

Reconfigurando Espaços Urbanos: Avaliando o Impacto do SUDS em Áreas Impermeáveis do Parque Linear Rio de Oro, em Bucaramanga, para Redução de Inundações

Jose Mauricio Muñoz Bolívar¹ ; Fernanda Marques de Souza² ; Altair Rosa³ ; Juliana de Toledo Machado⁴ & Diego A. Guzmán⁵

RESUMO

As inundações constantes em bairros próximos ao Rio Oro tornaram-se um problema recorrente na área metropolitana de Bucaramanga (Colômbia), agravadas pela saturação das redes de esgoto pluvial com capacidade insuficiente para lidar com o excesso de escoamento superficial das bacias urbanas. Este artigo avalia o uso de Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS) dentro do Parque Linear do Rio Oro (PLRO) para prevenir a saturação de sua rede de águas pluviais, retendo o escoamento superficial. Esta análise foi conduzida utilizando o método SCS e o dimensionamento de tempestades pelo método simplificado INVIAS. Os resultados destacam uma redução significativa no pico de escoamento e na carga total de saída em até 81% e 66%, respectivamente, demonstrando que o uso de SUDS em parques é uma estratégia promissora para a gestão de águas pluviais.

Palavras-Chave – Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS); Mitigação de inundações; Parques urbanos.

ABSTRACT

The constant floods in neighborhoods near the Oro River have become a recurring issue in the metropolitan area of Bucaramanga (Colombia), exacerbated by the saturation of sewage networks with insufficient capacity to handle the excessive surface runoff from urban basins. This article focuses on evaluating the use of Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) within the Oro River Linear Park (PLRO) to prevent the saturation of its stormwater network by retaining surface runoff. This analysis was conducted using the SCS method and storm design by the simplified INVIAS method. The results highlight a significant reduction in peak runoff and total outflow load by up to 81% and 66%, respectively, demonstrating that the use of SUDS in parks is a promising strategy for stormwater management.

Key-words – Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS); Flood Mitigation; Urban Parks.

1) Programa de Pós graduação em Gestão Urbana – PPGTU - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Grupo de estudos em sustentabilidade urbana e ambiental (GESUA), Curitiba, Paraná, Brasil, e-mail: bolivar.jose@pucpr.edu.br

2) Programa de Pós graduação em Gestão Urbana – PPGTU - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Grupo de estudos em sustentabilidade urbana e ambiental (GESUA), Curitiba, Paraná, Brasil, e-mail: fernanda.souza3@pucpr.edu.br

3) Programa de Pós graduação em Gestão Urbana – PPGTU - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Grupo de estudos em sustentabilidade urbana e ambiental (GESUA), Curitiba, Paraná, Brasil, e-mail: altair.rosa@pucpr.br

4) Programa de Pós graduação em Gestão Urbana – PPGTU - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Grupo de estudos em sustentabilidade urbana e ambiental (GESUA), Curitiba, Paraná, Brasil, e-mail: julitoledomachado@gmail.com

5) Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Bucaramanga, Colombia,), Grupo de estudos em sustentabilidade urbana e ambiental (GESUA), e-mail: diego.guzman@upb.edu.co

INTRODUÇÃO

Uma das questões modernas mais importantes é o impacto da indústria da construção nas mudanças climáticas. Para reduzir os impactos socioambientais das mudanças climáticas, é necessário trabalhar em alternativas sustentáveis na construção, que permitam preparar as cidades, melhorar sua resiliência e adaptá-las aos riscos ambientais. Essa situação é especialmente grave na Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), localizada em Santander, Colômbia, onde o aumento da urbanização e o crescimento populacional geraram altas taxas de inundações em alguns bairros, afetando a qualidade de vida dos moradores (Trujillo Ocampo, 2021). O crescimento populacional reduz a cobertura vegetal e a capacidade de retenção do escoamento. A urbanização, ao aumentar a impermeabilização do solo, intensifica e acelera os picos de vazão, diminui a infiltração e reduz o fluxo base. Esse cenário se agrava com a expansão dos sistemas tradicionais de drenagem, que alteram ainda mais as propriedades do solo. Como mencionam Nájera e Upegui (2023), para conservar e/ou replicar o ciclo hidrológico natural, não dá para depender exclusivamente das redes de drenagem tradicionais; é importante reconfigurar o conceito de drenagem urbana por meio de estratégias de gestão do escoamento superficial, recuperação da permeabilidade do solo, melhoria da capacidade de infiltração e retenção do escoamento nas bacias urbanas. O controle de riscos climáticos por meio de soluções sustentáveis busca mitigar impactos como inundações urbanas. Essas técnicas de drenagem urbana sustentável aumentam a infiltração e o armazenamento da água da chuva, reduzindo picos de vazão e volumes de escoamento, aproximando o comportamento hidrológico às condições naturais pré-urbanização. Essas inovações são chamadas de Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS), também conhecidos como sistemas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) ou Melhores Práticas de Gestão (BMP).

Os parques urbanos tradicionais são, em geral, concebidos como áreas voltadas à proteção ambiental, conservação e lazer, integrando a paisagem urbana com funções predominantemente estéticas, como mirantes, vistas e áreas naturais. No entanto, essas características têm pouca conexão com o suporte à drenagem urbana e contribuem pouco para a mitigação de inundações. Em geral, os municípios não aproveitam plenamente o potencial dos parques urbanos para reter o escoamento superficial que, por serem áreas amplas e permeáveis, poderiam, com a integração de SUDS, contribuir significativamente para melhorar a drenagem urbana e reduzir inundações.

A ideia de planejar e construir parques voltados à sustentabilidade social e ambiental não é nova. Cranz e Boland (2004) demonstram isso ao explicar que já existem parques sustentáveis desenvolvidos desde a década de 1990. Esses parques têm como objetivo servir como instalações sustentáveis capazes de desempenhar funções ecológicas, além de serem lugares de interação social

e lazer. Embora relevante, o estudo dos autores não aprofunda o potencial dos parques como apoio à drenagem urbana, assim como faz Ramírez Cely (2018) em sua pesquisa realizada no Parque Metropolitano San Cristóbal Sul, em Bogotá, Colômbia. Nesse estudo, foram avaliados dois SUDS: a vala verde e a bacia seca de drenagem estendida (CSDE), e através de simulações com o programa WINSLAMM buscou-se determinar como esses sistemas influenciam na redução dos volumes de escoamento e na remoção de poluentes. Os resultados obtidos indicaram que a CSDE se concentra na redução do volume de escoamento, enquanto a vala verde é mais eficaz na remoção de partículas poluentes. Ambas as técnicas mostraram ser adaptáveis aos parques urbanos, pois aproveitam o espaço disponível e trazem benefícios na purificação e no armazenamento das águas pluviais. É neste cenário que se insere o presente estudo, no qual foram analisados SUDS aplicáveis a um parque urbano da AMB, especificamente o Parque Linear Rio de Ouro (PLRO), localizado em área com alta suscetibilidade a inundações. A avaliação foi realizada por meio de simulações no modelo EPA SWMM, permitindo estimar o escoamento superficial e o desempenho da rede de drenagem com e sem a implementação de SUDS. A análise baseou-se na comparação do funcionamento do sistema para eventos de chuva críticos, evidenciando a eficiência dos SUDS na redução das vazões de entrada e no aumento da infiltração.

ÁREA DE ESTUDO

O AMB é a principal área metropolitana de Santander, Colômbia, onde se localiza sua capital Bucaramanga. Esta região se caracteriza por ter zonas urbanas e rurais classificadas com um nível de ameaça muito alto para uma extensão de 39.000 km², nível alto para uma extensão de 564.000 km² e um nível médio de ameaça para 680.000 km² de extensão. Parte dessas áreas suscetíveis a inundações corresponde a espaços urbanos e viários. Destaca-se o município de Girón, um dos quatro que compõem o AMB, como o mais exposto a esse tipo de evento, uma vez que seu principal curso d'água, o Rio de Oro, apresenta elevada suscetibilidade à ocorrência de inundações fluviais, conforme Trujillo Ocampo (2021). O setor de estudo encontra-se em um bairro de Bucaramanga, chamado "Villas de San Ignacio", identificado pela revista Especiales Vanguardia (2022), como um dos principais bairros do AMB que apresentam risco de inundação. Esse risco de afetação de sua área varia entre 6% e 9%, tendo um impacto direto sobre os assentamentos irregulares presentes na zona de preservação do Rio de Oro. A localização exata do Parque Linear Rio de Ouro (PLRO) pode ser visualizada na figura 1. A área aproximada é de 3,7 hectares, e é sabido que o projeto possui caráter meramente social, sem aproveitamento para apoio ao sistema de drenagem urbana do bairro.

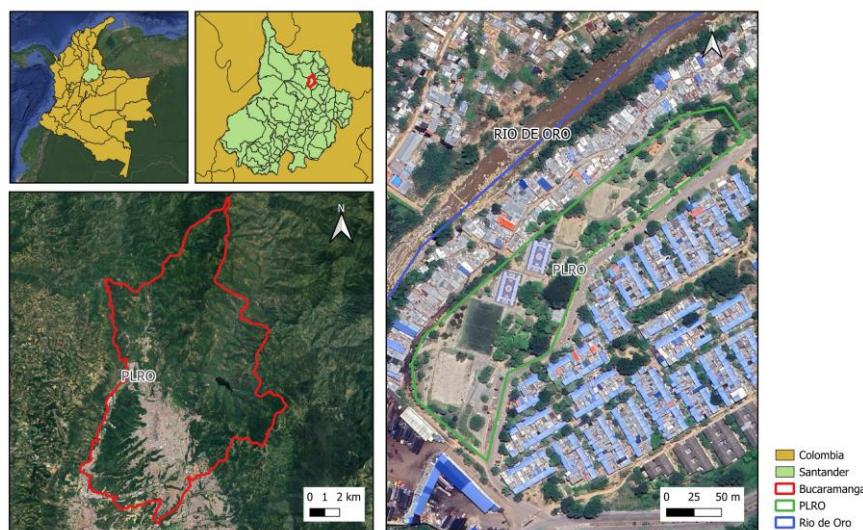


Figura 1 – Parque Lineal Rio de Oro (PLRO) – Mapa de localização do PLRO

MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolver esta pesquisa, foram simulados quatro modelos de gestão de águas pluviais do PLRO no EPA SWMM: ESCorig, ESC1, ESC2 e ESC3. Os resultados dessas simulações foram comparados com atenção especial às variações no escoamento superficial, na infiltração e nos valores de carga de saída encontrados em cada cenário. A diferença entre os cenários corresponde às diferentes taxas de implementação de SUDS e ao tipo de estrutura SUDS aplicada na simulação. O modelo base (ESCorig) representa a simulação da rede de drenagem sem a aplicação de SUDS, servindo como referência para comparar alterações no escoamento e na vazão de saída. O cenário ESC1 considera a implantação de células de biorretenção nas áreas verdes com declividade adequada, associadas a pavimentos permeáveis em superfícies impermeáveis compatíveis. O ESC2 segue lógica semelhante, porém com jardins de chuva nas áreas verdes. Já o ESC3 combina ambos os sistemas em proporção equilibrada (50/50), também integrando pavimentos permeáveis conforme as condições de declividade. EPA SWMM é um programa desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), projetado para a análise de sistemas de drenagem urbana e a avaliação do escoamento derivado de eventos de chuva, o qual considera tanto a resolução temporal quanto a espacial. A resolução temporal dos dados de precipitação corresponde a 200 minutos, de acordo com o estudo realizado por Allado Arguello e Fuentes Torres (2009), que estabeleceram o tempo mais prolongado de duração de tempestade crítica típica na AMB.

De acordo com Aziz et al. (2022), Os modelos no EPA SWMM consideram diferentes parâmetros das sub-bacias estabelecidas para o PLRO, como impermeabilização, inclinação e área. Os modelos projetados para cada cenário permitem a simulação de processos de chuva-vazão, examinando as sub-bacias e incorporando os dados de precipitação para gerar escoamento. Por outro lado, sua função de

análise hidráulica facilita o movimento do escoamento através da rede de tubulações, canais e saídas do sistema de drenagem. O EPA SWMM oferece a função de integração e avaliação de SUDS para a análise da variabilidade de infiltração, escoamento superficial e cargas de entrada na rede de drenagem. O padrão temporal estabelecido para o modelo EPA SWMM foi definido com base no hietograma da tempestade crítica, que tem como objetivo fazer com que os resultados de projeto coincidam com o comportamento real de uma tempestade, como menciona Sabbaghian et al. (2025). Finalmente, o padrão de tempestade crítica é obtido a partir da intensidade de chuva, a qual pode ser determinada por meio da equação de intensidade de chuva que, para a Colômbia, é estabelecida com base no método simplificado do INVIAS, o qual define um conjunto de quatro coeficientes hidrológicos relacionados com a região do país onde se encontra a área de estudo, neste caso é a região Andina, e depende da precipitação máxima diária a nível multianual. A equação e seus coeficientes são mostrados na equação 1. O padrão de tempestade crítica é mostrado na figura 2.

$$I = \frac{a * T^b * M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c} = \frac{0.94 * T^{0.18} * 71.48^{0.83}}{\left(\frac{t}{60}\right)^{0.66}} \quad (1)$$

Onde:

I: Intensidade de precipitação, em milímetros por hora (mm/h). T: Período de retorno, em anos.

M: Precipitação máxima média anual em 24 h a nível multinacional. t: Duração da chuva, em minutos (min). a, b, c, d: Parâmetros de ajuste da regressão (para a região Andina são respectivamente 0,94, 0,18, 0,66 e 0,83)

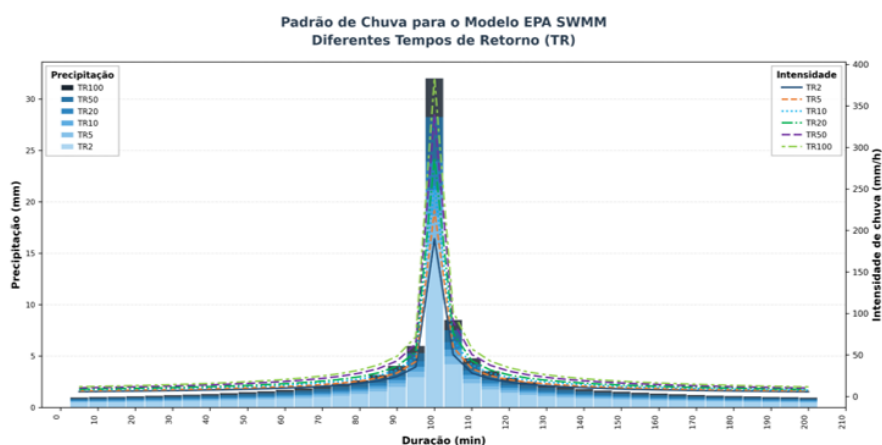


Figura 2 – Padrão de chuva crítica para o modelo EPA SWMM do PLRO

Para o desenvolvimento do modelo do PLRO no EPASWMM, estabeleceu-se o método de infiltração de Número de Curva (SCS) para estimar o escoamento. Os parâmetros de entrada para este método são o número de curva (NC) e o tempo que um solo completamente saturado leva para secar por completo; o NC é definido de acordo com o grupo hidrológico do solo, o qual se relaciona à sua condutividade hidráulica saturada e ao tipo de uso. Para o modelo do PLRO, estabeleceu-se que as

áreas impermeáveis, teriam um valor de número de curva de 98, de acordo com a recomendação do manual do usuário do EPA SWMM, e para as áreas verdes do parque, estabeleceu-se com a ajuda da classificação de grupos hidrológicos de ROSS et al. (2018), um valor de número de curva de 86.

Posteriormente, os SUDS foram dimensionados conforme os critérios do modelo, com base em revisão de estudos focados em pavimentos permeáveis, jardins de chuva e células de biorretenção, priorizando pesquisas aplicadas à América Latina ou compatíveis com a parametrização do EPA SWMM. Os estudos selecionados foram os realizados por Pava Jiménez (2020), Real Rojas (2021), Ekmekcioğlu et al. (2021), Ferrans y Temprano (2022), Aguirre Herrera y Anchiraico Giraldo (2020). Todos esses estudos apresentam propostas diferenciadas dos parâmetros dos SUDS, mediante os quais se estabeleceu o design mais otimizado a partir das melhores condições recomendadas para a composição estrutural das células de biorretenção, o jardim de chuva e o pavimento permeável.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo EPA SWMM desenvolvido para o PLRO, com base nos dados descritos anteriormente, compila as características espaciais do parque, a estrutura hidráulica da rede pluvial, os dados de CN para aplicar o método da SCS, os hietogramas de chuva crítica típica e os parâmetros de projeto dos SUDS, o resultado dessa compilação pode ser visualizado na figura 3.

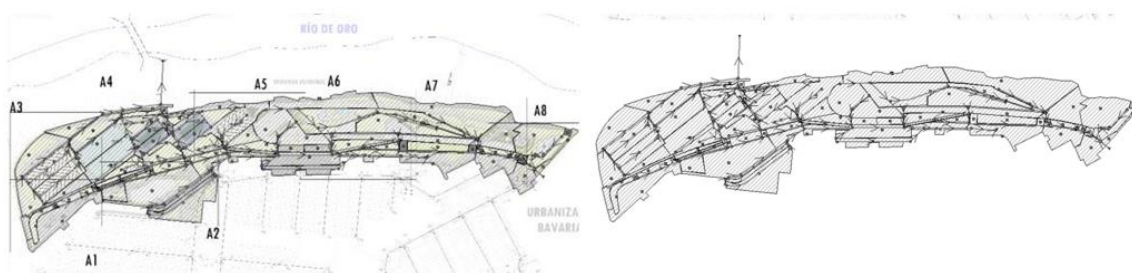


Figura 3 – Modelo EPA SWMM del PLRO

Para compreender como se estabeleceram as proporções de uso dos SUDS no PLRO para as simulações ESC1, ESC2 e ESC3, foram determinadas restrições sobre sua aplicação em relação às inclinações do terreno para as sub-bacias do PLRO, devido ao fato de que uma inclinação excessiva do terreno afeta diretamente o correto funcionamento dos SUDS. Como mencionam Woods-Ballard et al. (2007) e Martínez Acosta (2017), as inclinações máximas em que se podem usar os pavimentos permeáveis, as células de biorretenção e os jardins de chuva são, respectivamente, 5%, 6% e 10%.

Portanto a distribuição de integração dos SUDS foi restringida a essas condições, permitindo estabelecer uma proporção de usos para cada SUDS em cada simulação, como mostrado na tabela 1.

Tabela 1 – Proporção de SUDS aplicados pelo modelo EPASWMM em relação à área do PLRO

Cenário	SUDS	Área total PLRO (m ²)	Área sem restrição por inclinação do terreno para uso de SUDS (m ²)	% Área ocupada por el SUDS
ESC1	Pavimento permeável	36603.995	6646.69	18.16
	Célula de biorretenção		22297.16	60.91
ESC2	Pavimento permeável		6750.60	18.44
	Jardim de chuva		22297.16	60.91
ESC3	Pavimento permeável		6646.69	18.16
	Jardim de chuva		3427.25	9.36
	Célula de biorretenção		3323.26	9.08

Fonte: Os autores, 2026

Os resultados do modelo permitem identificar o desempenho do PLRO frente ao evento de tempestade crítica, obtendo resultados de taxa de infiltração, escoamento superficial, inundação e fluxo de saída. Através da integração de SUDS, o modelo mostra uma resposta diferente, em relação à mitigação de inundações no sistema de drenagem, retenção do escoamento superficial e uma melhor infiltração do solo. Esses resultados podem ser visualizados na figura 4.

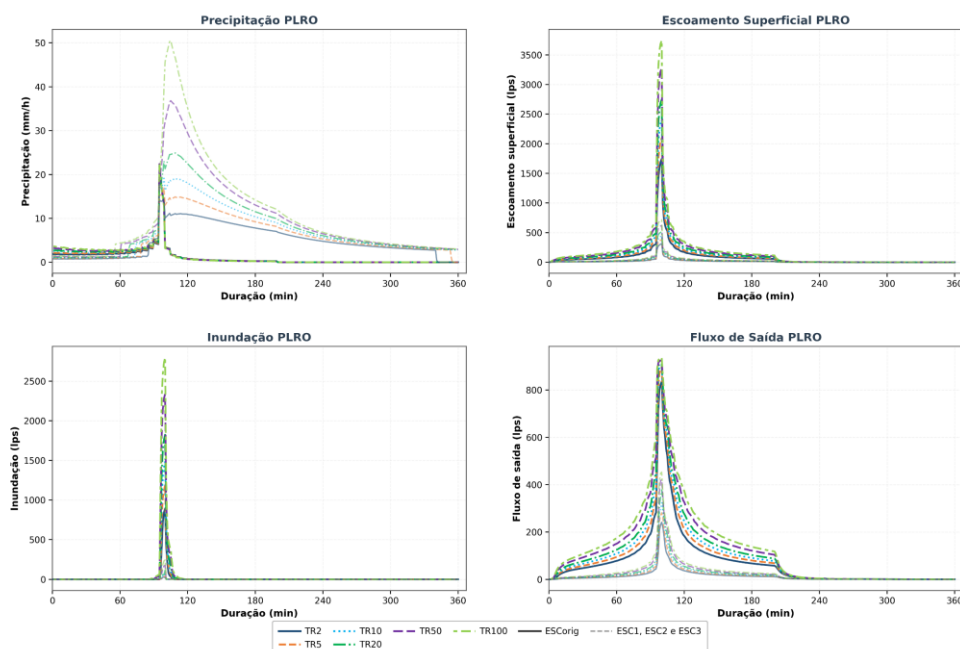


Figura 4 – Resultados de escoamento superficial, inundação, infiltração e fluxo de saída dos modelos EPA SWMM do PLRO

A implementação de SUDS nos cenários ESC1, ESC2 e ESC3 promoveu uma redução significativa dos impactos hidrológicos em comparação ao modelo base (ESCorig). O escoamento superficial apresentou diminuições consistentes nos picos, variando de cerca de 82% (TR2) a 81% (TR100), evidenciando alta eficiência mesmo em eventos extremos. As inundações também foram fortemente mitigadas, com reduções de até 97% (TR2), 95% (TR10) e 91% (TR100), indicando melhora no desempenho da rede e menor ocorrência de transbordamentos. No fluxo de saída, as reduções também foram expressivas, alcançando uma redução de 71.1% (TR2), embora ligeiramente menores em eventos mais intensos (51.7% no TR100), devido à limitação de capacidade dos SUDS sob chuvas extremas. Já a infiltração apresentou o maior ganho: enquanto o modelo original mostrou valores baixos (com picos máximos entre 20,49 e 22,41 mm/h), os cenários com SUDS alcançaram níveis muito superiores (picos de até 50,55 mm/h), demonstrando aumento significativo da capacidade de absorção do solo urbano. A análise comparativa dos cenários teve como objetivo identificar quais combinações de SUDS apresentam melhor desempenho frente a eventos extremos, permitindo definir as soluções mais adequadas para aplicação no PLRO. O pavimento permeável destaca-se como o elemento com maior capacidade de infiltração direta na fonte, apresentando elevada eficiência que aumenta conforme a intensidade do evento. Para um período de retorno de 2 anos (TR2), infiltra 86,28% do volume (100,66 mm de 116,67 mm), chegando a 92,50% no TR100 (218,22 mm de 235,92 mm). Esse desempenho demonstra que o sistema mantém alta capacidade de condução para camadas subsuperficiais mesmo em eventos extremos, reduzindo quase totalmente o escoamento superficial em sua área de atuação. As células de biorretenção, por sua vez, apresentam comportamento voltado à atenuação por meio do armazenamento temporário. Quando priorizam retenção, funcionam como reguladoras de vazão, aumentando significativamente o volume armazenado conforme cresce a intensidade das chuvas. No entanto, em configurações voltadas à infiltração, como no cenário ESC3, alcançam eficiência semelhante à dos pavimentos permeáveis (86,27% no TR2), evidenciando sua flexibilidade tanto para controle de picos quanto para aumento da infiltração. Já os jardins de chuva desempenham papel complementar, com resposta crescente à intensidade dos eventos. Sua eficiência de infiltração aumenta de 28,92% no TR2 para 54,19% no TR100, indicando maior atuação em situações críticas, quando o sistema de drenagem está mais sobrecarregado. Em conjunto, essas soluções permitem distribuir o escoamento entre infiltração e armazenamento, aumentando a resiliência hidrológica do sistema urbano frente a eventos extremos.

CONCLUSÕES

De forma resumida, o modelo de gestão de águas pluviais desenvolvido no EPA SWMM para o PLRO mostrou-se adequado para avaliar a aplicação de SUDS em parques urbanos. A modelagem

considerou eventos extremos (TR2 a TR100), características físicas da área e parâmetros hidrológicos, permitindo analisar infiltração, escoamento superficial e desempenho da rede de drenagem. A incorporação de SUDS resultou em melhorias significativas, com redução de até **82%** no escoamento superficial e diminuição das inundações entre **91% e 97%**. O maior ganho foi observado na infiltração, que passou de valores máximos originais de **20,49 mm/h** para até **50,55 mm/h** com a implementação de SUDS. Embora não exista um único SUDS ideal, a combinação de diferentes técnicas é a alternativa mais eficiente, uma vez que pavimentos permeáveis se destacam pela infiltração, células de biorretenção pela retenção de escoamento e jardins de chuva como complemento funcional. Por fim, o estudo evidencia que parques urbanos, quando não planejados com foco hidrológico, podem apresentar baixa permeabilidade e contribuir pouco para a drenagem. No entanto, quando integrados a SUDS, esses espaços podem desempenhar papel relevante na mitigação de inundações e na melhoria do desempenho urbano frente a eventos extremos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Município de Curitiba, por meio da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA), e à Associação Paranaense de Cultura (APC), pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa, no âmbito do Termo de Fomento nº 27.300, decorrente do Chamamento Público nº 003/2024 – SMMA.

Os autores agradecem à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo apoio à pesquisa, por meio do Convênio para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) nº 545/2025 (Protocolo nº PBA2025201000376), celebrado com a Associação Paranaense de Cultura (APC) para a execução do projeto "Soluções Baseadas na Natureza e o Planejamento Urbano: Simulação do Impacto na Drenagem Pluvial em Curitiba".

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à pesquisa, por meio do projeto "Benefícios da implementação de técnicas compensatórias na mitigação dos problemas causados pelas mudanças climáticas, através da gestão dos aspectos quali-quantitativos da drenagem urbana no Município de Curitiba – Paraná – Brasil" (Processo nº 406770/2022-0), contemplado na Chamada CNPq nº 59/2022 – Linha 5 – Projetos de Grupos de Pesquisa Emergentes, executado pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).

REFERÊNCIAS

AGUIRRE HERRERA, B. A.; ANCHIRAICO GIRALDO, M. L. (2020). *“Elaboración de un diseño óptimo de pavimento drenante de concreto y la utilización del software SWMM 5.1 para evaluar la efectividad en la reducción de la escorrentía superficial”*. Trabalho de bacharelado (Engenharia Civil) – Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.

ALLADO ARGUELLO, C. D.; FUENTES TORRES, L. J. (2009). *“Determinación de tormentas de diseño a partir de datos pluviográficos en zona media de la cuenca del río Frío”*. Trabalho de grau

(Graduação em Engenharia) – Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Bucaramanga.

AZIZ, MD. ABDULLAH; MONIRUZZAMAN, MD.; TRIPATHI, AKSHAR; HOSSAIN, MD. ISMAIL; AHMED, SALEH; RAHAMAN, KHAN RUBAYET; RAHMAN, FARHANA; AHMED, ROKIB. (2020). “*Delineating flood zones upon employing synthetic aperture data for the 2020 flood in Bangladesh*”. *Earth System Environment*, v. 6, p. 733-743, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41748-022-00295-0>.

CRANZ, G.; BOLAND, M. (2021). “*Defining the sustainable park: a fifth model for urban Parks*”. *Landscape Journal*, v. 23, n. 2, p. 102-120, 2004.

EKMEKCIOĞLU, Ö.; YILMAZ, M.; ÖZGER, M.; TOSUNOĞLU, F. (2021). “*Investigation of the low impact development strategies for highly urbanized area via auto-calibrated Storm Water Management Model (SWMM)*”. *Water Science and Technology*, v. 84, n. 9, p. 2194-2213.

FERRANS, P.; TEMPRANO, J. (2022). “*Continuous quantity and quality modeling for assessing the effect of SUDS: application on a conceptual urban drainage basin*”. *Environmental Processes*, v. 9, p. 58-84.

MARTÍNEZ ACOSTA, J. A. (2017). “*Metodología para determinar el potencial de implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en áreas residenciales, a partir de análisis de sistemas de información geográfica (SIG): caso de estudio Bogotá D.C., Colombia*”. Dissertação (Mestrado) – Universidad de los Andes, Bogotá.

PAVA JIMÉNEZ, A. (2020). “*Evaluación de sistemas urbanos de drenaje sostenible para mitigar los efectos de inundaciones pluviales en la cuenca Palogrande, ciudad de Manizales*”. Dissertação (Mestrado) – Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

RAMÍREZ CELY, P. M. (2018). “*Evaluación del desempeño de sistemas urbanos de drenaje sostenible: caso de estudio Parque Metropolitano San Cristóbal Sur. Bogotá*”. Dissertação (Mestrado) – Universidad de los Andes, Bogotá.

ROSS, C. W.; PRIHODKO, L.; ANCHANG, J. Y.; KUMAR, S. S.; JIN, W.; HINSCH, N. P. (2018). “*Global Hydrologic Soil Groups (HYSOGs250m) for Curve Number-Based Runoff Modeling*”. Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center (ORNL DAAC).

SABBAGHIAN, REZA JAVIDI; FERESHTEHPOUR, MOHAMMAD; HOSSEINABAD, MOHAMMAD REZA GOLI. (2025). “*Integrated hydrologic-economic modeling for urban flood risk mitigation using SWMM, HEC-RAS, and HAZUS: a case study of the Bronx River watershed, NYC*”. *Sustainable Water Resources Management*, v. 11, art. 97, 2025.

TRUJILLO OCAMPO, J. G. (2021). “*Análisis e identificación de zonas con alto riesgo de inundaciones en el Área Metropolitana de Bucaramanga*”. Trabalho de bacharelado (Engenharia Civil) - Universidad Militar Nueva Granada.

VANGUARDIA. (2020). “*Inundaciones en Bucaramanga y el área metropolitana*”. Especiales Vanguardia. Disponível em: <https://portales.vanguardia.com/especiales-vanguardia/contenido/inundaciones-en-Bucaramanga-y-el-area/>.

WOODS-BALLARD, B.; KELLAGER, R.; MARTIN, P.; JEFFERIES, C.; BRAY, R.; SHAFFER, P. (2007). The SuDS manual. London: CIRIA, 599 p.

ZAMBRANO NÁJERA, J.; VÉLEZ UPEGUI, J. J. (2023). Drenaje urbano en Colombia. Universidad Nacional de Colombia – Bogotá, 227 p.