

XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HIDROLÓGICA DE TAXAS DE OCUPAÇÃO ESTABELECIDAS POR POLÍTICAS URBANAS

Franciele Zanandrea¹; André Luiz Lopes da Silveira² & Gean Paulo Michel³

RESUMO – O aumento da impermeabilização do solo traz como resultado o desencadeamento de impactos ambientais, principalmente na hidrologia local. Políticas urbanas, como o zoneamento estabelecido em Planos Diretores, definem taxas de ocupação para os loteamentos urbanos. A maneira como essa ocupação se desenvolve tem interferência direta no escoamento das águas pluviais no meio urbano. O presente trabalho tem como objetivo avaliar quantitativamente a eficácia das diretrizes de ocupação/zoneamento em uma bacia urbana localizada no município de Viamão/RS. Para avaliação da área de estudo foram definidos dois cenários: cenário atual e cenário futuro. O cenário atual é representado pela ocupação com as taxas de permeabilidade em 2014. O cenário futuro é representado pela concretização do Plano Diretor. Ambos cenários foram simulados através do modelo SWMM. Observa-se um aumento de 16% nos volumes dos hidrogramas da bacia do cenário atual para o cenário futuro com tempo de retorno de 20 anos. No cenário futuro aumenta o número de nós que apresentaram extravasamentos, principalmente na região de montante onde atualmente existe baixa ocupação. Os resultados obtidos demonstraram a ineficiência hidrológica das taxas de permeabilidade adotadas para a área de estudo no novo Plano Diretor, o que irá potencializar os problemas com drenagem urbana.

ABSTRACT– The increase of unpervious areas results in the triggering of environmental impacts, especially in local hydrology. Urban policies, such as the zoning established in Master Plans, define occupation rates for urban land lots. The way this occupation develops has direct interference in the runoff in the urban environment. The present study aims to quantitatively evaluate the effectiveness of the occupation/zoning guidelines in an urban basin located in the municipality of Viamão/RS. Two scenarios were defined for the study area: current scenario and future scenario. The current scenario is represented by the occupation with permeability rates in 2014. The future scenario is represented by the implementation of the Master Plan. Both scenarios were simulated using the SWMM model. There is a 16% increase in hydrograph volumes from the basin of the current scenario in relation to the future scenario considering a return period of 20 years. In the future scenario the number of extravasation nodes increases, especially in the region where there is low occupation. The results obtained demonstrated the hydrological inefficiency of the permeability rates adopted for the study area in the new Master Plan, which will potentiate the problems with urban drainage.

Palavras-Chave – Urbanização; impactos hidrológicos; SWMM.

1) Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental– IPH/UFRGS, franciele.zanan@gmail.com

2) Professor Titular do IPH/UFRGS, andre@iph.ufrgs.br

3) Professor Adjunto do IPH/UFRGS, gean.michel@ufrgs.br

1. INTRODUÇÃO

O aumento da mancha urbana consoante à impermeabilização do solo traz como resultado o desencadeamento de impactos ambientais, principalmente na hidrologia local. O surgimento de centros urbanos sem o devido planejamento põe em risco o balanço hídrico, devido às alterações geradas no ciclo hidrológico natural. Em áreas impermeabilizadas, a água não infiltra, aumentando o escoamento superficial rumo ao sistema de drenagem urbana ou diretamente aos cursos d'água (FRITZEN; BINDA, 2011).

Os efeitos da urbanização, da industrialização e do crescimento desordenado da população afetam as paisagens naturais e a resposta hidrológica das bacias hidrográficas, principalmente no que diz respeito aos caminhos preferenciais e às abstrações hidrológicas (MARSALEK et al., 2007), sendo o balanço hídrico natural bastante modificado por essas alterações no meio ambiente.

O processo de urbanização, pautado na intervenção antrópica sem planejamento, trouxe grandes complicações para a questão de águas urbanas, trazendo consequências graves à população e ao meio. A questão da drenagem urbana tornou-se bastante complexa no atual contexto da demanda ambiental crescente, pois envolve além de aspectos ambientais, aspectos sanitários, paisagísticos, sociais e técnicos (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

O desenvolvimento urbano é responsável por diversas alterações no ambiente. O modo de ocupação das cidades brasileiras tem causado diversos impactos ambientais negativos. Diversos estudos foram realizados no sentido de levantar e quantificar os impactos gerados nos processos de urbanização (TUCCI; COLLISCHONN, 1998; MARSALEK et al., 2007; FRITZEN; BINDA, 2011). Entre estes impactos, destacam-se as consequências da redução da infiltração, que aumenta o volume de escoamento superficial.

As alternativas para minimização dos problemas na drenagem urbana devem considerar também medidas institucionais, sendo possível a prevenção em áreas não ocupadas por meio de um planejamento adequado. No entanto, muitas vezes, mesmo com a instituição de ferramentas de planejamento, os conceitos de urbanização ainda visam à ocupação densificada, não priorizando conceitos sustentáveis para a gestão adequada das cidades. Essa linha de pensamento é ainda muito comum em alguns países, incluindo o Brasil.

Com isso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar quantitativamente a eficácia das diretrizes de ocupação/zonamento em uma bacia urbana localizada no município de Viamão no Rio Grande do Sul.

2. METODOLOGIA

A área de estudo compreende a sub-bacia hidrográfica do arroio Central, sub-bacia da Mãe D'Água, localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Porto Alegre e Viamão, como pode ser observado na Figura 1. Essa sub-bacia possui uma área de 0,91 km² e constitui uma das nascentes da bacia do Arroio Dilúvio, que corta grande parte do perímetro urbano do município de Porto Alegre.



Figura 1. Localização da sub-bacia hidrográfica do Arroio Central na Região Metropolitana de Porto Alegre - RS.

A área encontra-se na região de clima subtropical úmido, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual entre 14 e 20°C, e precipitação total anual variando de 1200 a 2000 mm bem distribuídos ao longo do ano (POLETO; MERTEN, 2007). O tipo de solo predominante na área da bacia é areno-argiloso, tipo Podzólico vermelho-amarelo (RANGEL, 2008).

O início da urbanização na área da bacia remonta à década de 1950, com a formação dos primeiros loteamentos, acentuando-se a partir dos anos 1970, sendo a região habitada por pessoas que não tinham condições de ocupar os lotes urbanizados na cidade. A ocupação da área ocorreu de maneira desordenada, onde o traçado das vias não seguiu nenhum tipo de planejamento. A ocupação

ocorreu inclusive em áreas de risco, como nas encostas do morro Santana e às margens dos cursos de água, desmatando a vegetação natural (HÜFFNER e MENDES, 2013), o que potencializa os problemas de inundações e alagamentos na bacia.

A área pertence ao perímetro urbano de Viamão, localizado na Macrozona Urbana de Consolidação, segundo o Plano Diretor do município, em uma tentativa de formalização desta região. Neste Plano foram identificadas ocupações irregulares em áreas de risco e em áreas de preservação permanente – APP nesta Macrozona, além da degradação de arroios. A taxa de permeabilidade exigida por lote nesta Macrozona é de 10% do terreno, definido como o percentual expresso pela relação entre a área do lote sem pavimentação impermeável e sem construção no subsolo e a área total do terreno (VIAMÃO, 2013), o que permite a impermeabilização da bacia.

Para avaliação da área de estudo foram definidos dois cenários: cenário atual e cenário futuro. O cenário atual é representado pelo sistema atual de acordo com as características atuais da bacia e com as taxas de permeabilidade em 2014 conforme mapa de uso do solo (ZANANDREA et al., 2014). O cenário futuro é representado pela concretização do Plano Diretor atual de Viamão (VIAMÃO, 2013), considerando a taxa de permeabilidade de 10% dos lotes e pavimentação de todas as vias da bacia e sem nenhuma intervenção. A caracterização do sistema de drenagem existente foi adquirida junto a CORSAN, empresa responsável pela gestão das águas pluviais no município de Viamão. Visto a falta de informações completas de dados por órgãos públicos, foram realizados também levantamentos em campo para averiguação e georreferenciamento das infraestruturas de drenagem urbana encontradas e levantamento topográfico de 5 seções transversais do córrego principal, tendo sua localização definida com base nas mudanças da morfologia do canal (ZANANDREA; SILVEIRA, 2018).

Ambos cenários foram simulados através do modelo hidrológico e hidráulico SWMM (*Storm Water Management Model*) calibrado e validado conforme Zanandrea & Silveira (2018). A discretização do modelo segue apresentada na Figura 2. Foram utilizadas 4 chuvas de projeto na simulação dos cenários, com tempos de retorno de 2, 5, 10 e 20 anos, estimadas a partir da relação Intensidade-Duração-Frequência –IDF (Equação 7) estabelecida para o posto pluviométrico localizado próximo a bacia, nas áreas adjacentes ao IPH/UFRGS (GOLDENFUM et al., 1990). A duração da precipitação adotada foi de 5 horas, conforme metodologia apresentada em Zanandrea (2016).

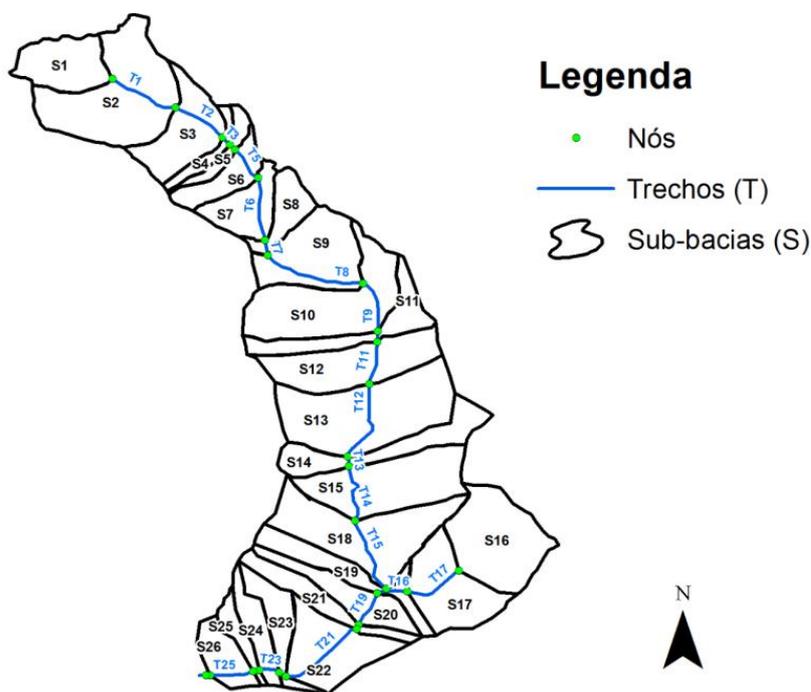


Figura 2. Discretização da sub-bacia do arroio Central Mãe d'água. (Adaptado de ZANANDREA; SILVEIRA, 2018)

Foi estabelecida uma vazão meta para balizar o desempenho dos cenários. Esta vazão meta foi definida como a vazão da calha cheia e espelhou uma situação livre de enchente para a capacidade máxima de escoamento da calha menor dos córregos. A vazão máxima gerada pelos cenários foi comparada com a vazão de calha cheia definida para verificar o desempenho.

Para a avaliação dos cenários foi utilizado de estatística simples, comparando a magnitude dos eventos simulados, sendo realizada uma comparação dos volumes gerados para cada cenário.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ambos os cenários tiveram seu hidrogramas avaliados no trecho 25 que representa a porção mais a jusante da bacia, em que se tem uma representação do escoamento total da área de estudo. Os hidrogramas do cenário atual para os tempos de retorno de 2, 5, 10 e 20 anos seguem apresentados na Figura 3. No cenário atual, mesmo para o maior TR (20 anos), a vazão máxima não alcança a vazão de calha cheia, não apresentando extravasamento do canal.

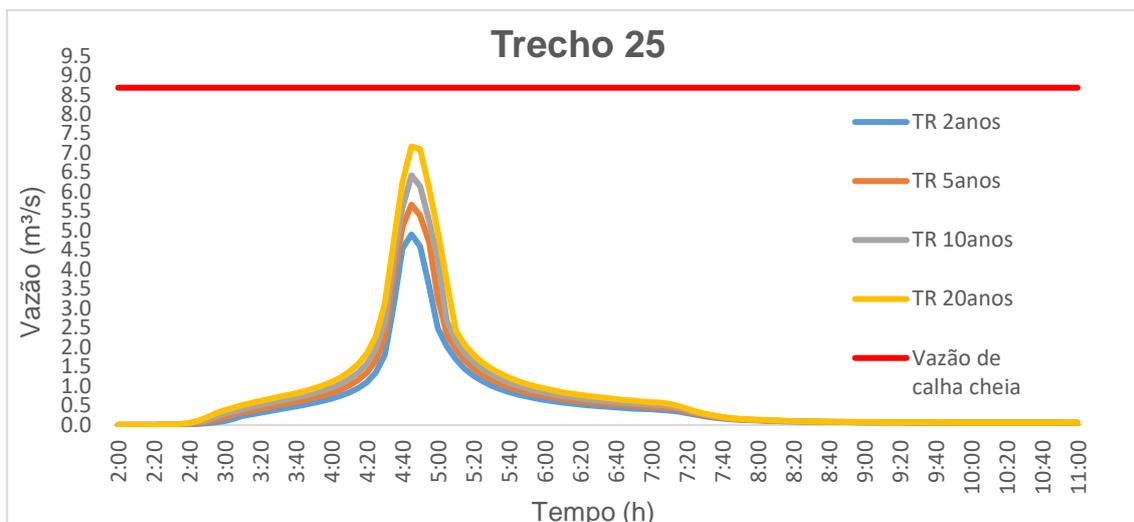


Figura 3. Hidrogramas de tempos de retorno 2, 5, 10 e 20 anos para o trecho 25 do cenário atual.

Os hidrogramas do cenário futuro para os mesmos trechos e tempos de retorno se encontram expostos na Figura 4.

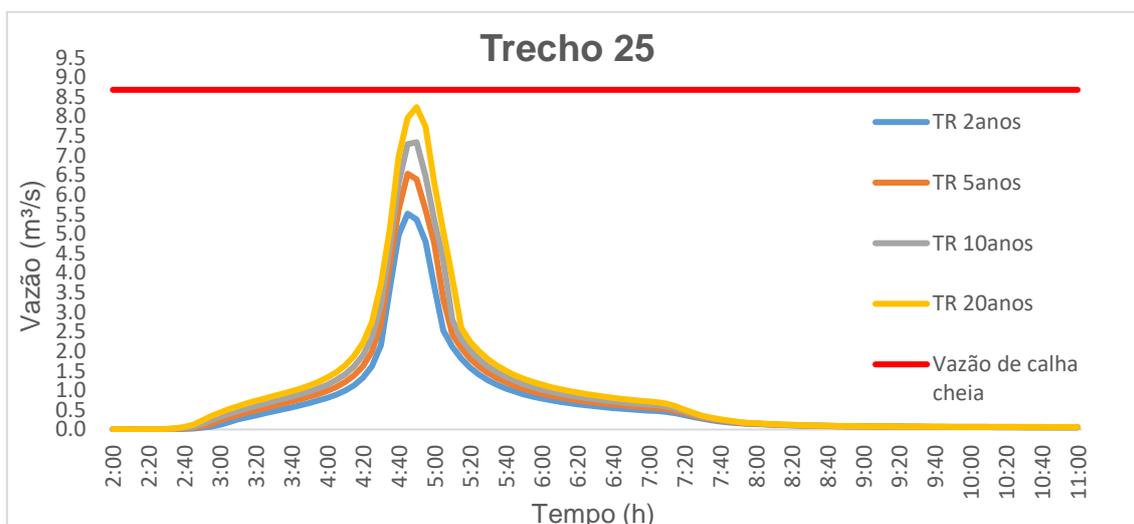


Figura 4. Hidrogramas de tempos de retorno 2, 5, 10 e 20 anos para o trecho 25 do cenário futuro.

Observa-se um aumento de 16% nos volumes dos hidrogramas do trecho 25 no cenário futuro, aumentando $19,54 \text{ m}^3$ do cenário atual para o cenário futuro com tempo de retorno de 20 anos e $17,2 \text{ m}^3$ para 10 anos. Isso representa o aumento do volume do hidrograma de toda a bacia. As vazões de pico neste trecho para o tempo de retorno de 20 anos no cenário futuro chegam muito próximas a vazão de calha cheia do trecho.

A vazão de pico do cenário atual passa de $7,2 \text{ m}^3/\text{s}$ para $8,2 \text{ m}^3/\text{s}$ no cenário futuro, o que pode ser alcançado em um curto horizonte de tempo, visto que a bacia já se encontra altamente ocupada.

Na Figura 5 seguem apresentados os volumes de extravasamento dos nós para os cenários atual e futuro, respectivamente. Estes extravasamentos apresentam-se por um tempo e depois são devolvidos no mesmo nó ao sistema, sendo uma condição do modelo, o que não ocorreria na realidade principalmente em áreas declivosas.

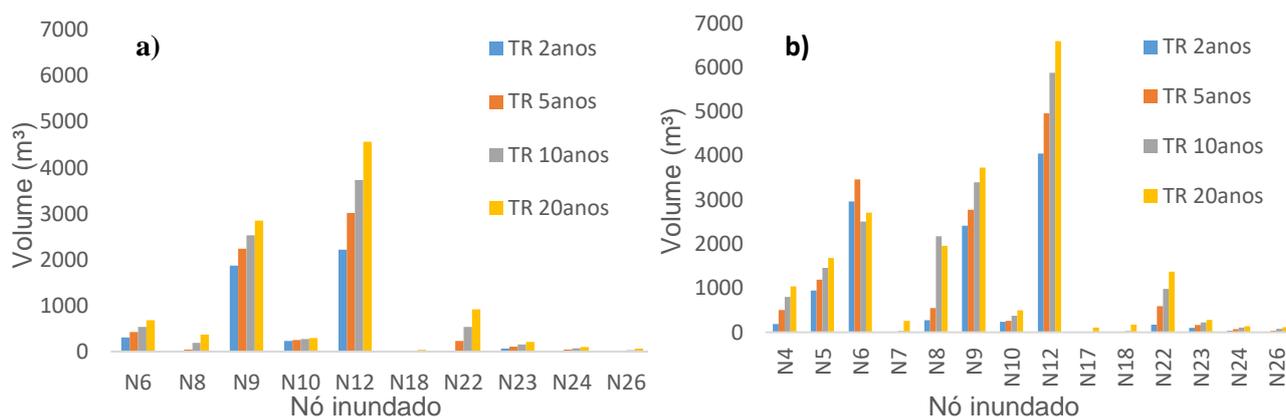


Figura 5. Volume inundado nos diferentes nós para cada tempo de retorno para **a)** cenário atual e **b)** cenário futuro.

O N12 foi o que apresentou o maior volume de extravasamento nos 2 cenários. Neste ponto a seção a jusante do nó diminui devido à ocupação de residências nas margens do canal, não havendo uma calha maior como há a montante. O nó N9 também apresentou maiores volumes, em que os trechos a montante e a jusante também se encontram suprimidos pela ocupação tendo suas margens ocupadas.

No cenário futuro aumentam o número de nós que apresentaram extravasamentos, principalmente na região de montante (N4, N5) onde atualmente existe baixa ocupação e consecutivamente menos impermeabilização das sub-bacias. Também há um aumento no volume de extravasamento dos nós no cenário futuro, demonstrando o agravamento da situação da drenagem da bacia.

Esses resultados demonstram que as diretrizes de ocupação do Plano Diretor do Município de Viamão não são suficientes para evitar problemas no escoamento das águas urbanas. Observações semelhantes foram encontradas por Decina & Brandão (2016) ao avaliar as diretrizes de ocupação estabelecidas no Plano Diretor do município de São Carlos (SP), o que demonstra uma similaridade na ineficiência hidrológica das diretrizes de expansão urbana destas cidades brasileiras.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho avaliou através de simulação hidrológica e hidráulica os impactos das taxas de ocupação definidas pelas políticas de urbanização sobre as inundações urbanas em uma sub-bacia

localizada no município de Viamão no rio Grande do Sul. O uso do modelo SWMM apresentou-se adequado aos objetivos do trabalho, apresentando resultados coerentes.

Mesmo com todos os problemas que área apresenta, as políticas públicas do município são orientadas no sentido de consolidar essas áreas urbanas, incentivando a impermeabilização da bacia. Essas políticas permitem o adensamento populacional onde este ainda for possível, como forma de otimizar a infraestrutura disponível.

Os resultados obtidos para o cenário futuro demonstraram a ineficiência hidrológica das taxas de permeabilidade adotadas para a área de estudo no novo Plano Diretor do município de Viamão, o que irá potencializar os problemas com drenagem urbana existente. Esse fato ainda é agravado por não haver um plano de drenagem urbana para o município, onde se oriente a expansão da urbanização compatibilizada com a drenagem urbana.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq pela bolsa de pesquisa e a FINEP, pelo apoio ao projeto Gestão de Águas Pluviais em Meio Urbano (MAPLU 2).

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. (2005). *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*, Porto Alegre: ABRH. 318 p.

DECINA, T. G. T.; BRANDÃO, J. L. B. (2016). “Análise de desempenho de medidas estruturais e não estruturais de controle de inundações em uma bacia urbana”. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21 (1), pp. 207-217.

FRITZEN, M.; BINDA, A. L. (2011). “Alterações no Ciclo Hidrológico em Áreas Urbanas: Cidade, hidrologia e impactos no ambiente”. *Ateliê Geográfico, Goiânia*, 5 (3), pp.239-254.

GOLDENFUM, J. A., CAMAÑO, B., SILVESTRINI, J. (1990). “Chuvas Intensas em Porto Alegre - Determinação de Curvas I-D-F”. Porto Alegre: IPH-UFRGS. 1990. 26p.

HÜFFNER, A.; MENDES, C. A. B. (2013). “Impactos Hidrológicos Decorrentes da Expansão Urbana na Bacia Barragem Mãe d’água, Viamão – RS” in *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves. Nov. 2013.

MARSALEK, J.; JIMÉNEZ-CISNEROS, B. E.; MALMQUIST, P. -A.; KARAMOUZ, M.; GOLDENFUM, J.; CHOCAT, B. (2007). “*Urban Water Cycle Processes and Interactions*”. Urban Water Series. UNESCO, 2, 87p.

POLETO, C.; MERTEN, G. H. (2007). “*Urban Watershed Studies in Southern Brazil*”. Journal of Urban and Environmental, 1 (2), pp.70-78.

RANGEL, M. L. A. (2008). *Percepção sobre a Água na Paisagem Urbana: Bacia Hidrográfica da Barragem Mãe D'Água - Região Metropolitana de Porto Alegre/RS*. 2008. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

TUCCI, C; COLLISCHONN, W. (1998). “*Drenagem Urbana e Controle de Erosão*” in Anais do VI Simpósio Nacional de Controle da Erosão, Presidente Prudente, 1998.

VIAMÃO. Lei Municipal nº 4.154, de 25 de novembro de 2013. Institui o Plano Diretor, define princípio, políticas, estratégias e instrumentos para o desenvolvimento municipal e para o cumprimento da função social da propriedade no município de Viamão e dá outras providências. *Diário Oficial*. Viamão, 2013.

ZANANDREA, F. 2016. *Avaliação de técnicas de baixo impacto no controle de impactos hidrológicos em uma bacia urbana em consolidação*. Dissertação (mestrado)- Curso de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

ZANANDREA, F.; VALÉRIO, E. de L. S.; SILVEIRA A. L. L. da. (2015). “*Avaliação do efeito da dinâmica da expansão urbana na vazão máxima de uma bacia urbana*” in Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília. Nov. 2015. pp. 1 - 8.

ZANANDREA, F.; SILVEIRA, A. L. L. da. (2018). *Effects of LID Implementation on Hydrological Processes in an Urban Catchment under Consolidation in Brazil*. Journal of Environmental Engineering, 144 (9), pp.040180721-040180729.