organization – WHO. Research Priorities for Helminth Infections. Switzerland: WHO, 2012.

XIA, C.; LIU, G.; ZHOU, J.; MENG, Y.; CHEN, K.; GU, P.; YANG, M.; HUANG, X.; MEI, J. Revealing the impact of water conservancy projects and urbanization on hydrological cycle based on the distribution of hydrogen and oxygen isotopes in water. Environ Sci Pollut Res Int. v. 28, n. 30, p. 40160-40177. 2020.