

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS SUSTENTÁVEIS EM DRENAGEM URBANA NA REGIÃO DO LAGO NORTE/DF POR MEIO DE MODELAGEM HIDROLÓGICA-HIDRÁULICA**

*Anne Santos Araújo<sup>1</sup> ; Maria Elisa Leite Costa<sup>2</sup> & Sérgio Koide<sup>3</sup>*

**RESUMO** – O manejo das águas pluviais urbanas consiste em um dos grandes problemas de saneamento enfrentados pelo Brasil atualmente. A maioria dos sistemas de drenagem implementados foi concebida sob uma lógica tradicional e desatualizada. No entanto, observa-se como tendência mundial a aplicação de novos conceitos e tecnologias no manejo das águas pluviais, por meio da utilização das medidas de baixo impacto (LIDs). No presente trabalho foi feita a verificação do sistema de drenagem pluvial urbano implementado na região do Lago Norte-DF analisando quatro sub-bacias de aproximadamente 24 hectares cada. Foi simulado um cenário base, de modo a avaliar o funcionamento atual da rede, e dois cenários de comparação, propondo a implementação de medidas de baixo impacto, modelando eventos com tempo de retorno de 1 e 10 anos. A utilização de LIDs contribuiu para redução do volume total extravasado em poços de visita, chegando a eliminar totalmente os extravasamentos para chuva de 10 anos na sub-bacia com menor sobrecarga da rede. Porém a aplicação das medidas não foi suficiente para limitar o escoamento máximo à vazão específica determinada pela ADASA para novos empreendimentos. As LIDs chegaram a reduzir em até 63% a vazão específica e seria necessário reduzir em até 85% para alcançar o limite estabelecido.

**Palavras-Chave** – LIDs, SWMM, urbanização.

**ABSTRACT**– Urban stormwater management is one of the greatest sanitation problems faced by Brazil nowadays. Most of the drainage systems implemented were conceived following traditional and outdated concepts. However, there is a worldwide tendency to apply new concepts and technologies in stormwater management, by using low impact development measures (LIDs). In this paper, an analysis of the drainage system of Lago Norte-DF was carried out by analysing four subcatchments of approximately 24 hectares each. A base scenario was simulated to evaluate the the drainage network performance, and also two comparison scenarios, proposing the implementation of low impact development measures, by simulating events with TR of 1 and 10 years. The LIDs helped reduce the network overflows, even eliminating the overflow in a 10 year event for the subcatchment with less overloaded drainage network. However, the measures used were not enough to achieve the maximum specific flow established by the regulating agency (ADASA). The LIDs reduced in up to 63% the specific flowbut, to reach the limit required, it would be necessary to reduce it in at least 85%.

---

1) Graduada em Engenharia Ambiental/UnB, araujoanne95@gmail.com

2) Doutoranda do PTARH/UnB, mariaelisa@unb.br

3) Professor do PTARH/UnB, skoide@unb.br

## INTRODUÇÃO

O fenômeno da urbanização acarreta uma série de impactos que afetam tanto a qualidade do meio ambiente quanto a qualidade de vida da população. A ocorrência de inundações e alagamentos no meio urbano é um exemplo desses impactos negativos, que coloca em risco a vida das pessoas, atrapalha o trânsito e deteriora o meio urbano de maneira geral. Isso ocorre devido a uma das principais modificações que a urbanização impõe ao meio ambiente natural: a impermeabilização e transformação da superfície do solo, alterando drasticamente o ciclo natural da água.

Faz-se necessária a construção de sistemas de drenagem urbana, integrados ao planejamento urbanístico, de forma a mitigar e controlar os efeitos negativos que as chuvas podem ter sobre as cidades e sobre o meio ambiente. Esses efeitos vão desde a geração de grande volume de escoamento superficial, até problemas de erosão e carreamento de resíduos sólidos e de sedimentos para os corpos receptores. (ADASA, 2018).

A cidade de Brasília tem muitos problemas relacionados à drenagem urbana, verifica-se que a maioria dos sistemas de drenagem se encontram sobrecarregados, seja por subdimensionamento da rede já antiga, seja por causa da urbanização descontrolada em algumas regiões, com alterações indevidas no uso e ocupação do solo. Além disso, a concepção dos sistemas do Distrito Federal foi feita sob uma abordagem tradicional, vigente à época, buscando afastar o escoamento superficial da área urbana e despejar nos corpos hídricos o mais rápido possível (GDF, 2009).

Os sistemas de drenagem urbana devem ser planejados observando-se a bacia hidrográfica e com implementação de medidas sustentáveis de modo a aproveitar os benefícios que a precipitação pode trazer (Woods Ballard, B., *et al.*, 2015). Esses sistemas também devem considerar toda a dinâmica do saneamento, uma vez que sofrem influência direta ou influenciam os sistemas de tratamento de água, tratamento de esgoto e de coleta e disposição de resíduos sólidos.

Com base nas recomendações feitas pelo PDDU-DF (GDF, 2009), a Adasa publicou a resolução Nº. 09/2011, definindo a outorga para lançamento de águas pluviais no DF. Por meio desse instrumento, a agência cobra medidas preventivas de qualidade e quantidade de água, tanto aplicado a novas construções como a empreendimentos já implementados, que ficam obrigados a regularizar seu lançamento (Tucci, 2016).

A resolução (ADASA, 2011) limita a vazão que cada área pode transferir para a rede pública, em até 24,4 L/(s.ha), por meio da utilização de LIDs ou, pelo menos, estruturas de contenção e retardamento do lançamento. Dessa maneira, a regulamentação pretende induzir a manutenção das vazões de pré-desenvolvimento, garantindo as condições, tanto qualitativas quanto quantitativas, do corpo hídrico equivalentes às aquelas anteriores à ocupação do solo.

A simulação computacional dos fenômenos hidrológicos-hidráulicos tem sido uma ferramenta amplamente utilizada no estudo e na elaboração dos projetos de drenagem de águas pluviais urbanas. O SWMM é um modelo hidrológico-hidráulico utilizado principalmente para simulações em áreas urbanas. Por meio desse, é possível analisar o funcionamento de um sistema e simular a utilização de medidas compensatórias inseridas ao longo da área de drenagem. O PCSWMM é um programa, distribuído pela CHI Water, que utiliza o modelo SWMM, por meio de uma interface de fácil utilização e com recursos aprimorados.

Utilizando o programa PCSWMM, o presente trabalho faz uma análise da infraestrutura de drenagem de águas pluviais instalada em cinco sub-bacias delimitadas dentro da região administrativa do Lago Norte - DF. A partir de uma análise da situação atual e desempenho da rede implementada, observando as diretrizes dos instrumentos legais pertinentes e as pesquisas e novas tecnologias da literatura atual, foram propostas medidas compensatórias de modo a mitigar os efeitos da urbanização sobre o meio ambiente natural e urbano.

## METODOLOGIA

A região de estudo deste trabalho está inserida na Região Administrativa do Lago Norte, em Brasília-DF. Foram analisadas as redes de drenagem de quatro sub-bacias, mostradas no mapa da Figura 1.

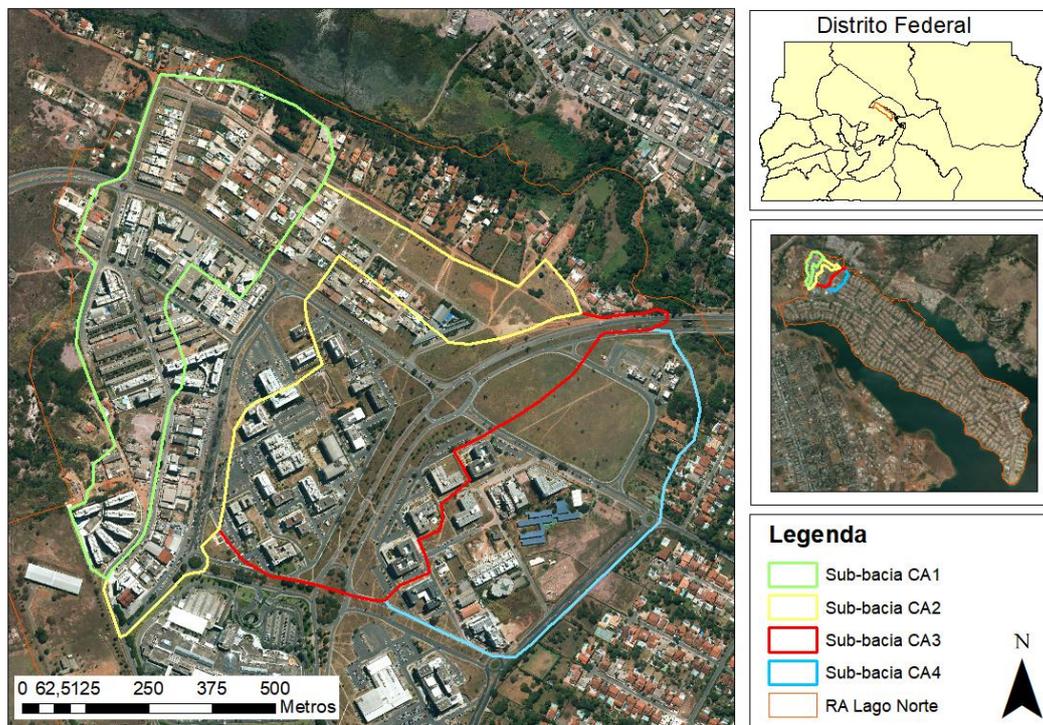


Figura 1 – Mapa das sub-bacias.

A região é urbanizada, porém possui lotes sem uso. As bacias CA1 e CA2 são caracterizadas pela predominância de áreas loteadas. Já as bacias CA3 e CA4 possuem grandes áreas de campos

abertos com grama ou mato, que ocupam a maior parte da superfície. A Figura 2 mostra o mapa de uso do solo das sub-bacias estudadas.



Figura 2 – Mapa de uso e ocupação de solo das sub-bacias.

A região é caracterizada por uma topografia homogênea, com declividades médias de até 4,5%. As sub-bacias estão próximas ao Lago Paranoá e ao Ribeirão do Torto, de modo que as redes de drenagem implementadas não possuem grandes extensões e há uma facilidade em se fazer os lançamentos finais nesses corpos hídricos. O Lago Paranoá possui grande capacidade de amortecimento de cheias pelo seu porte e características. O Ribeirão do Torto tem sua nascente no Parque Nacional de Brasília, desaguando no braço norte do Lago Paranoá. Os parâmetros de caracterização das sub-bacias estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de caracterização da rede de drenagem nas sub-bacias de análise.

Sub-bacias	Área (ha)	Declividade média da bacia	Extensão da rede (km)	Densidade da rede (km/km <sup>2</sup> )	Declividade média dos condutos
Bacia CA1	26,31	4,30%	1,96	7,46	3,92%
Bacia CA2	20,13	3,50%	1,98	9,82	3,71%
Bacia CA3	26,81	4,20%	2,39	8,92	3,79%
Bacia CA4	22,25	4,50%	1,54	6,91	6,62%

De acordo com a classificação da Embrapa (Reatto *et al.*, 2004), a região de estudo, é caracterizada como Área Urbana, onde a cobertura do solo já foi modificada a ponto de perder as características naturais. Para a finalidade deste trabalho, analisando os tipos de solo predominante na região, assumiu-se que o solo possui característica de Cambissolo.

Foi utilizada a IDF apresentada no PDDU-DF (GDF, 2009) para determinação da chuva de projeto, utilizando período de retorno de 10 anos, seguindo a recomendação do Plano Diretor de

Drenagem Urbana do Distrito Federal, e de 1 ano, de modo a avaliar a eficiência das medidas compensatórias para eventos frequentes.

A simulação foi feita para um cenário base, que consiste na situação atual de rede de drenagem implementada, e para dois cenários projetados, implementando técnicas sustentáveis de drenagem como medidas compensatórias, conforme descrito na Tabela 2. No cenário 1 foram utilizadas trincheiras de infiltração distribuídas nas sub-bacias e, no cenário 2, pavimentos permeáveis no lugar de pavimento asfaltado em parte das vias e estacionamentos. Tanto as trincheiras de infiltração quanto os pavimentos permeáveis foram alocados ao longo das vias de trânsito pavimentadas locais ou coletoras, caracterizadas pelo trânsito em velocidades mais baixas e voltadas para o acesso local, e nos estacionamentos abertos. No caso das trincheiras, essas seriam posicionadas nas laterais das vias, dimensionadas com uma largura fixa de 1 metro, conforme indicação do Manual de Drenagem da Adasa (ADASA, 2018).

Tabela 2 – Descrição dos cenários de simulação.

	Rede tradicional implementada	Trincheiras de infiltração	Pavimentos permeáveis
<b>Cenário base</b>	•		
<b>Cenário 1</b>	•	•	
<b>Cenário 2</b>	•		•

## RESULTADOS

A simulação da rede de drenagem implementada no CA apresentou bom desempenho, sem a apresentar pontos de extravasamento no evento com tempo de retorno de 1 ano. Na chuva de projeto com tempo de retorno igual a 10 anos, a rede teve 15 poços de visita com extravasamento, 9% do total, como mostra a Figura 3.

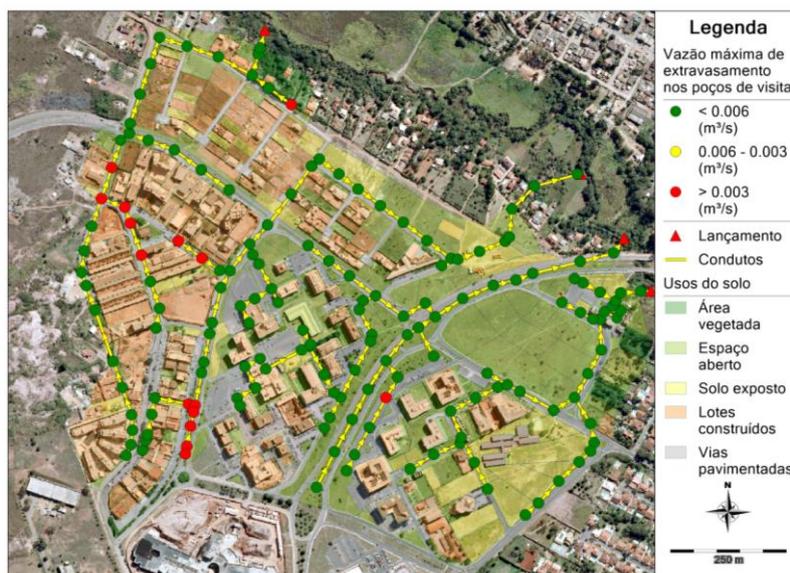


Figura 3 - Mapa da rede das sub-bacias com destaque para pontos com extravasamento na chuva de tempo de retorno de 10 anos no cenário base.

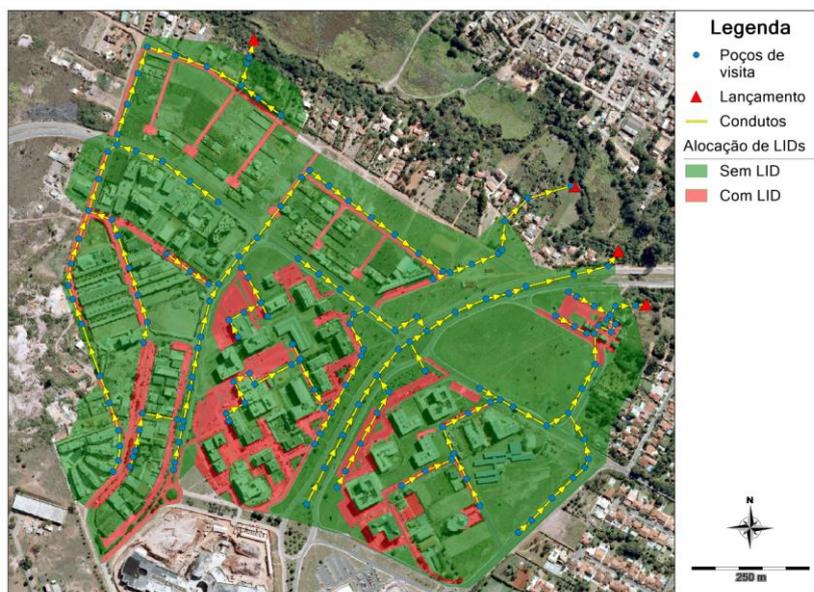


Figura 4 - Mapa com alocação das LIDs nas sub-bacias.

A Tabela 3 permite comparar o percentual da área superficial da sub-bacia ocupada por LIDs em cada cenário, bem como o volume de armazenamento das LIDs. Os pavimentos permeáveis possuem área e volume muito maior que as trincheiras de infiltração. Assim, é possível notar o desempenho superior do cenário 2.

Tabela 3 - Análise da área superficial ocupada e volume de armazenamento de cada tipo de LID.

Tipo de LID	Área ocupada por LIDs	Volume útil de armazenamento (m <sup>3</sup> )
Trincheiras de infiltração (cenário 1)	0,75%	4.359
Pavimentos permeáveis (cenário 2)	13,63%	41.488

A vazão específica verificada no exutório das sub-bacias para a chuva de tempo de retorno igual a 10 anos é alta quando comparada à vazão de 24,4 L/s/ha determinada pela Resolução 09/2011 da Adasa (ADASA, 2011). Com a inserção das LIDs observou-se uma diminuição da vazão específica gerada, como mostra a Tabela 4, porém ainda não foi possível alcançar o limite de 24,4 L/s/ha.

Tabela 4 - Vazão específica nos exutórios das sub-bacias do CA para cada cenário simulado com tempo de retorno de 10 anos.

		Vazão específica no exutório (L/s/ha)
CA 1	Cenário base	224
	Cenário 1	212
	Cenário 2	141
CA 2	Cenário base	202
	Cenário 1	185
	Cenário 2	109
CA 3	Cenário base	172

	<b>Cenário 1</b>	168
	<b>Cenário 2</b>	64
<b>CA 4</b>	<b>Cenário base</b>	155
	<b>Cenário 1</b>	144
	<b>Cenário 2</b>	87

A utilização das LIDs promoveu uma redução do volume de água extravasado, chegando a eliminar esse volume totalmente no cenário 2 para uma chuva de tempo de retorno igual a 10 anos, como mostra a Figura 5. A Tabela 5 mostra uma análise do percentual de redução de volume extravasado nas sub-bacias do na chuva com tempo de retorno de 10 anos.

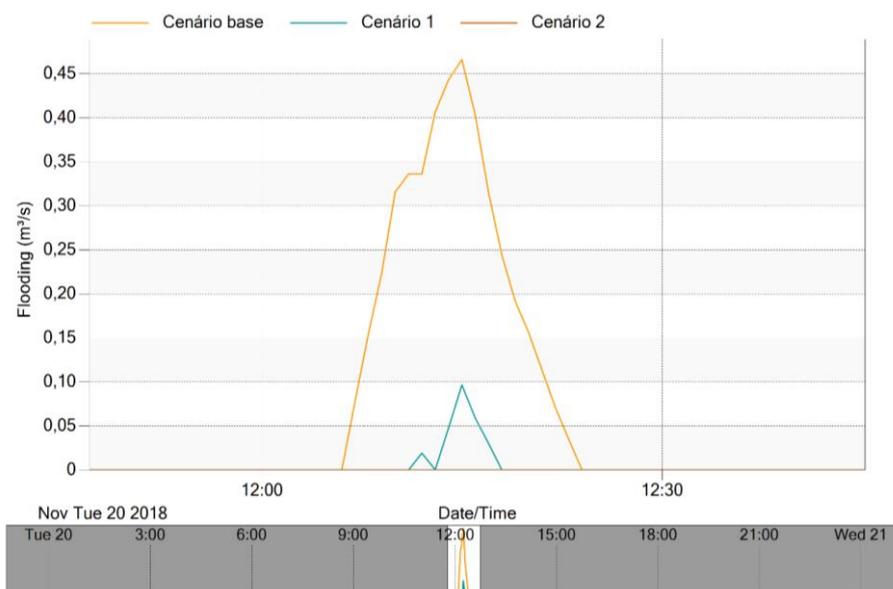


Figura 5 - Gráfico da vazão de extravasamento para os três cenários em uma chuva com tempo de retorno igual a 10 anos.

Tabela 5 - Gráfico da vazão de extravasamento para os três cenários em uma chuva com tempo de retorno igual a 10 anos.

		<b>Volume de extravasamento (m³)</b>	<b>Redução do volume de extravasamento (%)</b>
<b>TR=10</b>	<b>Cenário base</b>	257	-
	<b>Cenário 1</b>	14	94,6%
	<b>Cenário 2</b>	0	100,0%

As tabelas 6, 7 8 e 9 apresentam uma análise dos parâmetros vazão de pico e volume total escoado pelo exutório das sub-bacias CA1, CA2, CA3 e CA4 respectivamente.

Tabela 6 - Resultados da simulação no exutório da sub-bacia CA 1 para as chuvas de tempos de retorno igual a 1 e 10 anos, para os parâmetros: vazão de pico no exutório; volume total escoado no exutório.

		Vazão de pico (m <sup>3</sup> /s)	Redução na vazão de pico (%)	Volume exutório (m <sup>3</sup> )	Redução do volume no exutório (%)
TR=1	Cenário base	2,368	-	8512	-
	Cenário 1	1,634	31,0%	4061	52,3%
	Cenário 2	0,6964	70,6%	3763	55,8%
TR=10	Cenário base	5,172	-	16460	-
	Cenário 1	4,871	5,8%	10120	38,5%
	Cenário 2	3,358	35,1%	10970	33,4%

Tabela 7 - Resultados da simulação no exutório da sub-bacia CA 2 para as chuvas de tempos de retorno igual a 1 e 10 anos, para os parâmetros: vazão de pico no exutório; volume total escoado no exutório.

		Vazão de pico (m <sup>3</sup> /s)	Redução na vazão de pico (%)	Volume exutório (m <sup>3</sup> )	Redução do volume no exutório (%)
TR=1	Cenário base	2,127	-	7462	-
	Cenário 1	1,14	46,4%	3202	57,1%
	Cenário 2	0,5456	74,3%	2893	61,2%
TR=10	Cenário base	4,263	-	14310	-
	Cenário 1	3,915	8,2%	8464	40,9%
	Cenário 2	2,22	47,9%	7866	45,0%

Tabela 8 - Resultados da simulação no exutório da sub-bacia CA 3 para as chuvas de tempos de retorno igual a 1 e 10 anos, para os parâmetros: vazão de pico no exutório; volume total escoado no exutório.

		Vazão de pico (m <sup>3</sup> /s)	Redução na vazão de pico (%)	Volume exutório (m <sup>3</sup> )	Redução do volume no exutório (%)
TR=1	Cenário base	2,095	-	9230	-
	Cenário 1	1,454	30,6%	4763	48,4%
	Cenário 2	0,7531	64,1%	3192	65,4%
TR=10	Cenário base	4,471	-	17770	-
	Cenário 1	4,35	2,7%	11530	35,1%
	Cenário 2	1,653	63,0%	7593	57,3%

Tabela 9 - Resultados da simulação no exutório da sub-bacia CA 4 para as chuvas de tempos de retorno igual a 1 e 10 anos, para os parâmetros: vazão de pico no exutório; volume total escoado no exutório.

		Vazão de pico (m <sup>3</sup> /s)	Redução na vazão de pico (%)	Volume exutório (m <sup>3</sup> )	Redução do volume no exutório (%)
TR=1	Cenário base	1,415	-	6737	-
	Cenário 1	0,9949	29,7%	4067	39,6%
	Cenário 2	0,8122	42,6%	3841	43,0%
TR=10	Cenário base	3,342	-	13640	-
	Cenário 1	3,103	7,2%	9707	28,8%
	Cenário 2	1,886	43,6%	9010	33,9%

Em todos os cenários, houve uma grande redução do volume escoado e da vazão de pico com a utilização de LIDs. Os pavimentos permeáveis mostraram um desempenho melhor, o que se deve à cobertura das LIDs distribuídas na área. Como foi mostrado na Tabela 5.7, as trincheiras de infiltração ocupam apenas 0,75% da área das sub-bacias, enquanto que os pavimentos permeáveis ocupam quase 14%. A área de drenagem direcionada para as LIDs é a mesma, porém seria necessário fazer uma maior distribuição de trincheiras para que essas tivessem uma performance melhor. Por se tratarem de intervenções lineares que não podem ser distribuídas espacialmente de forma aleatória, há essa dificuldade de alocação das trincheiras de infiltração.

## CONCLUSÃO

A utilização de modelagem hidrológica-hidráulica pelo modelo SWMM mostrou que a utilização das medidas de baixo impacto (LIDs) nas sub-bacias analisadas da região do Lago Norte podem contribuir fortemente para a redução do volume total escoado para os corpos d'água naturais, porém não foram suficientes para manutenção da vazão específica desejada em nenhum dos cenários para a chuva com tempo de retorno igual a 10 anos, conforme requerido pela Adasa. Conclui-se que existe uma grande dificuldade em fazer a recuperação dessa vazão de pré urbanização uma vez que a área já sofreu grandes modificações, mesmo sendo uma área considerada de baixa densidade de ocupação.

Para o amortecimento da vazão de pico da situação analisada, caso a área não fosse vizinha ao Lago Paranoá, uma alternativa seria a implementação de medidas como a inserção de bacias de retenção/detecção. Esse tipo de medida tem um caráter mais forte de interferência na paisagem natural, necessitando-se reservar grandes áreas para sua construção, que poderiam ser pensadas de forma a integrar o projeto urbanístico. De fato, sabe-se que a implementação de medidas para

melhoria da qualidade das águas de drenagem são necessárias para manutenção da qualidade da água do Lago.

A Resolução nº 9/2011 da Adasa determina a vazão máxima de lançamento de águas pluviais em corpos hídricos do DF limitada a 24,4L/s/ha. No entanto, no presente trabalho é possível observar o quão distante é essa realidade para regiões já plenamente urbanizadas e com rede de drenagem implementada. A vazão específica gerada nas sub-bacias da região analisada é muito maior do que a vazão de pré-desenvolvimento determinada pela Adasa. Seriam necessários grandes investimentos e utilização de medidas estruturais e não estruturais, tais como a fiscalização sobre o uso e ocupação do solo conforme determinado nos planos diretores.

A drenagem e manejo de águas pluviais constitui-se em um problema complexo a ser tratado de maneira integral para que a população e o meio ambiente não sofram com seus impactos negativos. Sabe-se que após a urbanização de uma área e implementação de um sistema, é difícil recuperar as taxas de infiltração e retenção da água na bacia para que seja feita a manutenção da vazão da saída da mesma em níveis próximos da condição natural.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CHI pela concessão da licença de uso do PC-SWMM, à Novacap e ADASA pela cessão dos dados e informações sobre as redes.

## REFERÊNCIAS

- ADASA (2018). *Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal*. Edição revista e atualizada. Brasília, DF.
- ADASA (2011). *Resolução nº 9, de 8 de abril de 2011*. Estabelece os procedimentos gerais para requerimento e obtenção de outorga de lançamento de águas pluviais. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, 8 abr. 2011.
- GDF (2009). *Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal*. Brasília: Secretaria de Estado de Obras do DF, 2009.
- REATTO, A., et al. (2004). *Mapa Pedológico Digital – SIG Atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.
- TUCCI, C.E.M. (2016). “Regulamentação da drenagem urbana no Brasil”. REGA, v. 13, n. 1, p. 29-42.
- WOODS BALLARD, B., et al. (2015). *The SuDS Manual*. v. 5. Londres: CIRIA.