

AVALIAÇÃO DO USO DE CISTERNAS COMO MEDIDA COMPENSATÓRIA PARA ATENUAÇÃO DE PICOS DE CHEIA NA BACIA DO PAJEÚ UTILIZANDO O SWMM

Taís Maria Nunes Carvalho^{1}; Carla Beatriz Costa de Araújo²; Walter Jhameson Xavier Pereira³;
Francisco de Assis de Souza Filho⁴*

Resumo – A utilização de técnicas compensatórias em drenagem urbana tem se tornado bastante recorrentes diante do processo contínuo de urbanização das últimas décadas. Este trabalho teve o objetivo de avaliar a influência da utilização de cisternas como solução para a atenuação das vazões de escoamento superficial. A área de estudo utilizada foi a bacia do riacho Pajeú, localizada na cidade de Fortaleza, na qual eventos de inundações são comuns durante a quadra chuvosa. Para realizar as simulações, foi utilizado o software Storm Water Management Model (SWMM). Para quantificar os efeitos na redução do pico de vazão causados pela construção de cisternas na bacia, foi simulado um evento de chuva de quatro horas de duração e um período de retorno de 5 anos. Foram avaliados dois cenários: o primeiro, sem a utilização de dispositivos de Low Impact Development (LID), e o segundo, com variadas aplicações de cisternas na bacia. Os resultados das simulações mostraram que o uso de cisternas tem efeitos consideráveis na atenuação do pico de vazão de escoamento, que variam de acordo com a porcentagem de ocupação da bacia. A implantação de cisternas em 50% da bacia pode reduzir em até 64% a vazão máxima de escoamento no ponto exutório.

Palavras-Chave – Cisternas. LID. SWMM.

EVALUATION OF CISTERNAS AS COMPENSATORY TECHNIQUE FOR RUNOFF PEAK REDUCTION AT PAJEÚ BASIN (CE) USING SWMM

Abstract – Compensatory techniques on urban drainage has become quite recurrent due to the continuous process of urbanization of the last decades. The objective of this work was to evaluate the influence of cisterns as a solution to reduce storm water runoff. The study area was the Pajeú basin, located in Fortaleza, in which flood events are common during the rainy season. To perform this simulation, the Storm Water Management Model - SWMM software was used. The effects on the runoff peak reduction caused by the construction of cisterns in the basin were quantified. For this, it was simulated a four-hour rainfall event with a return periods of 5 years. Therefore, two scenarios were evaluated: the first one, without the use of Low Impact Development (LID) devices, and the second one, with several applications of cisterns in the basin. The results of the simulations showed that the usage of compensatory measures (cisterns) has considerable effects on the attenuation of the runoff peak, which vary according to the percentage of LID occupation of the basin. The usage of cisterns in 50% of the basin can reduce up to 64% the maximum outflow at the outfall.

Keywords – Rain barrel. LID. SWMM.

INTRODUÇÃO

O processo de crescimento da população urbana está acontecendo sob um ritmo acelerado, de forma que paralelamente a esse fenômeno, as fontes de abastecimento de água estão reduzindo, ou na melhor das hipóteses, permanecendo constantes em quantidade, mas diminuindo em qualidade

¹ Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente na Universidade Federal do Ceará; taismarianc@gmail.com;

² Doutoranda em Engenharia Civil na Universidade Federal do Ceará; carlabeatriz7@gmail.com;

³ Graduando em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Ceará; walterjxp@gmail.com;

⁴ Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará; assissouzafilho@gmail.com

(NIEMCZYNOWICZ, 1999). Segundo Tucci (2001), um dos graves problemas neste processo de desenvolvimento urbano resulta da expansão, geralmente irregular, que ocorre sobre as áreas de mananciais de abastecimento humano, comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades.

Durante muitos anos, tanto no Brasil como em outros países, a drenagem urbana das grandes metrópoles foi abordada de uma maneira acessória, no contexto do parcelamento do solo para usos urbanos. Na maior parte dessas grandes metrópoles, o crescimento das áreas urbanizadas processou-se de forma acelerada e somente em algumas a drenagem urbana foi considerada fator preponderante no planejamento da sua expansão (CANHOLI, 2014).

Na década de 60, em alguns países da Europa, passou-se a questionar o sistema clássico de drenagem urbana que, através da evacuação rápida das águas acumuladas em áreas importantes, transfere o problema para outras áreas ou para o futuro. Esta visão, que ainda predomina em alguns meios técnicos, foca o controle do escoamento na própria calha do curso d'água, não dando a devida importância ao escoamento gerado nas superfícies urbanizadas (POMPÊO, 2000).

Chocat (1997) destaca que o surgimento das técnicas alternativas de drenagem urbana está ligado à conjugação de três aspectos: a insuficiência dos sistemas existentes, a necessidade de desenvolvimento urbano e a crescente preocupação ecológica.

Nesse contexto, foram desenvolvidos métodos compensatórios de manejo de águas pluviais (também denominados Best Management Practices - BMPs) os quais são constituídos de planejamento em escala de bacia e da aplicação de dispositivos de armazenamento e infiltração (bacias de retenção, bacias de retenção, pavimentos permeáveis, microrreservatórios e trincheiras de infiltração). Tal abordagem passou a ser recomendada mundialmente a partir da década de 70, e em alguns municípios brasileiros na última década (SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012).

OBJETIVOS

O principal objetivo do presente artigo é avaliar o impacto da urbanização na drenagem urbana e identificar como a implantação de cisternas podem reduzir estes impactos. Serão analisados o aumento ou redução das vazões de pico de escoamento superficial.

Será feita análise da influência de um evento de chuva na vazão de escoamento para dois cenários, sendo o primeiro sem o uso de qualquer dispositivo LID, e o segundo, com a presença de cisternas em diferentes porcentagens de ocupação da bacia. Para caracterizar e quantificar os cenários desejados, será utilizado o modelo de transformação chuva-vazão do Storm Water Management Model (SWMM).

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudada foi a Bacia do Riacho Pajeú, localizada na Bacia Vertente Marítima do município de Fortaleza, que se encontra na região Nordeste do Brasil e pertence a mesorregião Metropolitana de Fortaleza.

Sua nascente, hoje aterrada para implantação de edifícios sobre o leito natural, situa-se no quarteirão formado pelas ruas Silvia Paulet, José Vilar, Bárbara de Alencar e Dona Alexandrina (DEMES; MOTA, 2013).

A bacia foi escolhida pela importância histórica, visto que o riacho Pajeú proporcionou o povoamento da cidade de Fortaleza, servindo de recurso hídrico fundamental para o estabelecimento

da população. A área delimitada por essa bacia possui grande densidade populacional e problemas decorrentes da urbanização, destacando-se o mau funcionamento do sistema de drenagem durante eventos de inundação. O mapa da Figura 1 representa a bacia estudada.

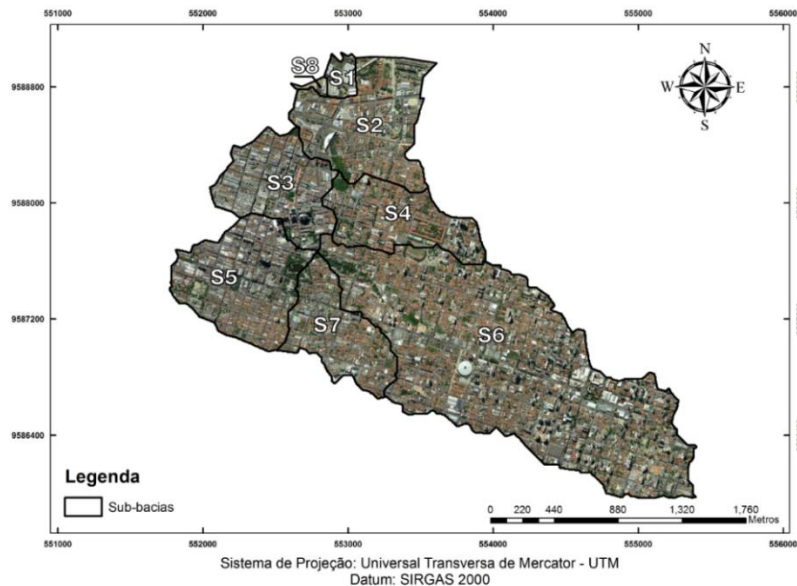


Figura 1 – Divisão da Bacia do Pajeú em Sub-bacias

METODOLOGIA

Para caracterizar e quantificar os cenários desejados, foi utilizado o modelo de transformação chuva-vazão do Storm Water Management Model (SWMM). O modelo é bastante difundido e de uso consolidado, utilizado em planejamento, análise e projetos ligados ao escoamento superficial e sistemas de drenagem, contemplando também aplicações voltadas a áreas não urbanas (ROSSMAN, 2010).

Inicialmente, a Bacia do Pajeú foi discretizada buscando a subdivisão da área em sub-bacias homogêneas. Com o auxílio do software Basins, da Environmental Protection Agency (EPA), foi realizada a discretização da bacia em 8 sub-bacias. A Figura 2 mostra a esquematização da bacia com nível de discretização detalhada.

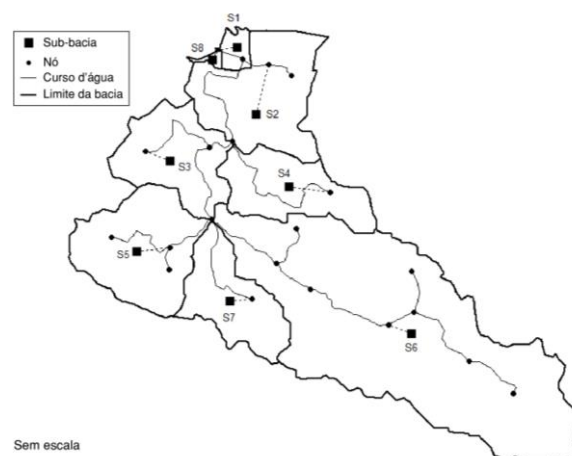


Figura 2 – Esquema das sub-bacias e canais utilizados na simulação.

As simulações foram feitas para um período de 24 horas e foi utilizada uma chuva de projeto com 4 horas de duração. Foi utilizada a equação IDF para a cidade de Fortaleza proposta por Silva, Palácio e Campos (2013):

$$i = \frac{2345,29 * T^{0,173}}{(t + 28,31)^{0,904}}$$

Onde:

i = intensidade média de chuva em mm/h

T = duração da chuva em minutos;

T = período de retorno da precipitação em anos.

A distribuição temporal para o evento de projeto foi feita com o Método dos Blocos Alternados com intervalos de tempo iguais a 5 minutos, de forma que a posição do pico da chuva foi colocada a 50% da duração do evento. Foi considerado um período de retorno igual a 5 anos.

O modelo utilizado para descrever o processo de infiltração foi o do Soil Conservation Service. Os parâmetros de entrada correspondentes ao método SCS são o número CN e o tempo necessário para que o solo saturado se torne completamente seco. O número CN utilizado foi 80, e o tempo de secagem do solo igual a 10 dias.

Foi feita uma classificação da cobertura do solo da bacia do Pajeú para calcular a porcentagem de áreas impermeáveis em cada sub-bacia. Para isso, foi utilizada a ortofoto do município de Fortaleza do ano de 2010, através da versão 10.3.1 do software ArcMap.

O módulo de Controle por Dispositivos de Baixo Impacto (LID Controls) do SWMM é projetado para subtrair parte do escoamento superficial por meio de processos artificiais combinados de retenção, infiltração e evapotranspiração (ROSSMAN, 2010).

RESULTADOS

Após a simulação do evento de chuva, foram verificadas as vazões de pico em cada sub-bacia, sem a utilização de técnicas LID. Os valores de vazão obtidos para cada sub-bacia podem ser verificados no mapa da Figura 3.

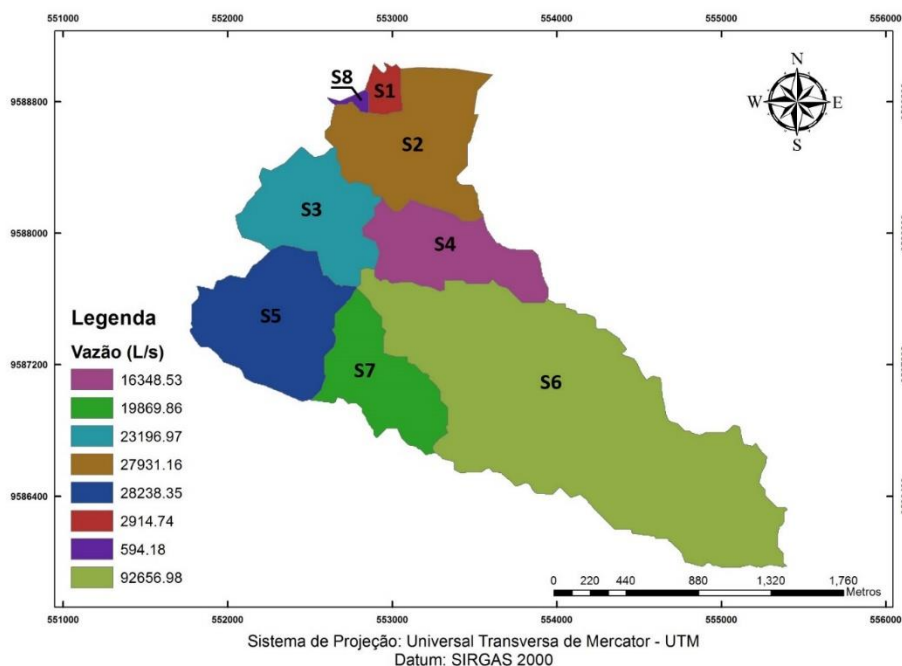


Figura 3 – Mapa das vazões de pico por sub-bacia (sem LID)

Os resultados obtidos foram comparados para uma situação onde 30% da área da bacia é coberta por cisternas, considerando o mesmo evento de chuva e um período de retorno de 5 anos. A Tabela 1 expõe os valores de vazão máxima obtidos para cada sub-bacia para as duas situações: com 30% da área ocupada por cisternas e sem nenhum dispositivo LID. Pode-se verificar que houve uma considerável redução desses valores sob a utilização de cisternas.

Tabela 1 – Vazão de pico nas sub-bacias

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
SEM LID	Vazão (L/s)	2914.74	27931.16	23196.97	16348.53	28238.35	92656.98	19869.86	594.18
COM LID (30%)	Vazão (L/s)	1918.4	24855.57	20729.35	14321.56	25111.04	60543.33	17651.2	537.58
	Redução da vazão	34%	11%	11%	12%	11%	35%	11%	11%

Observa-se que as reduções de pico mais expressivas ocorreram nas sub-bacias S1 e S6. Os hidrogramas correspondentes as sub-bacias S1 e S6 estão representados nas Figuras 4 e 5.

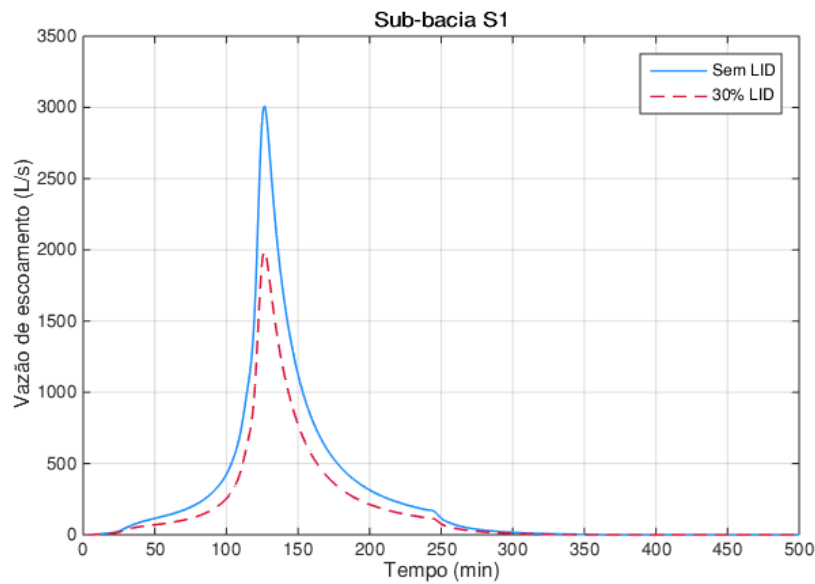


Figura 4 – Hidrograma da sub-bacia S1

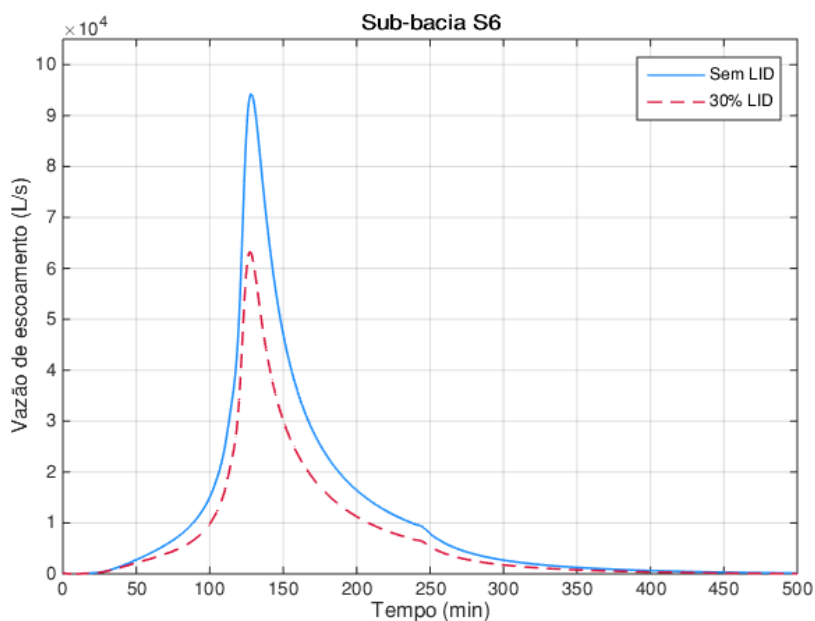


Figura 5 – Hidrograma da sub-bacia S1

Também foram avaliados os efeitos do uso de cisternas na redução do pico de vazão do ponto exutório da bacia. O gráfico da Figura 6 representa a variação de pico de vazão nos hidrogramas do ponto exutório correspondentes a diferentes porcentagens de cobertura LID.

A redução da vazão máxima de escoamento é bastante perceptível a medida que uma maior porcentagem de cisternas é utilizada na bacia. Observa-se que em uma situação na qual 90% da bacia está coberta por cisternas, o pico de vazão é quase anulado, o que é esperado, visto que nessa circunstância a bacia fica permeável praticamente em sua totalidade, reduzindo expressamente o volume de escoamento.

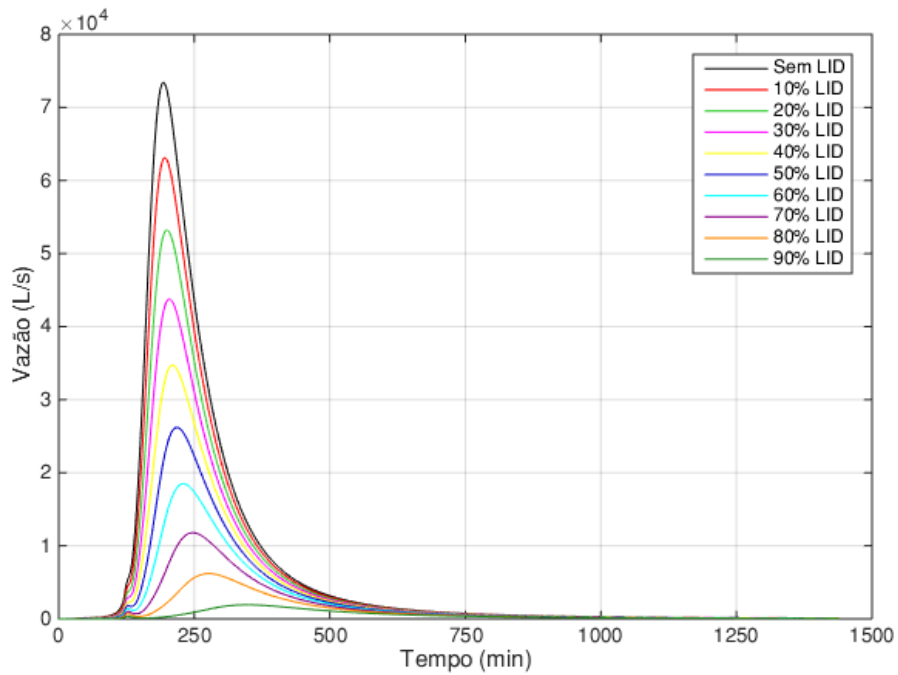


Figura 6 – Variação dos hidrogramas no ponto exutório sob diferentes ocupações LID

Ainda considerando os efeitos do uso de cisternas na vazão de escoamento superficial no ponto exutório da bacia, pode-se verificar na Figura 7 o hidrograma correspondente a cobertura de 50% da bacia pelo dispositivo LID.

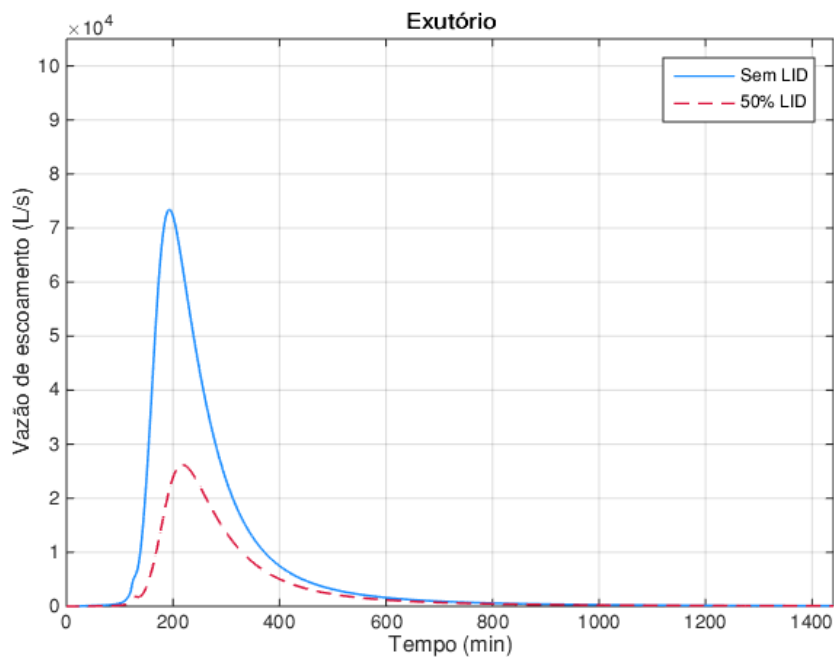


Figura 7 – Hidrograma do ponto exutório da Bacia

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desse trabalho, foi possível analisar os efeitos da utilização de técnicas compensatórias do tipo cisterna na redução do escoamento superficial, utilizando como local de estudo a bacia do riacho Pajeú, localizado em Fortaleza, no estado do Ceará.

A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que a utilização de cisternas tem efeitos significativos na redução do pico de vazão. Foi observada a redução de até 35% no pico de vazão em uma das sub-bacias, considerando 30% da sub-bacia ocupada por cisternas.

Deve-se destacar os benefícios da utilização das técnicas LID, especificamente, o uso de cisternas, que consistem em construções de baixa complexidade e que são capazes de gerar benefícios bastante consideráveis para a região onde são utilizadas, reduzindo o risco de inundações e servindo como fonte alternativa de captação de água.

É importante destacar a necessidade de manutenção desses dispositivos, incluindo limpeza periódica do sistema de coleta de água e da cisterna, utilização de telas de proteção e descarte das primeiras águas coletadas. Esses cuidados são essenciais para garantir a qualidade e a segurança sanitária das águas armazenadas em cisternas.

Conclui-se que o modelo apresenta bons resultados quanto a redução da vazão máxima de escoamento, podendo o uso de cisternas ser uma solução adequada para a atenuação da ocorrência de inundações na bacia do Pajeú. Entretanto, é necessária a avaliação dos efeitos dessa técnica compensatória utilizando-se séries temporais mais extensas.

REFERÊNCIAS

- CANHOLI, A. P. (2014). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- CHOCAT, B. (1997). *Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement*. Paris: Lavoisier, 1124 p.
- DEMES, F. O. C.; MOTA, F. S. B. (2013). Impactos das atividades urbanas no riacho Pajeú, em Fortaleza, Ceará: Uma abordagem histórica e ambiental. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves, 2013, pp. 1 – 10.
- LIMA, V. C. G. da R. (2009). *Análise Experimental e Numérica de Trincheiras de Infiltração em Meio Não Saturado*. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 177 p.
- NIEMCZYNOWICZ, J. (1999). Urban hydrology and water management – present and future challenges. *Urban Water*. v. 1, n. 1, pp.1 – 14.
- POMPÊO, C.A. (2000). Drenagem urbana sustentável. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 5, n. 1, pp. 15 – 23.
- ROSSMAN, L. A. (2010). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5*. U.S.EPA. Cincinnati, OH, pp. 295.
- SILVA, F. O. E. da; PALÁCIO, F. F. R.; CAMPOS, J. N. B. (2013). Equação de chuvas para Fortaleza-CE com dados do pluviógrafo da UFC. *Revista Dae*, v. 61, n. 192, pp. 48 – 59, Editora Cubo Multimídia.



SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. (2012). Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 17, n. 2, pp. 9 – 18.

TUCCI, C. E. M. (2002). Gerenciamento da Drenagem Urbana. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 7, n.1. pp. 5 – 27.