

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Simulação de tecnologias LID em lotes urbanos para controle de escoamento superficial

Bruno Espinosa Tejadas¹, Iporã Brito Possantti² & Guilherme Marques³

RESUMO – A densa ocupação em centros urbanos e consequente elevado índice de impermeabilização afetam diretamente o ciclo hidrológico ocasionando problemas de drenagem urbana. Com a utilização de tecnologias LID é possível minimizar os efeitos negativos oriundos de um elevado deste problema, característica marcante de grandes centros urbanos. O presente estudo buscou simular, com o uso do modelo SWMM, os efeitos da implantação de controles LID aplicados em lotes urbanos. Para isso, baseou-se em dados espaciais atualizados a fim de identificar os perfis de ocupação do solo, o percentual de área impermeabilizada e número de lotes urbanos existentes na área de estudo. Tais informações serviram de base para estimar um número fidedigno de unidades LID a serem instaladas bem como o percentual de área impermeável que cada técnica iria tratar. Como resultado, obteve-se reduções entre 9 e 30% do pico de vazão do hidrograma, considerando a utilização tanto de soluções isoladas como de forma integrada. Já, ao considerar o volume total escoado, a redução obtida variou entre 10 a 29% tendo assim um potencial significativo de diminuição dos efeitos da precipitação simulada. Com isso, tanto as técnicas LID como a metodologia de avaliação dos processos hidrológicos mostraram-se interessantes para o processo de planejamento urbano e no auxílio da tomada de decisão.

ABSTRACT– The dense occupation in urban centers and consequent high waterproofing index affect directly the hydrologic cycle causing urban drainage problems. With the use of LID technologies it is possible to minimize the negative effects resulting from this problem, a striking feature of large urban centers. The present study sought to simulate the effects of the implementation of LID controls applied in urban lots using the SWMM model. Thereunto, it was based on updated spatial data in order to identify the profiles of land occupation, the percentage of waterproofed area and number of urban lots in the study area. Such information served as a basis for estimating a reliable number of LID units to be installed as well as the percentage of impervious area that each technique would treat. As a result, reductions were obtained from 6 to 24% of the hydrograph flow peak considering the use of isolated and integrated solutions. When considering the total volume drained, the reduction obtained ranged from 13 to 38%, thus having a significant potential for decreasing the effects of simulated precipitation. Therefore, both the LID techniques and the methodology of evaluation of the hydrological processes were shown to be interesting for the urban planning process and the aid of decision making.

Palavras-Chave – *Low Impact Development*, controle de drenagem no lote, planejamento urbano

¹) Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, 91501-970. Fone 3308-6662. E-mail: bruno_tejadas@hotmail.com

²) Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, 91501-970. Fone 3308-6662. E-mail: possantti@gmail.com

³) Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, 91501-970. Fone 3308-9570. E-mail: guilherme.marques@ufrgs.br

LID – CONTROLE DA DRENAGEM NO LOTE URBANO

O avanço do interesse por medidas sustentáveis no manejo de águas pluviais urbanas conduziu ao surgimento do conceito de tecnologias LID (*Low Impact Development*) como uma possível alternativa frente aos problemas decorrentes tanto da qualidade dos recursos hídricos quanto reestruturação da dinâmica hidrológica. Tal tecnologia visa aproximar-se do comportamento hidrológico natural em situações de tratamento e controle do escoamento superficial na escala do lote urbano (SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012).

A abordagem de desenvolvimento de baixo impacto (LID) segue as premissas de: a) adoção de projetos que respeitem as características singulares dos ambientes naturais; b) favorecer processos hidrológicos que reproduzam um hidrograma semelhante ao observado antes de qualquer desenvolvimento (PRINCE GEORGE COUNTY, 1999a). A recuperação e prestação desses serviços ecossistêmicos representam um avanço considerável quando comparadas às consequências das abordagens convencionais de drenagem urbana tanto no processo de melhoria da qualidade ambiental quanto na minimização de efeitos negativos propagados a jusante (SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012).

Em certo sentido, a abordagem LID pode ser separada em um viés de prevenção, atuando no planejamento e ordenamento territorial urbano, e um lado mitigatório na escala do lote, buscando minimizar os impactos negativos da urbanização (Figura 1). Ao fim, seu apelo pode ser resumido na alegada redução de custos em obras públicas de mitigação dos impactos hidrológicos da urbanização, tanto impedindo os impactos de ocorrerem pela via do planejamento territorial quanto internalizando esse ônus para os lotes privados geradores desse impacto.

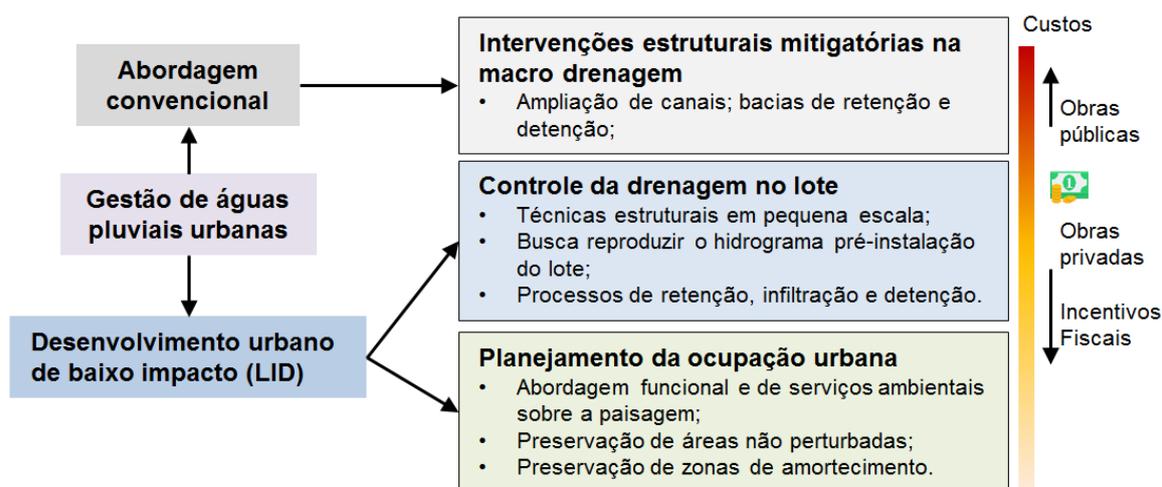


Figura 1 – Esquemática das diferenças entre abordagens convencionais e abordagens LID.

Portanto, o presente estudo objetiva explorar as tecnologias LID no âmbito da modelagem a nível de planejamento. Nossa proposta metodológica passa pelo desenvolvimento de um modelo de

cobertura do solo urbano orientado para as tecnologias LID. Adiante, os resultados desse modelo de cobertura do solo são adequados ao modelo hidrológico SWMM para que o impacto de diferentes tecnologias LID possa ser estimado tanto em termos tanto de redução do pico de vazão quanto de volume exportados. Nosso estudo de caso enfocou uma bacia urbana de 35 hectares nas cabeceiras do Arroio Areia, em Porto Alegre, região que hoje é alvo de intervenções estruturais na macro drenagem.

TECNOLOGIAS LID PARA O LOTE URBANO

Trincheiras de infiltração

As trincheiras de infiltração são valas escavadas e preenchidas com material granular, que permitem o armazenamento da água proveniente da chuva e posterior infiltração da mesma no solo. Além disso, são revestidas com manta geotêxtil para impedir a entrada de material fino no sistema e evitar o processo de contaminação das águas subterrâneas (SOUZA, 2002). O mesmo autor divide as trincheiras de infiltração em duas classes com diferentes comportamentos quanto à saída de água dos dispositivos, onde a trincheira de infiltração total só viabiliza a saída da água por meio da infiltração no solo e a trincheira de infiltração parcial possibilita que parte da água retida na estrutura seja encaminhada para rede de drenagem.

Podendo receber o aporte direto de água superficial ou através do direcionamento das estruturas de drenagem convencional, a trincheira de infiltração apresenta diversos benefícios hidrológicos e ambientais. Tais benefícios são a (1) infiltração da água pluvial, (2) a diminuição do escoamento superficial, (3) o aumento da vida útil das estruturas de drenagem a jusante além do ganho paisagístico, (4) melhoria da qualidade da água pluvial e (5) potencial de recarga dos aquíferos subterrâneos (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

Pavimentos porosos

Com o intuito de controlar o processo de geração de escoamento superficial, proveniente da densa impermeabilização em zonas urbanas, mais especificamente no sistema viário desenvolveu-se a tecnologia dos pavimentos porosos ou pavimentos permeáveis (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Os pavimentos permeáveis são superfícies escavadas, preenchidas com material permeável e pavimentadas com concreto poroso, asfalto poroso ou elementos vazados (LENHS, 2010).

A atuação dos pavimentos permeáveis como ferramenta LID se dá pela percolação da água da chuva no solo, conforme taxa de infiltração do mesmo, após a infiltração do líquido pelo leito preenchido com material permeável. Segundo Araújo, Tucci e Goldenfum (2000) a utilização deste

sistema causam benefícios para a drenagem urbana local como a (1) redução dos volumes de escoamento superficial, (2) das vazões de pico, (3) dos impactos na qualidade da água e (4) dos sedimentos. Segundo os mesmos autores, o funcionamento do dispositivo se dá pela infiltração rápida da água no revestimento poroso, seguindo da passagem por filtro composto de agregado e, por fim, passando por uma câmara ou reservatório de pedras. Cabe ressaltar que o escoamento da água na porção final do instrumento poderá se dar por infiltração no solo ou por coleta de tubulações de drenagem, direcionando o fluxo para um exutório.

Cisternas de água de chuva

Para Tucci (1997), as cisternas de água de chuva são dispositivos caracterizados como medidas de controle de escoamento na fonte, impactando o hidrograma da bacia hidrográfica por meio da diminuição do pico de vazão e distribuição da mesma no tempo. Segundo o mesmo autor, os benefícios da adoção desta técnica consistem na viabilidade de usos como (1) abastecimento de água, (2) irrigação de plantas, (3) lavagens diversas e, como já mencionado, (4) amortecimento do escoamento superficial. De forma simplificada, LENHS (2010) define cisternas como dispositivos capazes de coletar a água da chuva, escoada de tetos de casas ou edifícios, permitindo sua utilização posterior.

MODELAGEM DO IMPACTO DAS TECNOLOGIAS LID

Modelo de cobertura do solo urbano orientado para LID

Conforme já colocado, as tecnologias LID operam idealmente na escala de lote urbano. Essa característica levanta uma dificuldade adicional para a modelagem de seu desempenho em nível de planejamento, pois se faz necessário a existência de dados realistas sobre a disponibilidade de área dentro dos lotes urbanos para sua instalação. Portanto, as classes de uso e cobertura do solo precisam fornecer insumos para a compreensão do arranjo dos espaços privados e o quanto esses espaços representam em área na bacia urbana. No caso de trincheiras de infiltração e pavimentos porosos, por exemplo, é necessária a quantificação da área de pátios privados em lotes que não são ocupados por edificações. Já para as cisternas a lógica é inversa: a área coberta por edificações (ou seja, os telhados) precisa ser quantificada tendo em vista que essa é a área a ser tratada por essa tecnologia.

No presente caso, foi desenvolvido um modelo de cobertura do solo urbano de forma a quantificar as áreas disponíveis para cisternas, trincheiras de infiltração e pavimentos permeáveis. Em outras palavras, o modelo de cobertura foi orientado para as tecnologias LID. O modelo de cobertura foi concebido com cinco classes: (1) pátios privados em lotes, (2) edificações em lotes,

(3) praças públicas, (4) passeios públicos e (5) vias públicas. Em termos hidrológicos, os pátios e edificações em lotes, assim como as vias públicas, foram consideradas 100% impermeáveis. Por outro lado, as praças foram consideradas 100% permeáveis. Por fim, 50% da área do passeio público foi tida como impermeável (sendo, por consequência, os outro 50% permeáveis).

Esse modelo foi aplicado para uma bacia urbana de 35 hectares na cabeceira da bacia do Arroio Areia, em Porto Alegre. Esse riacho urbano de Porto Alegre é alvo de um plano de intervenções estruturais compensatórias na drenagem dado seu recorrente impacto negativo na comunidade de jusante. Operações em ambiente SIG permitiram a aplicação do modelo, sendo insumo do processo dados georreferenciados do cadastro municipal de eixos de vias, praças, lotes e edificações (OBSERVA POA, 2019), com adequações por vetorização em tela quando necessário. A Figura 2 apresenta os resultados de aplicação do modelo.

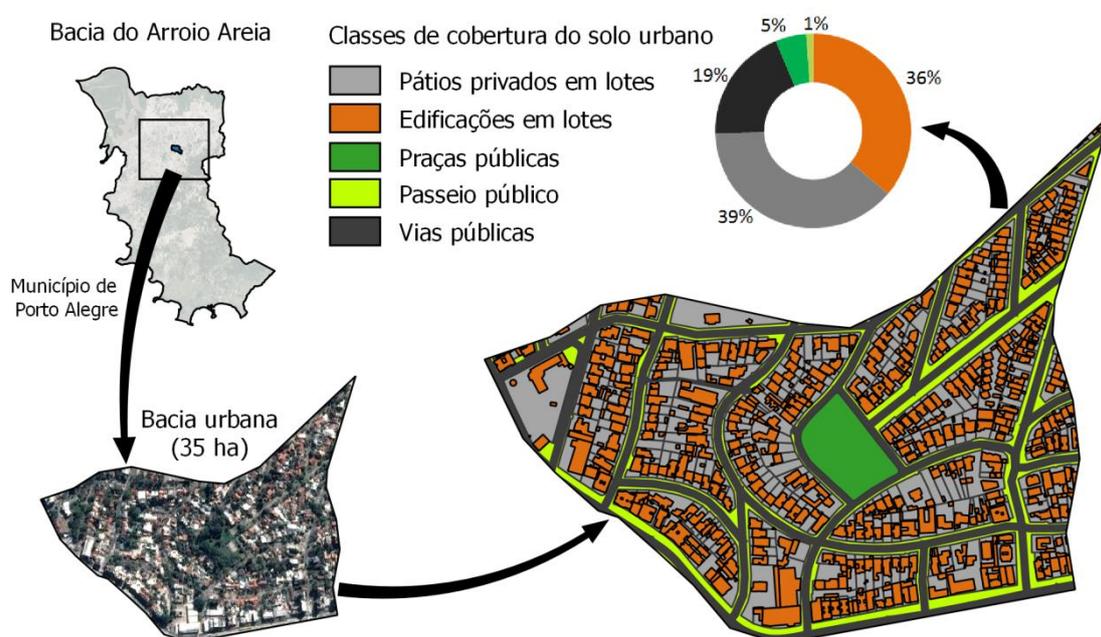


Figura 2 – Modelo de cobertura do solo urbano orientado para as tecnologias LID.

Simulação hidrológica com o modelo SWMM

No presente estudo, foram analisadas cinco simulações de comportamento de uma bacia urbana em resposta a ação de tecnologias LID a fim de diminuição o escoamento superficial gerado por uma precipitação de projeto de 2 horas de duração e 5 anos de tempo de retorno. Os cenários avaliados foram os seguintes: Cenário 0, nenhuma técnica adotada; Cenário 1, utilização de cisterna para tratamento do escoamento gerado pelas edificações em lotes; Cenário 2, utilização de pavimento permeável para tratamento do escoamento gerado nos pátios privados em lote; Cenário 3, utilização de trincheira de infiltração com o mesmo objetivo do cenário 2; e Cenário 4, utilização

das três técnicas propostas onde as cisternas tratam o escoamento de edificações e pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração tratam porções igualitárias dos pátios em lotes.

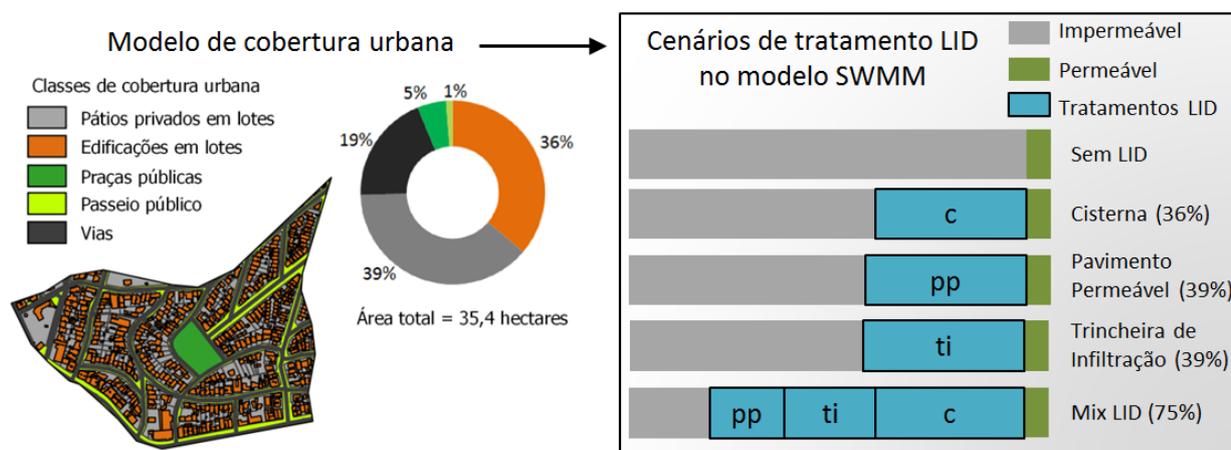


Figura 3 – Percentual de área impermeável tratada nos diferentes cenários.

A modelagem dos dispositivos LID no *software* SWMM considera características tanto da estrutura em questão quanto do solo sobre o qual a mesma atuará. Tais características são representadas por parâmetros subdivididos no que denomina-se camadas, sendo elas: superfície, pavimento, armazenamento e dreno profundo. A Tabela 1 apresenta os parâmetros considerados para a representação dos três dispositivos propostos.

Camadas	Parâmetros	Cisterna	Pavimento poroso	Trincheira de infiltração
Armazenamento	Altura (mm)	1.700	400	1.000
	Índice de vazios	-	0,35	0,57
	Taxa de filtração	-	2,55	2,55
	Fator de colmatção	-	0	0
Superfície	Profundidade de armazenamento	-	0	50
	Cobertura vegetal	-	0	0,1
	Rugosidade superficial	-	0,015	0,1
	Declividade superficial	-	2,0	1,0
Pavimento	Espessura	-	100	-
	Índice de vazios	-	0,57	-
	Superfície permeável	-	0,85	-
	Permeabilidade	-	100	-
	Fator de colmatção	-	0	-
Dreno profundo		Não considerado		

Tabela 1 – Parâmetros utilizados para modelagem das estruturas propostas.

Para a avaliação de mais de um tipo de dispositivo LID em uma mesma bacia hidrográfica, deve-se definir qual o percentual de área impermeável será tratado por cada tipo de dispositivo simulado, onde a Figura 3 apresenta os percentuais adotados e a Figura 4, a representação dessa informação no SWMM. Neste estudo, o número de unidades LIDs utilizadas na bacia urbana se deu pela quantidade de lotes existentes na área analisada. Além do número de estruturas, considerou-se

a área superficial de cada unidade para, em consequência, obter-se o percentual da área da bacia ocupada por essas estruturas. Por tratar-se simulações de múltiplas técnicas LID, o modelo considerada os controles atuando de forma paralela, onde a saída de um controle não pode ser ligada na entrada de outro.

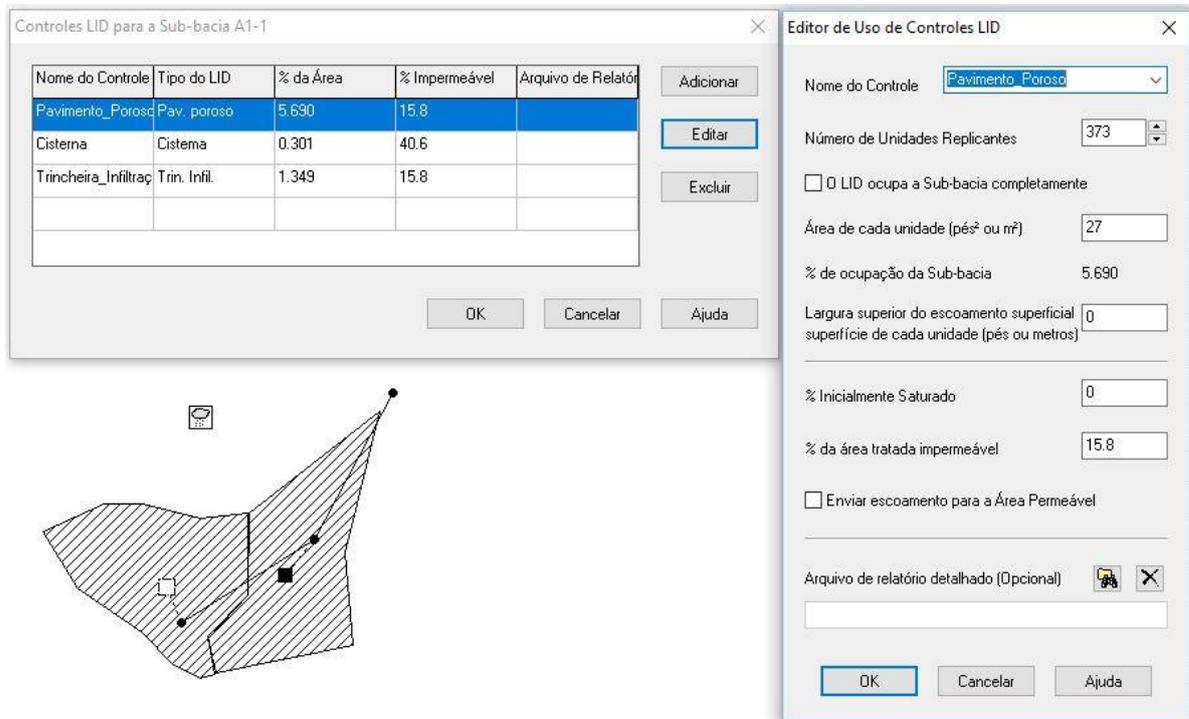


Figura 4 – Introdução dos controles LID no modelo SWMM.

Impactos das técnicas LID na hidrologia urbana

A Figura 5 apresenta o hidrograma gerado em cada uma das cinco simulações realizadas. De maneira geral é possível constatar que a implantação dos controles LID, até mesmo de forma individualizada, geram um amortecimento do volume escoado na área de estudo e diminuição do pico de vazão gerado pelo evento de precipitação.

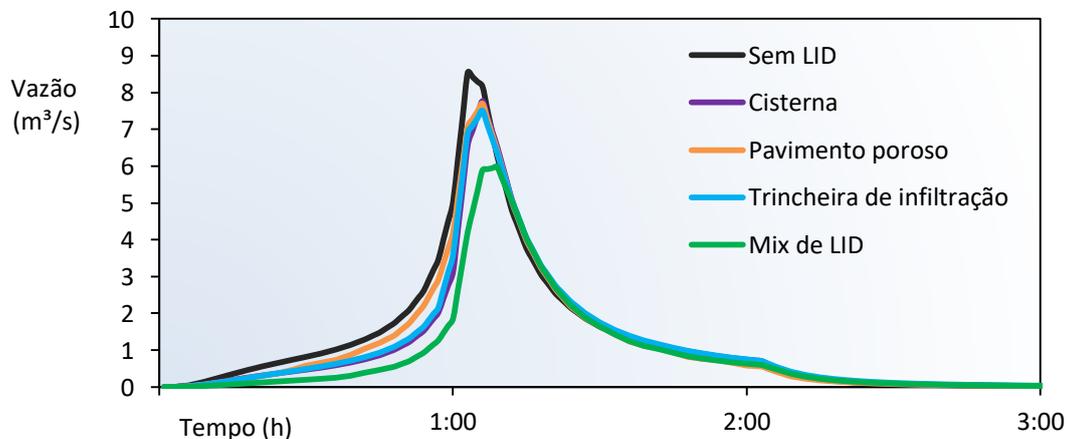


Figura 5 – Hidrogramas dos cenários modelados.

Na Figura 6 são apresentados quantitativamente os efeitos dos controles na redução tanto do pico do hidrograma quanto do volume total escoado. Neste sentido, observa-se reduções entre 9 e 12% do pico de vazão escoada com a utilização de técnicas isoladas e entre 10 e 13% no volume escoado nestas mesmas condições. Ainda, é possível constar uma redução mais significativa, 29%, no volume total escoado quando utilizadas as três técnicas simultaneamente e, 30%, no pico de vazão.

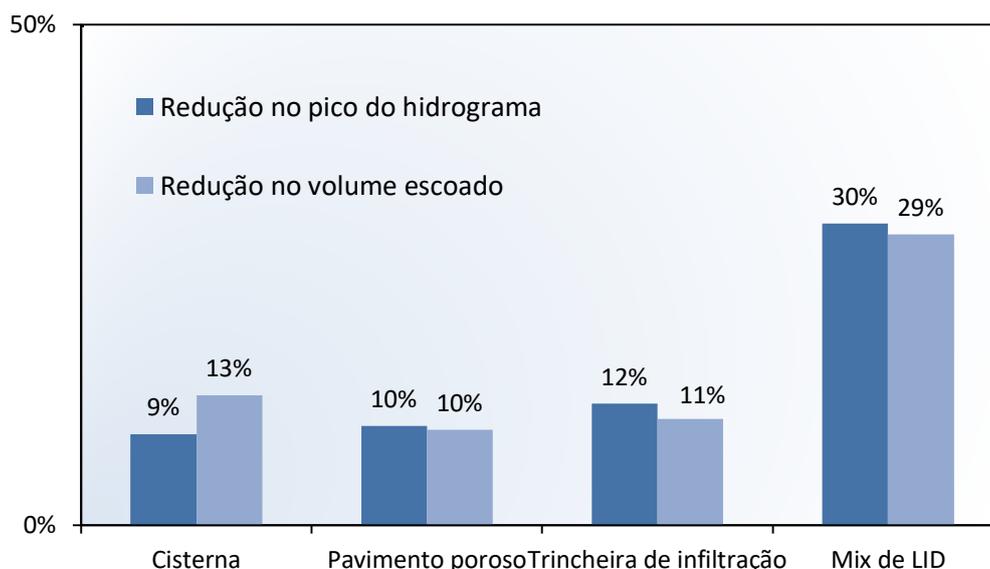


Figura 6 – Influência das técnicas LID no balanço hídrico, por cenário proposto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo SWMM mostrou-se eficaz na modelagem de bacias urbanas e simulação de desempenho de estruturas LID. A utilização de informações atualizadas quanto a ocupação do solo também representou um aspecto diferenciado na escolha de premissas a fim de tornar o processo de simulação mais realista. Neste sentido, considerar os pátios em lote privado como área 100% impermeável é uma suposição fiel às características de ocupação de grandes centros urbanos. Ainda, relacionar o número de lotes privados existentes para estimar o número de estruturas a serem implantadas mostra-se um recurso eficiente, evitando superestimação no montante de controles.

Por fim, os resultados gerados indicam que as estruturas mostraram-se eficientes, em maior ou menor grau, na minimização dos efeitos adversos do processo de impermeabilização do solo. Reduções no volume total escoado de até 13% com a utilização de somente uma técnica LID no lote mostram o potencial dessas medidas como alternativa para o controle da drenagem urbana e assim,

em situações onde os benefícios de cada técnica forem otimizados, serem incentivadas no processo de planejamento de desenvolvimento urbano.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos: ABRH*, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p.21-29, jul. 2000

BAPTISTA, Márcio; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie. Técnicas compensatórias de drenagem urbana. Porto Alegre. *ABRH*, 2005. 266 p.

LENHS – Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento. EPA SWWM 5.0: Manual do Usuário. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

OBSERVA POA. Geoprocessamento, arquivos e shapes. Disponível em:

< http://observapoa.com.br/default.php?reg=272&p_secao=46>. Acesso em: 10 mar. 2019.

PRINCE GEORGE'S COUNTY/DER - DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL RESOURCES. Low Impact Development Design Strategies: An Integrated Design Approach. Largo, MD, USA: Department of Environmental Resources, 1999a.

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

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração de escoamento superficial. 2002. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq e ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS.