

## **XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

### **ANÁLISE DE SOLUÇÃO DE DRENAGEM URBANA DE BAIXO IMPACTO POR MODELAGEM HIDROLÓGICA DE BASE CONTÍNUA**

*Daniela Junqueira Carvalho<sup>1</sup>; Maria Elisa Leite Costa<sup>2</sup>; Cátia dos Santos Conserva<sup>3</sup>;*

*Natália da Silva Lemos<sup>4</sup>; Liza Maria Souza de Andrade<sup>5</sup> & Sergio Koide<sup>6</sup>*

**RESUMO** – A urbanização gera diversos impactos no ciclo hidrológico e no ambiente, sendo que os desafios para o manejo de águas pluviais são cada vez maiores. Soluções de desenvolvimento de baixo impacto em drenagem urbana são capazes de mitigar tais impactos por meio da promoção da infiltração e redução dos volumes de escoamento superficial. Neste trabalho, foram simulados cenários de manejo de águas pluviais sem e com ocupação de área urbana residencial, com o auxílio do modelo SWMM, para eventos de precipitação reais ocorridos entre 2013 e 2016, analisando as soluções convencional e de baixo impacto. O cenário a ser implementado na região, com rede de drenagem, gerou vazões de lançamento até 32% maiores do que a vazão permitida pela regulação na simulação durante três anos hidrológicos, mesmo com a presença de bacias de detenção. Nesse cenário, a vazão de pico foi até 97% superior quando comparado ao cenário com a implantação das valas, que se aproximou bastante do pré-desenvolvimento na manutenção dos volumes infiltrados, conservando proporções em relação à infiltração natural superiores a 90% na simulação. Portanto, a adoção de solução de baixo impacto para a região oferece menor alteração no ciclo hidrológico e conservação das águas subterrâneas.

**ABSTRACT** – The urbanization process leads to several impacts on the hydrological cycle and on the environment in general, increasingly bringing challenges for the stormwater management. Low impact development solutions in urban drainage are capable of mitigating those impacts by increasing the infiltration and reducing the surface runoff. In this paper, stormwater management scenarios without and with occupation of residential urban area were simulated with the use of the SWMM model for real precipitation events occurred between 2013 and 2016, analyzing both the conventional and low-impact solutions. The scenario to be implemented in the region, with drainage network, generated outflows up to 32% higher than the flow allowed by the regulation in the simulation during three hydrological years, even with the presence of detention basins. In this scenario, the peak flow was up to 97% higher when compared to the scenario with the implantation of swales, which approached the pre-development condition in the maintenance of the infiltrated volumes, maintaining proportions in relation to the natural infiltration of more than 90% in the simulation. Therefore, the implementation of a low impact solution for the region offers a smaller change in the hydrological cycle and conservation of groundwater.

**Palavras-Chave** – LID, infiltração, SWMM.

1) Mestranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, d.junqueirac@gmail.com.

2) Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, mariaelisa@unb.br

3) Mestranda do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, cconserva@gmail.com

4) Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, lemos.natalia@gmail.com

5) Professora do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, lizamsa@gmail.com

6) Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, skoide@unb.br

## INTRODUÇÃO

O Distrito Federal (DF) possui disponibilidade hídrica restrita naturalmente devido ao fato de se encontrar em região de cabeceiras de bacias, porém tal situação é agravada à medida em que áreas ambientalmente sensíveis são ocupadas. O lago Paranoá é manancial de abastecimento e o corpo receptor de uma grande malha urbana. Especialmente, existe uma ocupação iniciada com expansão prevista no Setor Habitacional Taquari, que ocorre próximo às margens do lago e em região de recarga de aquífero.

Impactos no ciclo hidrológico gerados pela urbanização podem ser mitigados pelas chamadas soluções de baixo impacto, na sigla em inglês LID (*Low Impact Development*). Existem diversos tipos de dispositivos que compõem as soluções de baixo impacto estruturais, sendo um dos principais tipos os dispositivos de infiltração, como trincheiras, poços e valas, que visam a interceptação do escoamento superficial e seu retardamento ou armazenamento para infiltração no solo, promovendo a recarga de águas subterrâneas e adicionalmente diminuindo o volume escoado e as vazões de pico (Lawrence *et al.*, 2010). O dimensionamento e a análise desses dispositivos devem ser feitos cuidadosamente para sua adequada aplicação.

No DF, a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal é responsável pela regulação, outorga e fiscalização da drenagem urbana. Tendo em vista as competências citadas, a agência publicou a Resolução nº 9 de 2011, que estabelece os critérios obtenção de outorga de lançamento de águas pluviais em corpos hídricos no DF, sendo um deles a vazão máxima de lançamento, limitada a 24,4 L/s.ha. Essa resolução exige ainda a implantação de bacias de retenção e detenção a fim de controlar quali-quantitativamente o lançamento dessas águas e abre a possibilidade de adoção de soluções alternativas quando não for possível o uso das bacias.

Para avaliar a possibilidade da adoção de dispositivos de drenagem sustentável e seus benefícios, utiliza-se a modelagem hidrológica. Alguns estudos no DF já avaliaram a implantação de trincheiras, telhados verdes e bacias de detenção e retenção em áreas já ocupadas com base na chuva de projeto (Silva *et al.*, 2017; Fileni *et al.*, 2017; Gonçalves *et al.*, 2018; Camuzi *et al.*, 2019). A simulação dessas soluções a longo prazo, no entanto, é importante e recomendada, pois consegue melhor representar os processos hidrológicos para precipitações reais com características diferentes (James *et al.*, 2010).

O *Storm Water Management Model* (SWMM) é um modelo de simulação chuva-vazão passível de ser utilizado para simular o escoamento superficial em bacias urbanas em termos quanti e qualitativos. O modelo permite a simulação por eventos individuais ou por séries contínuas de precipitações e é capaz de modelar de forma explícita técnicas utilizadas em soluções de baixo impacto (Rossman e Huber, 2016).

Neste trabalho, realizou-se a análise do comportamento de soluções de baixo impacto propostas para uma área residencial ainda não implementada por meio da quantificação dos volumes de escoamento gerados e de infiltração promovida. A simulação hidrológica foi feita com registros contínuos de três anos de chuva para obter resultados referentes a eficiência dessas técnicas ao longo de estações chuvosas completas.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no Trecho 2 da Etapa 1 do Setor Habitacional Taquari, no Distrito Federal (Figura 1). Trata-se de uma área residencial ainda não implementada devido a questões ambientais: a região é bastante sensível ambientalmente e possui importância especial na recarga de aquífero.

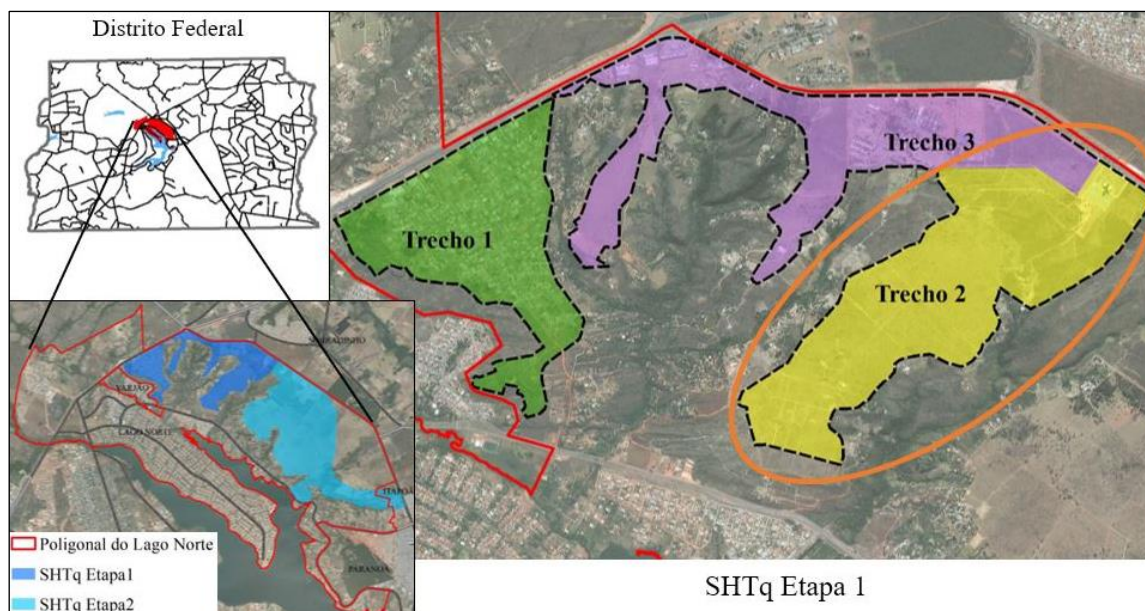


Figura 1 - Localização do Trecho 2 da Etapa 1 do Setor Habitacional Taquari (SHTq).

O trecho estudado tem uma área de 223,51 ha e encontra-se numa região de topografia convexa, com o divisor de águas percorrendo a parte central do terreno com declividade para ambos os lados, no entanto a declividade é predominantemente suave ondulado (entre 3 e 8%). Os tipos de solo presentes na área são o latossolo vermelho e latossolo vermelho-amarelo, ambos pertencentes ao grupo hidrológico A de acordo com a classificação do SCS (Sartori *et al.*, 2005). Em sua condição atual, o trecho tem cobertura de vegetação nativa.

O projeto de urbanismo do Trecho 2 prevê a implantação de 1.415 lotes, dos quais 1.392 residenciais. O projeto do sistema de drenagem urbana para a área inclui uma rede de drenagem que engloba 524 PVs, 491 áreas de contribuição delimitadas e 525 condutos com seções variando de circulares a retangulares e diâmetros de 600 a 3.000 mm. A rede capta a água das duas vertentes de



drenagem e lança em duas bacias de detenção alocadas à jusante. As Figuras 2 e 3 ilustram o uso e ocupação futuros para a área e o desenho da rede de drenagem projetada.

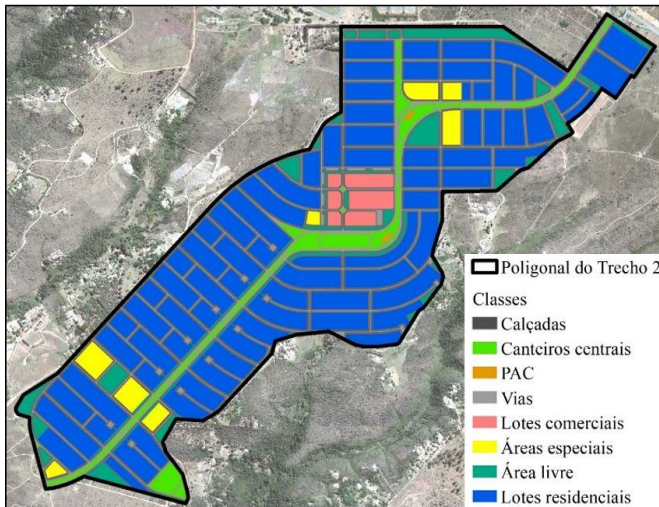


Figura 2 - Uso e ocupação futuros projetados para a área.

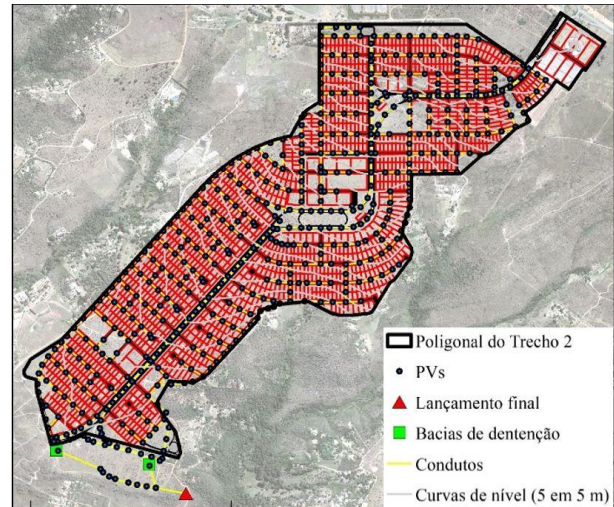


Figura 3 - Representação da rede de drenagem projetada.

### Solução de baixo impacto

Como alternativa ao projeto tradicional de drenagem urbana da área, que não configura um desenho sensível à água, propôs-se a alocação de valas de infiltração seguindo a topografia do terreno para estancar o escoamento, elaborada pelo grupo de pesquisa Água e Ambiente Construído da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília com base no projeto de urbanismo para a área. As valas foram idealizadas para transportar a água lentamente e aumentar o tempo para infiltração das águas pluviais, sendo inseridos dois coletores do projeto convencional de cada lado da área para coletar o escoamento excedente. A Figura 4 ilustra a proposta de solução de baixo impacto para o trecho 2 da Etapa 1 do SHTq.

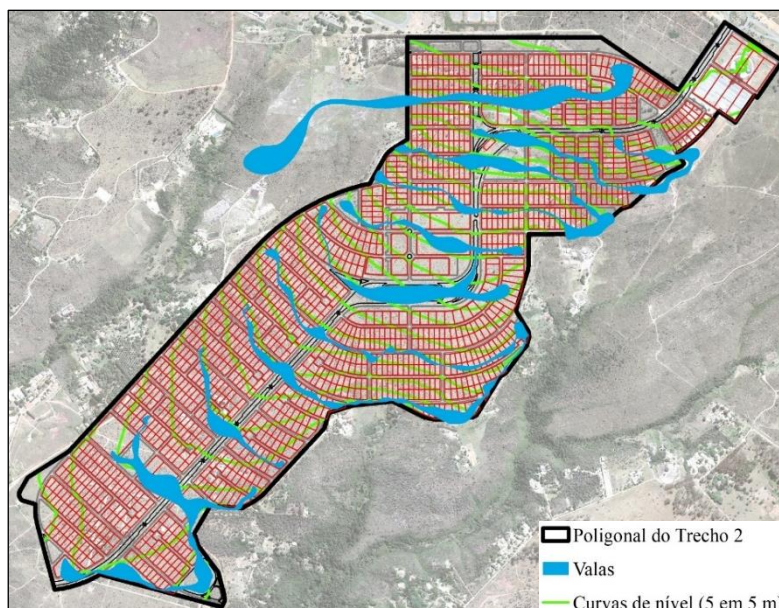


Figura 4 - Alocação das valas de infiltração em cima do projeto de urbanismo.

Ao total, as 12 valas alocadas na proposta e ocupam 28,3 hectares, o que equivale a cerca de 12% da área da poligonal do trecho. As valas coletam a água de escoamento da área de contribuição imediatamente à montante de cada uma e maioria delas tem caimento para as duas vertentes do terreno. A profundidade máxima adotada para todas foi de 1 metro.

### Modelagem hidrológica

A modelagem hidrológica da área de estudo foi feita com o modelo *Storm Water Management Model* (SWMM), dentro do ambiente do programa PCSWMM. Foram realizadas simulações com série de precipitações contínua para três cenários: de pré-desenvolvimento (que corresponde ao atual), de ocupação com rede convencional projetada e, por fim, de ocupação com solução de baixo impacto. Os últimos dois cenários consideraram a condição futura do trecho totalmente ocupado.

O método de cálculo da infiltração no modelo foi o método da Curva Número (método SCS) e a onda dinâmica foi utilizada para representar hidraulicamente o escoamento. Para obter as entradas do modelo para o cenário de pré-desenvolvimento, gerou-se o modelo digital do terreno, que foi utilizado para delimitar as sub-bacias naturais da área. Os demais cenários já possuíam as sub-bacias definidas, então requereram somente a inserção de todos os dados do projeto da rede de drenagem e da proposta de solução alternativa, assim como a definição do CN de cada sub-bacia, que foi feita com a ponderação das classes do uso e ocupação do solo. A Figura 5 ilustra as sub-bacias e seus respectivos coeficientes CN e a Tabela 1 indica os valores de CN para as classes utilizadas no cálculo, devendo-se mencionar que o CN adotado para o terreno natural foi o correspondente à cobertura de campos permanentes esparsos e para a condição de ocupação as demais classes foram utilizadas.

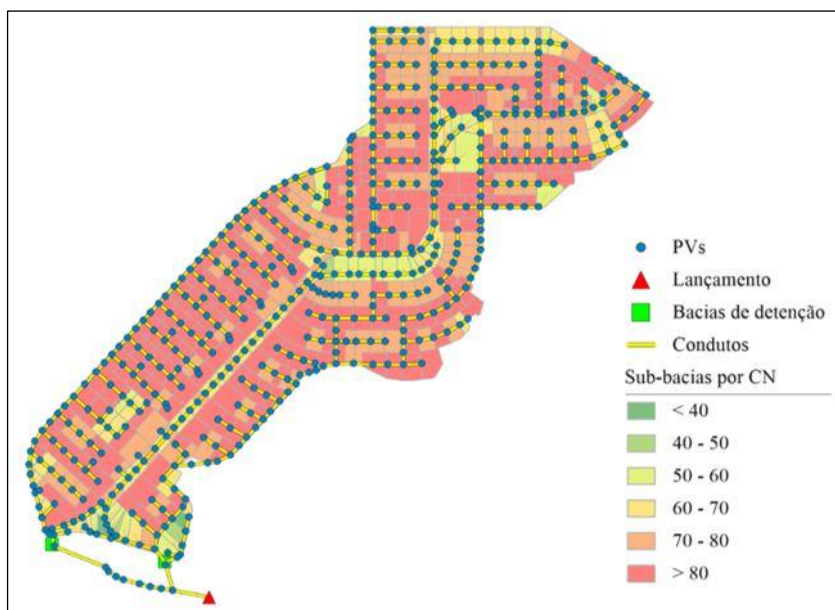


Tabela 1 - Valores de CN  
(Tucci, 2007, adaptado).

Classe	CN
Campos permanentes	45
Espaços abertos	39
Áreas residenciais	77
Áreas comerciais	89
Ruas e calçadas	98

Figura 5 - Representação das sub-bacias em relação ao CN.

No cenário com solução de baixo impacto, foi utilizado o dispositivo LID correspondente à vala vegetada dentro do modelo. Cada vala da proposta foi considerada como um dispositivo e uma sub-bacia independente. Em relação aos parâmetros construtivos das valas, adotou-se: 1 metro para altura máxima; volume de vegetação nulo; 0,15 como coeficiente de rugosidade da superfície, indicando revestimento de grama; talude de 1:3 (relação vertical:horizontal); e inclinação de fundo muito baixa, de 0,001%, uma vez que elas seguem as curvas de nível.

A modelagem de base contínua requer ainda registros reais de precipitação durante um longo período de tempo. Dessa forma, buscaram-se séries de precipitação que não tivessem falhas em diferentes estações de monitoramento pluviométrico. A série escolhida foi a obtida pelo pluviógrafo instalado na Universidade de Brasília, que possuía o registro de precipitações de 2013 a 2016 ininterruptamente com medições num intervalo de 5 minutos. Assim, 3 anos hidrológicos foram utilizados para a simulação de base contínua, de 2013 a 2016, considerando que os anos hidrológicos iniciam-se em outubro e terminam em setembro no DF.

Com base em dados históricos de precipitação anual no DF, os anos hidrológicos estudados foram caracterizados quanto à sua recorrência. Tendo em vista que a média de precipitação anual encontrada foi de 1.504 mm, o ano hidrológico de out/2013-set/2014 foi considerado o mais chuvoso, com 1.581 mm de lâmina de precipitação total, e obteve tempo de retorno de 2,7 anos. O ano de out/2014-set/2015 teve precipitação total de 1.271 mm e o de out/2015-set/2016 foi o de menor precipitação anual, com 926 mm. Portanto, os dois últimos anos hidrológicos obtiveram tempo de retorno menor do que 2 anos.

Na modelagem de base contínua a evaporação se torna um processo importante de ser considerado no balanço de água, pois o período simulado é longo e possui diversos eventos com intervalos entre eles. Dentre as formas de considerar a evaporação no modelo SWMM, optou-se pelo cálculo a partir das temperaturas mínima e máxima diárias. A série temporal de temperaturas foi obtida da estação climatológica automática da Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília.

## RESULTADOS

A simulação para o cenário de pré-desenvolvimento mostrou que, para as precipitações da série utilizada, não houve geração de escoamento. Isso se deve à abstração inicial da água retida nas depressões da superfície, que depende da retenção potencial do solo e foi calculada para cada sub-bacia. No caso da condição de pré-desenvolvimento, como o terreno está em sua condição natural, a retenção de água na superfície é grande e, pelos parâmetros adotados, pode se dizer que a superfície é capaz de reter toda a lâmina precipitada. No entanto, dessa lâmina total, na média dos três anos, 95,6% foi infiltrada enquanto os 4,4% restantes corresponderam à evaporação.



Já para o cenário da rede projetada, encontrou-se que, em média, 65,3% da lâmina de precipitação total anual correspondeu à infiltração e 20,6% à evaporação. Os 14,1% restantes foram responsáveis pelo volume lançado na saída do sistema, havendo, portanto, escoamento superficial.

Nesse cenário, o ano de out/2013-set/2014 foi o de menor infiltração em percentual da lâmina precipitada, com 55,5%, enquanto o ano de out/2014-set/2015 obteve maior infiltração, de 73,2% da lâmina de precipitação total anual. Comparando o cenário de rede projetada e de pré-desenvolvimento quanto à infiltração, observa-se que o ano de out/2014-set/2015 foi o que mais se aproximou da infiltração natural em termos percentuais, repondo 76,3% da infiltração em relação à condição antes da ocupação (930 mm de infiltração no cenário de rede projetada contra 1.219 mm no cenário de pré-desenvolvimento). A reposição de infiltração em comparação à natural para o ano de out/2013-set/2014 foi de 58,1%, com 877 mm no cenário de rede projetada e 1.508 mm no cenário de pré-desenvolvimento, enquanto no ano de out/2015-set/2016 a reposição foi de 70,6%, sendo 623 mm infiltrados no cenário de rede projetada e 884 mm no cenário de pré-desenvolvimento.

Em relação ao escoamento superficial gerado, observou-se que mais de 98% dele chegou ao exutório da área nos três anos de precipitação simulados, sendo muito pequena a parcela perdida pelos processos de infiltração e evaporação durante a ocorrência do escoamento. O maior valor de vazão de lançamento encontrado na saída das bacias de retenção foi de 7,2 m<sup>3</sup>/s em um evento do ano de out/2013-set/2014, valor que excede em 32% a vazão de pré-desenvolvimento para a área de 5,45 m<sup>3</sup>/s calculada pela regulação e definida como limite de lançamento. Outros dois eventos nesse ano excederam a vazão de lançamento regulada, enquanto os anos de out/2014-set/2015 e out/2015-set/2016 só apresentaram um evento que se aproximou ou pouco ultrapassou a vazão de pré-desenvolvimento cada (vazões próximas de 5,5 m<sup>3</sup>/s).

No último cenário simulado, com solução de baixo impacto (valas), na média entre os três anos, 91,7% da lâmina de precipitação total anual infiltrou, 5,6% evaporou e 2,7% foi lançada para fora do sistema na forma de escoamento. O ano mais chuvoso, out/2013-set/2014, gerou novamente a menor infiltração em percentual da lâmina precipitada, chegando a infiltrar 90,9%, enquanto nos anos de out/2014-set/2015 e out/2015-set/2016 pouco mais de 92% da lâmina de precipitação total anual foi infiltrada. Em relação ao cenário de pré-desenvolvimento, de acordo com os resultados da simulação, mais de 95% da infiltração natural foi atingida nos três anos com a adoção da solução proposta.

O escoamento no cenário de valas não foi totalmente convertido em lançamento no exutório da área devido ao fato de que ele ocorreu mais lentamente por influência da solução adotada. Realizando a média entre os três anos, os resultados mostraram que somente um pouco mais da metade do escoamento gerado chegou até o exutório para ser lançado. A maior vazão obtida no lançamento nos três anos simulados foi de 0,39 m<sup>3</sup>/s, ocorrida no ano de out/2015-set/2016.

Os gráficos das Figuras 6, 7 e 8 ilustram a distribuição das parcelas de cada processo em percentual da lâmina precipitada para cada ano hidrológico nos três cenários de simulação.

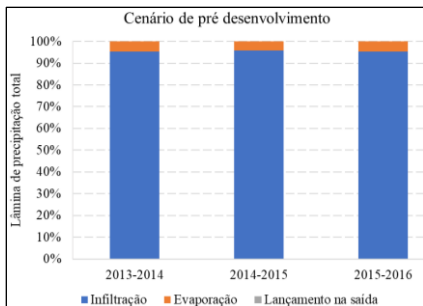


Figura 6 - Porcentagens da precipitação total correspondentes aos processos hidrológicos estudados para o cenário de pré-desenvolvimento.

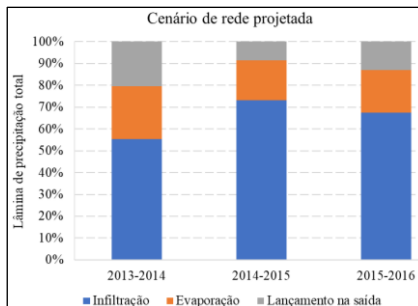


Figura 7 - Porcentagens da precipitação total correspondentes aos processos hidrológicos estudados para o cenário de rede projetada.

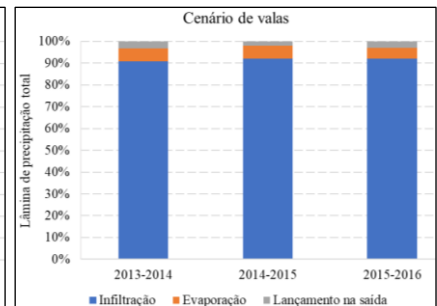


Figura 8 - Porcentagens da precipitação total correspondentes aos processos hidrológicos estudados para o cenário de valas.

Entre os cenários de rede projetada e de valas foi possível observar a redução do volume de lançamento na saída do sistema com a adoção de solução de baixo impacto. Essa redução variou a cada ano, sendo que em out/2013-set/2014, o volume total lançado foi reduzido de 784.200 m<sup>3</sup> no cenário de rede projetada para 111.200 m<sup>3</sup> no cenário de valas. No ano de out/2014-set/2015 a redução foi de 262.000 m<sup>3</sup> para 58.010 m<sup>3</sup> e em out/2015-set/2016, de 290.400 m<sup>3</sup> para 58.320 m<sup>3</sup>. A máxima vazão de lançamento também foi reduzida em todos os anos na ordem de mais de 90%. Houve ainda o aumento na infiltração no cenário de valas em relação ao de rede projetada. O aumento no ano de out/2013-set/2014 foi de 877 mm infiltrados no cenário de rede projetada para 1.437 mm no cenário de valas. A infiltração entre tais cenários aumentou ainda de 930 mm para 1.171 mm no ano de out/2014-set/2015 e de 623 mm para 852 mm em out/2015-set/2016.

Por fim, as valas se mostraram superdimensionadas, pois da profundidade máxima disponível de 1 metro, menos de 30 cm foram ocupados em todas as valas, sendo a maior lâmina de água encontrada em uma vala igual a 27,9 cm. Dessa forma, a profundidade máxima das valas pode ser reduzida ou, alternativamente, é possível a redução da área superficial ocupada por elas.

Na Figura 9 é possível visualizar a tendência do comportamento hidrológico para os três cenários analisados. O cenário das valas possui destaque na infiltração, alcançando valores próximos aos do cenário de pré-desenvolvimento nesse processo, enquanto o cenário da rede projetada apresenta escoamento superficial e vazões de lançamento muito mais elevadas do que os demais cenários, mesmo com a presença de bacias de detenção. Na Tabela 2, duas comparações são feitas em termos dos processos hidrológicos: uma mostra a influência da urbanização com a rede de drenagem projetada para a área de estudo em relação à condição de pré-desenvolvimento e outra a utilização de valas em relação à rede projetada. O escoamento na simulação de pré-desenvolvimento foi nulo, então comparou-se somente as vazões máximas lançadas à vazão calculada pela regulação.



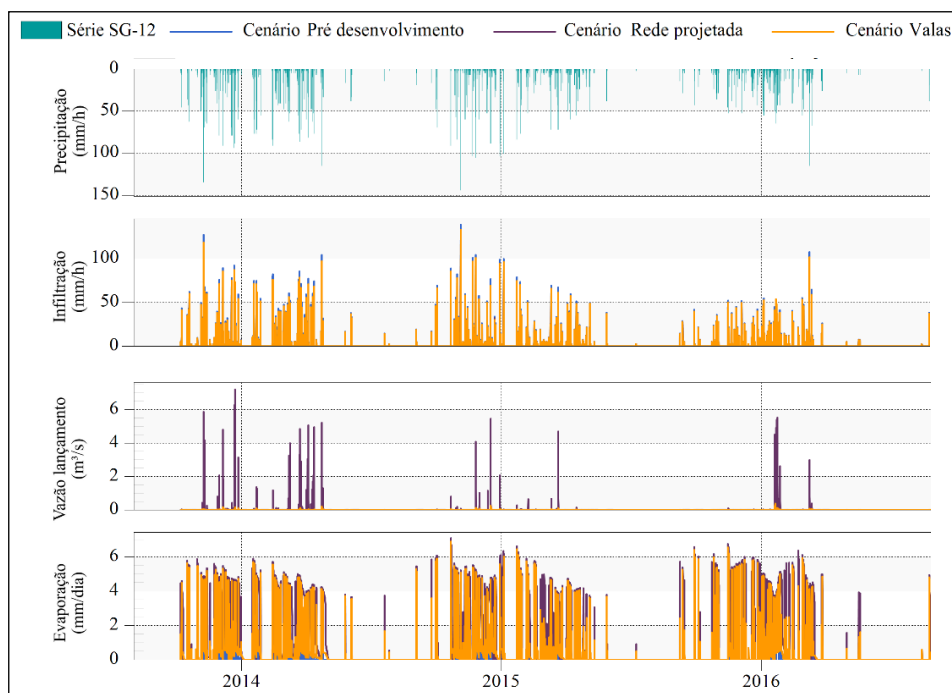


Figura 9 - Comportamento dos processos hidrológicos nos cenários estudados para a série de precipitações.

Tabela 2 - Resumo comparativo dos cenários de pré-desenvolvimento e rede projetada e de rede projetada e valas.

	Rede projetada em relação ao pré-desenvolvimento			Valas em relação à rede projetada		
	out/2013-set/2014	out/2014-set/2015	out/2015-set/2016	out/2013-set/2014	out/2014-set/2015	out/2015-set/2016
Infiltração	↓42%	↓24%	↓29%	↑ 64%	↑ 26%	↑ 37%
Volume de escoamento	-	-	-	↓ 74%	↓ 51%	↓ 65 %
Volume de lançamento final	-	-	-	↓ 86%	↓ 78%	↓ 80%
Vazão máxima de lançamento	↑32%*	↑0%*	↑1%*	↓ 97%	↓ 95%	↓ 93%

\* Valores em comparação à vazão máxima de lançamento determinada pela regulação, não à simulada, que foi nula.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem hidrológica de base contínua exige um alto esforço computacional e depende da existência de longas séries de dados. No entanto, esse tipo de modelagem é muito importante para analisar o balanço hídrico a longo prazo e o desempenho hidrológico de cenários alternativos de manejo de águas pluviais. O modelo SWMM se mostrou adequado para simular os processos hidráulicos e hidrológicos da área em questão e da rede de drenagem projetada, apresentando como vantagem a possibilidade de modelagem de dispositivos LID, sendo utilizadas as valas vegetadas.

Para o Trecho 2 da Etapa 1 do Setor Habitacional Taquari, os resultados mostraram benefícios no ciclo hidrológico a longo prazo quando usada solução de baixo impacto em comparação à implantação da rede de drenagem convencional. De acordo com as simulações realizadas, as valas

são capazes de mitigar impactos nos processos hidrológicos causados pela ocupação urbana, o que não é levado em consideração pelos sistemas convencionais de drenagem urbana. No cenário com solução de baixo impacto ocorreu o aumento da infiltração até valores bem próximos à de pré-desenvolvimento e a diminuição substancial do lançamento final em relação ao cenário de rede projetada. A maior influência da adoção das valas foi demonstrada no ano mais chuvoso, o que ressalta a aplicabilidade dessa solução até nos anos de precipitação acima da média.

A adoção de soluções de baixo impacto em novos conjuntos habitacionais pode contribuir na redução do escoamento superficial, sendo importante incorporá-las a planos diretores. No entanto, a implantação de LIDs deve levar em consideração diversos aspectos, desde urbanísticos até hidrológicos, sendo necessários estudos técnicos e econômicos para evitar altos custos, o sub ou superdimensionamento e atestar a validade das técnicas. Apesar da limitação de representação, espaço para investigações mais aprofundadas e falta de calibração do modelo para a área estudada, o uso de modelo se mostrou uma ferramenta útil para auxiliar na avaliação do comportamento hidrológico e hidráulico de soluções LID.

## REFERÊNCIAS

- CAMUZI V.T.M.; COSTA M.E.L.; SCHLEICHER A.T.; DA COSTA J.; KOIDE S. (2019) “*Modelling Study on the Impacts of BMPs at Riacho Fundo (Brasília, Brazil)*” in New Trends in Urban Drainage Modelling. UDM 2018. Green Energy and Technology. Ed. por Mannina G., Springer, Cham, pp. 120-125.
- FILENI, F.; COSTA, M.E.L.; ALVES, C.M.A. (2017). “*Modelagem da drenagem urbana - aplicação de técnicas de drenagem sustentável em quatro sub-bacias na região administrativa de Ceilândia-DF*” in Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, Nov. 2017.
- GONÇALVES, M.S.; COSTA, M.E.L.; GOMES, L.N.L.; MINOTI, R.T. (2018). “*Modelagem do telhado verde como técnica de desenvolvimento urbano de baixo impacto no Distrito Federal*” in Anais do XII Encontro Nacional de Águas Urbanas, Maceió, Nov. 2018.
- JAMES, W.; ROSSMAN, L.E.; JAMES, W.R.C. (2010). *User’s Guide to SWMM 5*. 13<sup>a</sup> ed, CHI, Canadá, 905 p.
- LAWRENCE, A.I.; MARSALEK, J.; ELLIS, J.B.; URBONAS, B. (2010) “*Stormwater detention & BMPs*”. Journal of Hydraulic Research 34 (6), pp. 799–813.
- ROSSMAN, L.A.; HUBER, W.C. (2016) Storm Water Management Model Reference Manual Volume I – Hydrology. USEPA, Estados Unidos, 231 p.
- SILVA, T.J.B.; COSTA, M.E.L.; ALVES, C.M.A. (2017). “*Avaliação da eficiência de bacias de retenção - Setor Habitacional Taquari - DF*” in Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, Nov. 2017.
- TUCCI, C.E.M. (2007). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4<sup>a</sup> ed, ABRH, Porto Alegre - RS, 943 p.

**AGRADECIMENTOS** - Ao grupo de pesquisa Água e Ambiente Construído da FAU/UnB pela disponibilização do projeto de alocação das valas; à Chi Water pela licença do programa PCSWMM.