

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E GESTÃO DE DRENAGEM URBANA: UM CAMINHO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS

Michael Magalhães Ferreira ¹
 Mariana Vitória Lima de Souza ²
 Ana Maria Gonçalves Duarte ³
 Loredanna Melyssa Costa Souza de Almeida ⁴
 Diva Guedes de Araújo Neta ⁵
 Priscila Maria Sousa Gonçalves Luz ⁶

RESUMO

A urbanização acelerada e o crescimento desordenado das cidades brasileiras têm agravado problemas ambientais, especialmente no que se refere à drenagem urbana. Enchentes, contaminação dos recursos hídricos e impermeabilização do solo são algumas das consequências da falta de planejamento e da adoção de soluções inadequadas. Nesse contexto, a Educação Ambiental surge como ferramenta essencial para conscientizar a população e os gestores públicos sobre a importância da gestão sustentável das águas pluviais. O objetivo deste estudo é analisar a relação entre drenagem urbana e Educação Ambiental, identificando como práticas educacionais podem promover soluções mais eficazes e sustentáveis. A metodologia adotada baseia-se em revisão bibliográfica de artigos científicos e políticas públicas que integram conceitos de sustentabilidade à gestão hídrica. Os resultados indicam que a falta de conhecimento e engajamento social contribui para a perpetuação de práticas ineficientes. No entanto, iniciativas educacionais e projetos participativos têm mostrado avanços na implementação de técnicas sustentáveis, como o uso de pavimentos permeáveis, a recuperação de áreas de várzea e a captação de água da chuva. Conclui-se que a integração entre gestão de drenagem e Educação Ambiental é essencial para tornar as cidades mais resilientes e equilibradas ambientalmente. Políticas públicas devem incluir programas de conscientização e participação comunitária, garantindo que o planejamento urbano considere não apenas a infraestrutura, mas também o envolvimento das sociedades na preservação dos recursos hídricos e na prevenção de impactos ambientais negativos.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Urbanização, Resiliência Ambiental, Gestão Hídrica.

INTRODUÇÃO

A formação das cidades está associada à fixação dos povos nômades próximos a

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, michael.magalhães@discente.ufma.br;

² Graduanda do Curso de Direito da Faculdade Anhanguera de São Luís - FASL, marianavick3006@gmail.com;

³ Doutora pelo Curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, ana.duartemendonça@professor.ufcg.edu.br;

⁴ Doutora pelo Curso de Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, loredanna.souza@servidor.uepb.edu.br;

⁵ Doutora pelo Curso de Engenharia de Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, divaguedes10@hotmail.com;

⁶ Professora orientadora: Doutora, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, priscila.luz@ufma.com.



mananciais superficiais, garantindo o abastecimento de água e a produção de alimentos. O desenvolvimento urbano ocorreu em torno dessas fontes, evidenciando a importância da água para a sobrevivência humana.

Segundo Caminha (2014), ao longo da história, a água foi essencial para o abastecimento e o saneamento, sendo utilizada inicialmente para transportar secreções humanas e de animais, despejadas nas ruas e responsáveis pela proliferação de doenças. No Império Romano, obras como banhos e latrinas públicas, associadas à Cloaca Máxima, representaram um marco inicial do saneamento básico, conduzindo águas pluviais e esgotos para afastar riscos à saúde.

Atualmente, com o crescimento urbano acelerado, sobretudo após o êxodo rural, os problemas de saneamento se intensificaram, e cerca de 2,5 bilhões de pessoas ainda não possuem acesso adequado a esses serviços (ONU, 2014). No Brasil, apesar dos esforços desde o PLANASA, persistem deficiências nas Regiões Norte e Nordeste, expondo populações a riscos de contaminação e desastres climáticos.

Entre os serviços de saneamento básico, a drenagem urbana e a gestão das águas pluviais são essenciais para afastar essas águas dos centros urbanos. Conforme a Lei nº 11.445/2007, esse sistema abrange atividades, infraestruturas e instalações para transporte, detenção, tratamento e disposição final das águas pluviais (Brasil, 2007). Apesar disso, o uso irregular para descarte de esgoto in natura ainda agrava a poluição e a propagação de doenças (WHO, 2012).

Diante desse cenário, torna-se necessária a implementação de ações de monitoramento da drenagem, visando à saúde ambiental, à segurança da população e à melhoria da qualidade de vida. Este artigo apresenta uma abordagem exploratória e bibliográfica sobre o sistema de drenagem pluvial no Brasil e sua gestão.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Drenagem das águas pluviais no Brasil

No Brasil, os sistemas de drenagem urbana historicamente buscaram a máxima eficiência hidráulica, orientados por uma visão higienista que preconiza “sempre drenar”, conduzindo a água para fora das cidades por meio de micro e macrodrenagem (Souza, 2013). Essa concepção, presente nos manuais técnicos, define a drenagem como o conjunto de elementos destinados a coletar e conduzir águas pluviais a um destino final, priorizando a rápida condução para jusante (Botelho, 1998). Tal abordagem, restrita ao



cálculo de vazões e dimensionamento de estruturas, afastou o planejamento urbano do desenvolvimento da drenagem, resultando na ocupação de áreas alagadiças e na desconsideração dos cursos d'água. As intervenções, muitas vezes, justificam-se por supostos benefícios ambientais, mesmo alterando leitos degradados (Vieira; Brito, 2008), mas acabam reduzindo os rios a canais de escoamento, ignorando seu papel social e ecológico, em uma lógica utilitarista. Mais recentemente, reconheceram-se os limites desse modelo e passaram a adotar medidas não estruturais, como a “Carta de inundações de Belo Horizonte” (BELO HORIZONTE, 2009),

que, aliada a sistemas de monitoramento e alerta, busca adaptação ao risco.

Programas como o DRENURBS (Belo Horizonte), o Córrego Limpo (São Paulo) e o projeto no Córrego Tijuco Preto (São Carlos) exemplificam essa mudança. O DRENURBS prioriza parques lineares, mínima intervenção em cursos não canalizados e participação comunitária, enquanto o projeto de São Carlos revitalizou um trecho canalizado, criando parque linear com vegetação ciliar e espaços de convivência com a água.

Qualidade de água

A compreensão da qualidade da água pluvial urbana exige a análise de todo o ciclo da água no sistema, desde a precipitação, que já carrega poluentes atmosféricos (Henriques, 2014), até o escoamento superficial, influenciado pelo uso e ocupação do solo, pela morfologia da bacia e pelo tipo de pavimento. Superfícies impermeáveis aumentam a vazão e dificultam a drenagem, enquanto as permeáveis favorecem a infiltração (Henriques, 2014). Em áreas urbanas, as águas pluviais costumam conter sedimentos, nutrientes, matéria orgânica, compostos químicos, metais e microrganismos (Caminha, 2014).

A poluição pode ser pontual, como o despejo irregular de esgoto, ou difusa, predominando o carreamento constante de poluentes das superfícies urbanas, que variam conforme a atividade predominante, como áreas comerciais, residenciais ou industriais (Ahlman, 2006). Fatores como limpeza urbana, intensidade e distribuição das chuvas e uso do solo influenciam essa qualidade, sendo a água da chuva legalmente considerada esgoto por transportar impurezas (Silva, 2004). Para Tucci (2005), as águas pluviais não apresentam qualidade superior à de um efluente secundário, sobretudo nos primeiros volumes das enchentes, enquanto Silva (2004) aponta que após o início da chuva a água



pode alcançar parâmetros próximos aos da água potável segundo a OMS.

A avaliação dessa qualidade se dá por indicadores físico-químicos e microbiológicos, como análise de poluição orgânica e metais (Tucci, 2006). A contaminação por esgotos é a mais relevante, resultante do uso histórico de sistemas unitários e da ausência ou deficiência no esgotamento sanitário em muitos municípios (Coelho *et al.*, 2012). A falta de tratamento e a baixa qualidade dessas águas comprometem a sustentabilidade ambiental, prejudicam mananciais e provocam impactos como assoreamento, excesso de nutrientes e presença de organismos patogênicos (Henriques, 2014).

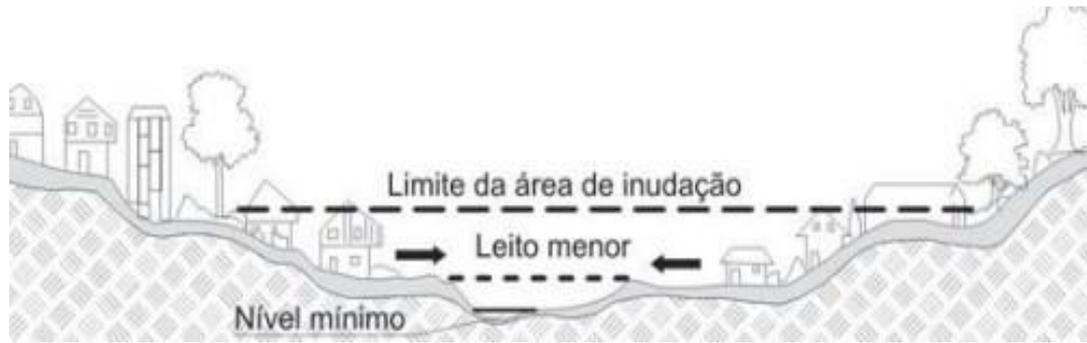
Gestão das águas pluviais

O crescimento populacional urbano pressiona o meio ambiente, prejudicando o saneamento básico e, em especial, a drenagem das águas pluviais, agravada pela ocupação irregular e pelo descumprimento das diretrizes do Plano Diretor Municipal (Henriques, 2014). O gerenciamento da drenagem urbana requer compreensão dos conceitos de microdrenagem, responsável pela coleta e condução das águas pluviais por meio de elementos como guias, sarjetas, bocas-de-lobo e galerias (Matos, 2003; Menezes, 2004), e macrodrenagem, que envolve estruturas de maior porte para complementar a microdrenagem e prevenir erosão e assoreamento (Silveira *et al.*, 2002).

A gestão das águas pluviais integra-se à gestão das águas urbanas, abrangendo abastecimento, esgotamento sanitário e uso adequado das áreas ribeirinhas, com foco na saúde pública e preservação ambiental (Tucci, 2008). Tal gestão inclui não apenas a infraestrutura física, mas também processos operacionais que otimizam custos e minimizam impactos ambientais, assegurando eficiência e segurança ao sistema (Henriques, 2014).

Os sistemas de drenagem são essenciais às áreas urbanas desenvolvidas, dada a relação entre atividades humanas, crescimento populacional e ciclo hidrológico, influenciando diretamente a qualidade das águas (Butler; Davies, 2011). Problemas como inundações ribeirinhas, intensificados pela urbanização, impermeabilização, canalização e obstrução do escoamento, acarretam danos materiais e humanos, disseminação de doenças, paralisação econômica e contaminação de mananciais (Tucci, 2006). A Figura 1 ilustra a área de influência do escoamento em canais naturais.



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 1).

Tabela 1 - 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.

Fonte: Tucci (2008)

O controle da gestão das águas pluviais urbanas pode envolver intervenções como piscinões, valas de infiltração, pavimentos permeáveis e sensores de alerta, desde que alinhadas aos Planos de Águas Pluviais, essenciais para uma drenagem eficiente e integrados ao Plano Diretor e aos demais planos de saneamento ambiental (Tucci, 2006). Esses planos devem conter políticas específicas, medidas estruturais e não estruturais, programas de monitoramento, cenários futuros e informações acessíveis à população



(Tucci, 2001; 2006). A preocupação com a drenagem urbana tem crescido, buscando o desenvolvimento sustentável e a redução de riscos à população. A drenagem tradicional, focada no simples escoamento da água da chuva por meio da micro e macrodrenagem, mostra-se insuficiente diante da urbanização acelerada (Silva, 2005). Embora a macrodrenagem seja amplamente utilizada, seu mau uso, aliado à ocupação irregular do solo, exige soluções estruturais alternativas e a adoção de medidas não convencionais para controle da poluição e preservação dos corpos hídricos (Caminha, 2014). A ausência de integração entre drenagem e saneamento em grandes centros intensifica impactos ambientais e sociais (Henriques, 2014).

A impermeabilização excessiva e o descarte inadequado de resíduos comprometem o escoamento e a qualidade da água, gerando problemas como acúmulo de sedimentos, obstrução de sistemas e poluição das águas pluviais (Souza, 2005). Os poluentes transportados pelo escoamento superficial incluem resíduos sólidos, domésticos, da construção civil e de origem animal (Deletic *et al.*, 2000; Neves; Tucci, 2003), cuja carga varia segundo uso do solo, densidade populacional, geologia e frequência de chuvas (Brites; Gastaldini, 2007).

A expansão urbana altera o meio ambiente e afeta a qualidade de vida, demandando conservação dos recursos naturais. Apesar das advertências sobre a importância da gestão integrada da quantidade e qualidade das águas de drenagem, tais práticas ainda são pouco aplicadas, embora fundamentais para o Plano Diretor e a gestão urbana sustentável (Henriques, 2014).

Medidas de gestão

As medidas de planejamento e gestão da drenagem urbana dividem-se em três abordagens: a higienista, vigente até 1970, que priorizava a transferência da água de montante para jusante; a corretiva ou compensatória, entre 1970 e 1990, que buscava controlar a drenagem de forma quantitativa e qualitativa; e a sustentável, a partir de 1990, que integra o planejamento urbano ao ciclo natural da água e à reabilitação de áreas de infiltração (Forgiarini *et al.*, 2007).

A solução higienista, também denominada tradicional ou clássica, apenas desloca os problemas hidrológicos, ocasionando danos ao solo e aos corpos hídricos receptores (Baptista *et al.*, 2005). Já a solução corretiva, associada às Best Management Practices (BMPs), difundiu-se mundialmente, mas foi gradualmente substituída por métodos



sustentáveis, mais eficientes em atender aos princípios da sustentabilidade (Forgiarini *et al.*, 2007).

A abordagem sustentável visa mitigar impactos ambientais e sociais, restringindo intervenções estruturais e orientando-se por parâmetros de sustentabilidade (Cruz *et al.*, 2007). Nesse contexto, destacam-se as técnicas de Low Impact Development (LID), adaptadas no Brasil como Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto, que promovem o reaproveitamento, infiltração e evaporação das águas pluviais, preservando ciclos hidrológicos e recursos naturais (Souza, 2005; Cruz *et al.*, 2007).

Estudos recentes incorporam técnicas de engenharia como canais abertos, reservatórios de retenção e áreas permeáveis para reduzir vazões de pico (Canholi, 1995). Entre os benefícios da gestão adequada da drenagem urbana estão ganhos paisagísticos, ambientais e econômicos, bem como a melhoria da qualidade do escoamento superficial (Souza, 2005).

Desafios da gestão

Reconhecer os limites das soluções tradicionais é essencial para o avanço da gestão da drenagem urbana, mas isoladamente não basta. No Brasil, os estudos têm buscado abordagens mais integradas, considerando a bacia hidrográfica, o curso d'água como parte do espaço urbano e os efeitos sobre a quantidade e a qualidade da água (SOUZA, 2013).

Segundo Souza (2013), várias melhorias são necessárias para uma gestão eficaz:

- Aplicação prática das pesquisas: a ausência de manuais com novas alternativas, parâmetros e metodologias dificulta a implementação das soluções inovadoras;
- Fortalecimento técnico-institucional: os órgãos municipais necessitam de suporte, incluindo redes de monitoramento, capacitação multidisciplinar, mapas de risco e participação da sociedade, considerando que os impactos da drenagem afetam diretamente a população;
- Avaliação e continuidade: a implementação de novas técnicas requer monitoramento, manutenção e avaliação de custos ao longo do tempo, mas estudos no país frequentemente são de curta duração (2 a 3 anos) ou restritos a trabalhos acadêmicos, sendo descontinuados posteriormente;
- Precisão no dimensionamento: o desconhecimento das funções reais dos



sistemas de drenagem evidencia a necessidade de monitoramento e modelagem urbana adequados;

- Integração de características urbanas: soluções integralizadas ainda focam principalmente na quantidade de água, sendo necessária a inclusão de aspectos qualitativos, concepção social e características urbanas no planejamento;
- Incorporação eficiente do conhecimento: espaços de discussão técnico-científica permanecem fragmentados, como exemplificado pela atuação separada da ABES (qualidade da água) e da ABRH (quantidade de água).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, o Brasil avançou no pensamento sobre a gestão da drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, principalmente em pesquisas acadêmicas voltadas a soluções técnicas e ao planejamento urbano integrado. Legalmente, a drenagem passou a ser reconhecida como parte do saneamento básico. No entanto, persiste a dificuldade de aplicar esse conhecimento na prática.

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), merecem destaque pois facilitam os investimentos em saneamento básico. Com toda a pesquisa realizada é observado que existem ainda muitos espaços a serem preenchidos para 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.
- 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.
- BELO HORIZONTE. **Carta de Inundações de Belo Horizonte: identificação de áreas potencialmente susceptíveis**. Secretaria Municipal de Políticas Públicas: de Desenvolvimento da Capital, 2009.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007 - Diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Brasília. 2007.
- BRITES, A. P. Z.; GASTALDINI, M. do C. C. Avaliação da Carga Poluente no Sistema de Drenagem de Duas Bacias Hidrográficas Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 12, n. 4, p. 211-221. 2007.
- BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 2.ed. São Paulo. 1998.
- 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.
- 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.
- 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.
- DELETIC, A.; ASHLEY, R.; REST, D. Modelling input of fine granular sediment into drainage systems via gully- pots. **Water Research**. v. 34, n. 15, p. 3836-3844, 2000.
- 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.
- 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.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento integrado em drenagem urbana: quantificação e controle de resíduos sólidos.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14. Curitiba. 2003.

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, 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.

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

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

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

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia, Ciências e Aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: Universidade/UFRGS/ ABRH, 2005.

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

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

