

Levantamento e Análise de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável em Projetos de Arquitetura e Urbanismo

*Survey and Analysis of Sustainable Urban Drainage Systems in Architectural and Urban
Planning Projects*

*Levantamiento y Análisis de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible en Proyectos de
Arquitectura y Urbanismo*

Silvana Barbeitas Lourenço Rodrigues

Graduanda, UFRJ, Brasil.
silvana.rodrigues@fau.ufrj.br

Letícia Madeira Jardim

Graduanda, UFRJ, Brasil.
leticia.jardim@fau.ufrj.br

Fabiana Ferreira de Carvalho

Mestranda, UFRJ, Brasil.
fabiana.carvalho@fau.ufrj.br

João Paulo Rebechi Fraga

Mestrando, UFRJ, Brasil.
jpfraga@poli.ufrj.br

Matheus Martins de Souza

Professor Doutor, UFRJ, Brasil.
matheus@poli.ufrj.br

Aline Pires Veról

Professora Doutora, UFRJ, Brasil.
alineverol@fau.ufrj.br

RESUMO

Os impactos das inundações nas áreas urbanas geram diversos desafios que afetam os setores sociais, econômicos e sanitários, de maneira que é imprescindível criar cidades mais resilientes e sustentáveis. O Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) é uma abordagem integrada de manejo sustentável das águas pluviais correlacionada com o planejamento do espaço urbano agregada à visão tradicional do projeto de drenagem, que visa restabelecer os padrões hídricos do momento pré-urbanização. Este artigo tem como objetivo investigar as condicionantes urbanas e físicas de projetos que insiram Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) em tecidos urbanos consolidados. A pesquisa foi feita por meio do levantamento de casos de estudo nacionais e internacionais e da sistematização dos dados em formatos de fichas e tabelas. Os resultados obtidos indicam que é viável a implementação de SUDS em tecidos urbanos consolidados.

PALAVRAS-CHAVE: Cheias urbanas. Sistema de Drenagem Urbana Sustentável. Tecidos urbanos consolidados.

SUMMARY

The impacts of flooding in urban areas generate several challenges that affect the social, economic and health sectors, making it essential to create more resilient and sustainable cities. The Sustainable Urban Drainage System (SUDS) is an integrated approach to sustainable rainwater management correlated with urban space planning added to the traditional vision of drainage design, which aims to reestablish pre-urbanization water standards. This article aims to investigate the urban and physical constraints of projects that insert Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) into consolidated urban fabrics. The research was carried out by surveying national and international case studies and systematizing the data into forms and tables. The results obtained indicate that the implementation of SUDS in consolidated urban areas is viable.

KEYWORDS: Urban floods. Sustainable Urban Drainage System. Consolidated urban fabrics.

RESUMEN

Los impactos de las inundaciones en las zonas urbanas generan varios desafíos que afectan los sectores social, económico y de salud, por lo que es esencial crear ciudades más resilientes y sostenibles. El Sistema de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) es un enfoque integrado de gestión sostenible del agua de lluvia correlacionado con la planificación del espacio urbano sumado a la visión tradicional del diseño de drenaje, que apunta a restablecer los estándares hídricos previos a la urbanización. Este artículo tiene como objetivo investigar las limitaciones urbanas y físicas de proyectos que insertan Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) en tejidos urbanos consolidados. La investigación se llevó a cabo encuestando estudios de casos nacionales e internacionales y sistematizando los datos en formularios y tablas. Los resultados obtenidos indican que la implementación de SUDS en zonas urbanas consolidadas es viable.

PALABRAS CLAVE: Inundaciones urbanas. Sistema de Drenaje Urbano Sostenible. Tejidos urbanos consolidados.

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização das cidades baseado na impermeabilização excessiva do solo promoveu um ambiente urbano com baixa capacidade de manejo das águas pluviais e com episódios recorrentes de alagamentos e enchentes. No Brasil, no período entre 1946 e 2015, aproximadamente, 20 milhões de pessoas foram afetadas, 8 mil vidas foram perdidas e mais de 9 bilhões de dólares se somam em prejuízos causados pelas inundações, de acordo com dados de *The International Disaster Database* (EM-DAT,2022). Miguez et al. (2016) consideram o controle das cheias urbanas um dos principais desafios que as cidades precisam enfrentar atualmente.

De acordo com UN-HABITAT (2020) as cidades seguem crescendo e, portanto, é preciso que haja um planejamento urbano adequado para suportar as demandas atuais e futuras sem sobrecarregar a infraestrutura existente. Sob o ponto de vista conceitual, muitas vezes o planejamento urbano não considera adequadamente as limitações impostas pelo ambiente natural que abriga a cidade. Nesse contexto, a drenagem ocupa um papel fundamental na intermediação de demandas naturais e urbanas, em que o escoamento natural das inundações deve ser capaz de passar pela cidade, mantendo o funcionamento natural do ciclo hidrológico, mas permitindo também a continuidade do funcionamento saudável da cidade.

Como forma de mitigação dos impactos das inundações urbanas, a visão tradicional do projeto de drenagem vem sendo substituída por uma abordagem integrada de manejo sustentável das águas pluviais correlacionada com o planejamento do espaço urbano, observando também aspectos sociais e econômicos (CHAN et. al., 2018). Os sistemas de drenagem urbana sustentável (do inglês, *"Sustainable Urban Drainage Systems"* ou, simplesmente, SUDS) se baseiam na infiltração e retenção das águas pluviais perto da área de precipitação das mesmas, acarretando uma diminuição no volume de escoamento superficial, bem como o rearranjo temporal das vazões (CIRIA, 2015; FLETCHER, et. al., 2015). Os SUDS visam restabelecer os padrões hídricos do momento pré-urbanização por meio deste manejo das águas, reduzindo, assim, os alagamentos provocados pelo processo de urbanização (WSUD, 2008). As medidas podem ser inseridas desde o lote até cidades inteiras (FLETCHER et. al., 2015), integrando os recursos naturais à paisagem urbana (HOANG, 2016). Os projetos SUDS podem assumir diversos formatos e múltiplas funções, criando espaços de lazer, de jardins, praças e parques urbanos (FLETCHER et. al., 2015; HOANG, 2016).

Os SUDS também podem ser compreendidos pela visão da infraestrutura verde (IV), que busca a infiltração da água no solo para a redução da taxa de escoamento superficial, captação e armazenamento e reuso das águas pluviais (IPT, 2020). A IV proporciona o aumento de áreas verdes na cidade, que melhoram a qualidade do ar, atraem pássaros e outros animais, melhoram a qualidade de vida, entre outros, que compõem o rol de serviços ecossistêmicos (KULLER, 2017).

É possível ver esforços nacionais e internacionais para o estímulo a implementação de técnicas que promovam cidades mais resilientes. Eles se dão por meio de políticas públicas que estimulem o desenvolvimento sustentável, organizacionais, como o Grupo C40 de Grandes Cidades para Liderança do Clima (C40 – *"Cities Climate Leadership Group"*, 2021), e institucionais, como os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS). Cabe ressaltar que neste trabalho destacam-se os objetivos 6 (Água potável e saneamento) e 11

(Cidades e comunidades sustentáveis).

Neste contexto, percebe-se uma tendência e uma necessidade de incorporar os SUDS aos projetos de arquitetura e urbanismo tanto em áreas a serem urbanizadas quanto em áreas de urbanização consolidadas, as quais se apresentam como um desafio projetual por possuírem uma escassez de espaços livres para receberem essas tipologias, sendo estas as áreas de principal interesse para esta pesquisa.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo fazer um levantamento e uma análise de projetos de arquitetura e urbanismo que utilizaram SUDS em tecidos urbanos consolidados, tanto em território nacional quanto internacional, como maneira de contribuir para a difusão deste conhecimento, colaborando com a produção de uma base de orientação técnica projetual e incentivando a adoção dessas técnicas em futuros projetos brasileiros.

3. MÉTODO DE ANÁLISE

Este trabalho foi estruturado a partir dos seguintes passos metodológicos:

- a) Levantamento de projetos de arquitetura e urbanismo que implementaram SUDS em diversos locais do mundo (com preferência para projetos já construídos).
- b) Elaboração e aplicação de um primeiro filtro para organização dos dados encontrados e seleção dos projetos relevantes para a pesquisa – dando origem à uma ficha denominada “Ficha Base”.
- c) Elaboração e aplicação de um segundo filtro para organização dos dados encontrados e seleção dos projetos relevantes para a pesquisa – dando origem à uma ficha denominada “Ficha Técnica”.
- d) Compilação das informações dos projetos em dois quadros, um que considera as condicionantes urbanas, e outro, que considera as condicionantes físicas.
- e) Análise dos resultados.

Para a etapa de levantamento inicial de projetos foram usadas como fontes artigos científicos, manuais de drenagem sustentável e *websites* com conteúdo de arquitetura e urbanismo, principalmente, mas também foram consultadas informações de áreas correlatas, como a engenharia civil, que abordassem temas relevantes para a pesquisa, como sistema de drenagem urbana sustentável (SUDS), infraestrutura verde, manejo de águas pluviais urbanas e desenvolvimento sustentável.

A Ficha Base e a Ficha Técnica utilizaram como principal referência para sua estrutura os critérios urbanos e físicos sugeridos em Baptista *et al.* (2005). A Ficha Base considera como dados básicos informações como local, tempo de construção, ano de inauguração, custo, características urbanas e físicas e os benefícios do SUDS na área de situação. Já a Ficha Técnica, por ser aplicada em uma etapa de maior aprofundamento de análise, considera o levantamento de dados como a identificação da bacia hidrográfica, o contexto da construção, o tipo de investidor, o clima, o tipo do solo, a precipitação média anual, as características do lençol freático, a área da técnica SUDS e seus dados específicos. Ambas as estruturas estão apresentadas na Figura 1.

As Tabelas de Condicionantes Urbanas e Condicionantes Físicas também foram elaboradas de acordo com as indicações apresentadas em Baptista *et al.* (2005) somada às informações encontradas em repetição nos projetos analisados. Dessa forma, as tabelas ampliam e sistematizam a análise dos projetos.

Figura 1-Estrutura da Ficha Base e da Ficha Técnica



Fonte: Fichas elaboradas pelos autores, 2022.

4. RESULTADOS

A primeira etapa, de leitura de fontes bibliográficas, levou à identificação de inúmeros projetos que, quanto submetidos à aplicação a Ficha Base, na etapa 2, levou à seleção de 21 projetos, tanto nacionais quanto internacionais. Este conjunto de projetos considerou aqueles que estivessem utilizando-se de técnicas de drenagem urbana sustentável, com a maior quantidade possível de dados disponível e, preferencialmente, que já tivessem sido construídos. Nesse momento, a formação da primeira coleção de projetos considerou as diferentes metodologias utilizadas na introdução de SUDS em meio urbano, além das diferentes localizações dos projetos. Do total de projetos, 11 estão localizados na América Latina, 2 na América do Norte, 7 na Europa e 1 na Oceania. O Quadro 1 compila essas informações.

Cidades Verdes

ISSN eletrônico 2317-8604, volume 11, número 32, 2023

Quadro1 - Projetos selecionados e respectivas tecnologias SUDS identificadas

Projeto	Tipologia SUDS identificada	Cidade e/ou Estado	País	Escolhidos para próxima etapa
Vale dos Cristais	Reservatório de lote/ faixa gramada/ bacias de detenção e retenção/ pavimentação permeável/ diques de detenção/ Calha com blocos dissipadores em concreto armado/escadas hidráulicas -	Nova Lima, Belo Horizonte	Brasil	
Programa Gentileza Urbana	Jardim de chuva/ biovaleta/ bosque de conservação urbana/ poços de infiltração/ vagas verdes/ escadarias verdes	São Paulo	Brasil	X
Projeto Fundação Progresso	Jardim de Chuva	Rio de Janeiro	Brasil	X
Jardim de chuva, praça universitária	Jardim de chuva	Goiânia, Goiás	Brasil	
Plano de infraestrutura verde para o campus cidade universitária	Jardim de chuva/ canteiro pluvial/ biovaletas/ lagoa pluvial / telhado verde	São Paulo	Brasil	
Parque Orla de Piratininga, Alfredo Sirkis em Niterói	Jardins de chuva/ Biovaletas/ bacia de sedimentação	Niterói, Rio de Janeiro	Brasil	
Largo das Araucárias	Jardim de chuva	São Paulo	Brasil	X
Jardim de chuva, Copacabana	Jardim de chuva	Rio de Janeiro	Brasil	X
Projeto Teto Verde	Telhado verde	Rio de Janeiro	Brasil	
Projeto RutasNaturbanas	Infraestrutura verde e azul	São José	Costa Rica	
SEA Street	Jardim de chuva/ pavimentação permeável/ vala de infiltração	Seattle	Estados Unidos	X
6th Street Green Corridor	Biovaletas	Nova York	Estados Unidos	X
Parque linear Grande canal	Jardins de infiltração	Cidade do México	México	
Rieselfeld	Bacias de detenção e retenção/ pavimento permeável	Freiburg	Alemanha	
Projeto piloto Benicàssim	Pavimentação permeável/ jardins de chuva	Benicàssim	Espanha	X
Water Square Benthemplein	Bacias de detenção	Roterdão	Holanda	X
Water Square Tie	Bacias de detenção	Tiel	Holanda	X
Pocket parkDerbyshire Street	pavimentação permeável/ telhados verdes/ jardins de chuva/ vala de detenção	Londres	Reino Unido	X
Eco-bairroAugustenborg	Telhado verde (retrofit)/ bacia de retenção/ trincheira de infiltração/ jardim de chuva/ faixa gramada	Malmö	Suécia	
HammarbySjöstad	Telhado verde	Estocolmo	Suécia	

Christie Walk	Telhado verde	Adelaide	Austrália	
---------------	---------------	----------	-----------	--

Fonte: Tabela sistematizada pelos autores, 2021.

Todos os 21 projetos apresentados foram submetidos aos critérios da Ficha Base, ainda que nem todos tivessem as informações completas. Notou-se, assim, uma carência de informações técnicas disponíveis e abertas à consulta.

A Figura 2 apresenta um exemplo de ficha desta etapa, considerando o projeto do Eco-Bairro Augustenborg, localizado na Suécia. Esse caso foi de interesse para a pesquisa, visto que apresenta reconhecimento por ter recebido o Prêmio Mundial de Habitação (tradução do título original em inglês “*The World Habitat Awards*”). Esse projeto foi inaugurado em 2001; sua construção levou 3 anos de duração e custou 28 milhões de dólares, o que equivale a aproximadamente 150 milhões de reais no ano de 2022. Ele está situado em um bairro industrial consolidado que apresentava grandes áreas impermeáveis e uma grande distância entre edificações. Ele foi parte de um projeto de revitalização urbana e de habitação social que implementou as técnicas de telhado verde, bacia de retenção, trincheira de infiltração, jardim de chuva e faixa gramada. A aplicação dessas técnicas resultou em um aumento de 90% da infiltração da água da chuva no solo, extinguiu as cheias urbanas na região, melhorou o microclima e refletiu diretamente na melhoria do bioma.

Figura 2 - Exemplo da Ficha Base - Eco-Bairro Augustenborg

<p>Local: Distrito de Augustenborg, Malmö, Suécia. Ano de inauguração: 2001 Tempo de construção: 3 anos Custo: \$ 28 milhões Características urbanas: Bairro industrial consolidado; edifícios de 4 a 6 pavimentos (conjunto habitacional popular). Características físicas: Pavimentação impermeável; grande espaçamento entre os edifícios. Usos do SUDS: Telhado verde (retrofit), bacia de retenção, trincheira de infiltração, jardim de chuva, faixa gramada. Benefícios: Maior infiltração da água da chuva no solo (aumento de 90%), extinguiu as cheias urbanas na região, melhora do microclima, criação de diversos habitats naturais gerando um aumento de espécies nativas. Outros pontos relevantes: O Projeto ganhou o prêmio “<i>The World Habitat Awards</i>”, e engloba outras tecnologias de economia sustentável.</p>
--

Fonte: Ficha elaborada pelos autores a partir de dados de *World Habitat Awards*, 2017.

A partir dessa coleção, foi aplicado o segundo filtro, isto é, os projetos foram analisados segundo os parâmetros contidos na Ficha Técnica. Dos 21 projetos, 10 foram selecionados com base na quantidade de informações disponíveis, somado ao fato de estarem localizados em áreas densamente ocupadas. Destes 10 projetos, 4 estão localizados em território nacional e os outros 6 são internacionais; todos foram estudados e compilados individualmente em formato de ficha de acordo com as questões técnicas.

Cada projeto analisado nesta etapa contém uma ficha com os dados base e técnicos, somados a uma (ou mais) fichas secundárias, que investigam as técnicas de SUDS implementadas. Para exemplificar este fichamento da Etapa 3, apresenta-se a Figura 3, que agrupa as informações técnicas do segundo critério aplicado na seleção dos casos de estudo. Nesta figura é apresentado o projeto *Water Square Benthemplein*, localizado na Holanda. Ele

levou um ano para ser construído e teve sua inauguração em 2013; está localizado em uma área próxima à Universidade GraphicLyceum Rotterdam, que anteriormente consistia em um vazio urbano com 100% de sua área impermeabilizada. O projeto emprega a técnica de bacia de retenção, que é utilizada como quadra e outros ambientes de convívio quando não há chuva, promovendo a requalificação do espaço com um novo uso, e utilizada como espaço para armazenamento da água de chuva quando necessário. Uma das razões para a escolha desta técnica foi a pré-existência de tanques subterrâneos e da disponibilidade de uma área de aproximadamente 5.500 m², que possibilita o armazenamento de um volume considerável. Foi implementada uma rede de três bacias de retenção, onde cada uma suporta uma área de contribuição, totalizando um volume de armazenamento de aproximadamente 1.800 m³. As bacias formam uma área de projeção de aproximadamente 1.500m², e possuem uma área de contribuição de aproximadamente 20.000 m². Os benefícios provenientes do SUDS nessa área foram, para além da qualidade ambiental urbana, a redução da ilha de calor e a mitigação das cheias urbanas.

Figura 3 - Exemplo da Ficha Técnica – Water Square Benthemplein

<p>Local:Roterdão, Holanda Sub-bacia:Rio Nieuwe Maas Tempo de construção: 1 ano (+1 ano de concepção do projeto) Ano de finalização: 2013 Contexto da construção:Requalificação de um vazio urbano, próximo a uma universidade Tipo de investidor:Público (municipal) Custo:4,500,000 € (equivalente a R\$ 28.890.000, em 2022) Características urbanas: Ambiente urbano consolidado datando o início no século XIX, composto por grandes torres e edifícios largos, existência de diversos espaços urbanos residuais. Características físicas: Região majoritariamente impermeabilizada; pouca cobertura vegetal; alagamentos recorrentes Área:5.500 m² Área de contribuição: Aproximadamente 20.000 m² Tipo do Solo: Camada de solo arenoso sobre argila mole Clima:Oceânico Características do lençol freático: pouco profundo Precipitação anual: 835 mm Benefícios:Qualidade ambiental urbana, mitigação das cheias urbanas, reduzir o efeito da ilha de calor. Outros pontos relevantes:Pré-existência de tanques subterrâneos para controle de enchentes. Foram realizados workshop de processo participativo com agentes locais na etapa de concepção de projeto.</p>
--

Fonte: Ficha elaborada pelos autores a partir de DeUrbanisten, 2021.

Com base nos dados obtidos nestas etapas, somados às orientações de Baptista *et al.* (2005), foram desenvolvidos dois quadros que facilitassem a comparação entre projetos, de acordo com os aspectos relevantes para a pesquisa. A Ficha Base originou o Quadro 2, que correlaciona os 21 projetos com os seguintes condicionantes urbanos: localização, tipologias de SUDS utilizada, uso do solo onde está localizada (residencial e comercial de baixa ou alta densidade, industrial e universitário), se estão alocadas em áreas públicas ou privadas e se estão próximas a leitos hídricos.

Já o Quadro 3 correlaciona os 10 projetos oriundos da ficha técnica com os seguintes condicionantes físicos: localização, tipologia SUDS utilizada, clima, pluviometria média anual, tipo de solo, taxa de impermeabilidade superficial, área de implantação da técnica SUDS e inclinação do terreno (em algumas técnicas esta informação é um condicionante de uso).

Cidades Verdes

ISSN eletrônico 2317-8604, volume 11, número 32, 2023

Os dois quadros trazem os dados de localização e a tipologia utilizada. As localizações possuem uma ampla gama de climas, tendo em vista que se encontram na faixa de 55° Norte de latitude até 33° Sul, ou seja, o clima não se mostrou um fator limitante para a implementação das SUDS.

Quadro 2 – Condicionantes Urbanos

Projetos que implementam tipologias SUDS	Local	Técnica	Condicionantes urbanos										
			Área Residencial - alta densidade	Área Residencial - baixa densidade	Área comercial - alta densidade	Área comercial - baixa densidade	Polo industrial - em decadência	Polo Universitário	Antigo vazio urbano	Área pública	Área privada	Proximidade com leitos hídricos	
Water Square Bentheplein	Roterdão, Holanda	Bacia de detenção							X		X		Não
Water Square Tiel	Tiel, Holanda	Bacia de detenção	X								X		Não
SEA Street	Seattle, Estados Unidos	Vala de infiltração						X			X		Sim
		Pavimento permeável						X			X		
		Jardim de chuva						X			X		
Pocket Park	Londres, Reino Unido	Vala de detenção	X							X	X		Não
		Pavimento permeável	X							X	X		
		Jardim de chuva	X							X	X		
		Telhado verde	X							X	X		
Gentileza Urbana	São Paulo, Brasil	Biovaleta	X		X						X		Não
		Poços de infiltração	X		X						X		
		Escadaria verde	X		X						X		
		Jardim de chuva	X		X						X		
Vale dos Cristais	Nova Lima, Brasil	Bacia de detenção		X								X	Sim
		Bacia de retenção		X								X	
		Reservatório		X								X	
		Pavimento permeável		X								X	
		Calhas dissipadoras		X								X	
Eco-bairro Augustenborg	Malmö, Suécia	Bacia de retenção						X			X		Não
		Trincheira de infiltração						X			X		
		Jardim de chuva						X			X		
		Telhado verde						X			X		
Parque Orla de Piratininga	Niterói, Brasil	Bacia de sedimentação	X								X		Sim
		Biovaleta	X								X		

Cidades Verdes

ISSN eletrônico 2317-8604, volume 11, número 32, 2023

		Jardim de chuva	X							X		
Benicàssim	Benicàssim, Espanha	Pavimento permeável		X						X		Sim
		Jardim de chuva		X						X		
Christie Walk	Adelaide, Austrália	Jardim de chuva		X								Não
		Telhado verde		X								
Rieselfeld	Freiburg, Alemanha	Jardim de chuva		X						X		Não
		Pavimento permeável		X						X		
6th Street Green Corridor	Nova York, Estados Unidos	Biovaleta					X			X		Sim
Fundição Progresso	Rio de Janeiro, Brasil	Jardim de chuva			X						X	Não
Copacabana	Rio de Janeiro, Brasil	Jardim de chuva	X		X					X		Não
Goiás	Goiás, Brasil	Jardim de chuva						X		X		Não
Largo das Araucárias	São Paulo, Brasil	Jardim de chuva	X		X					X		Não
HammarbySjöstad	Estocolmo, Suécia	Jardim de chuva				X				X	X	Sim
Parque linear Grande canal	Cidade do México, México	Jardim de infiltração	X							X		Sim
Teto Verde Favela	Rio de Janeiro, Brasil	Telhado verde	X								X	Não
Plano Campus universitário	São Paulo, Brasil	Infraestrutura verde e azul						X				Sim
RutasNaturbanas	São José, Costa Rica	Infraestrutura verde e azul			X					X		Sim

Fonte: Tabela sistematizada pelos autores, 2022.

Quadro 3 - Condicionante Físicos

Projetos que implementam tipologias SUDS	Local	Técnica	Condicionantes físicos					
			Clima	Pluviosidade média anual	Tipo do solo	Impermeabilidade superficial	Área de implantação (da técnica)	Inclinação
Water Square Benthemplein	Roterdão, Holanda	Bacia de detenção	Oceânico	835 mm	Arenoso sobre argila mole	Alta	5.500 m ²	-
Water Square Tiel	Tiel, Holanda	Bacia de detenção	Oceânico	844 mm	Argiloso	Média	2.000 m ²	-
SEA Street	Seattle, Estados Unidos	Vala de infiltração	Temperado	950 mm	Argiloso	Média	12 m ²	-
		Pavimento permeável				Média	3.000 m ²	-
		Jardim de chuva				Média	2.500 m ²	-
Pocket Park	Londres, Reino Unido	Vala de detenção	Temperado oceânico	690 mm	Arenoso - argiloso	Alta	45 m ²	-
		Pavimento permeável				Alta	45 m ²	-
		Jardim de chuva				Alta	45 m ²	-
		Telhado verde				Alta	3 m ²	-
Gentileza Urbana	São Paulo, Brasil	Biovaleta	Subtropical oceânico	1356 mm	Urbano	Alta	-	-
		Poços de infiltração			Urbano	Alta	-	-
		Escadaria verde			Urbano	Alta	-	-
		Jardim de chuva			Urbano	Alta	-	-
Benicàssim	Benicàssim, Espanha	Pavimento permeável	Mediterrâneo	406 mm	Cambissolos	Alta	181 m ²	-
		Jardim de chuva			Cambissolos	Alta	116 m ²	-
6th Street Green Corridor	Nova York, Estados Unidos	Biovaleta	Subtropical úmido	1139 mm	Arenoso	Alta	67 m ²	0,46% - 2,2%
Fundição Progresso	Rio de Janeiro, Brasil	Jardim de chuva	Tropical úmido	1252 mm	Argiloso	Alta	172 m ²	-
Copacabana	Rio de Janeiro, Brasil	Jardim de chuva	Tropical úmido	1252 mm	Arenoso	Alta	18 m ²	-
Largo das Araucárias	São Paulo, Brasil	Jardim de chuva	Subtropical oceânico	1356 mm	Remoção de lixo urbano	Alta	200 m ²	-

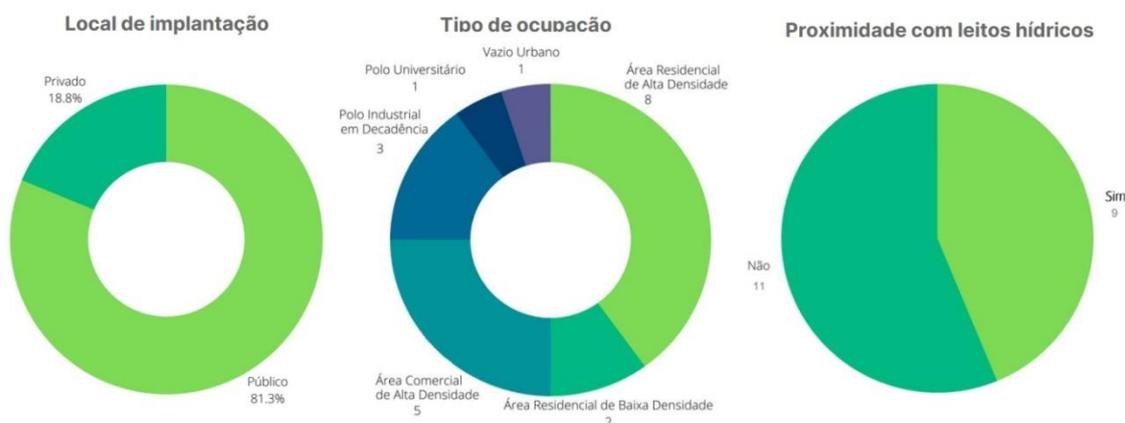
Fonte: Tabela sistematizada pelos autores, 2022.

Da análise das tabelas, foi observado que 80% dos projetos foram implementados em solos com alta taxa de impermeabilização, 73% foram implantados com uma área inferior a

200 m² e 80% estão localizados em regiões onde a pluviometria anual média é maior do que 800 mm. Esses dados sinalizam que a maior parte dos SUDS foram inseridos em regiões com tecidos urbanos consolidados, em terrenos de pequeno porte e em regiões chuvosas.

A partir do Quadro 1 foram gerados gráficos que sistematizam as informações obtidas. A figura 4 apresenta três gráficos, com dados sobre o local de implantação, o tipo de ocupação e a proximidade com leitos hídricos, respectivamente. O primeiro gráfico revelou que a maioria dos projetos (mais de 80%) foram implementados em áreas públicas, sendo apenas 18,8% aplicados em áreas privadas. Esse dado pode indicar uma predominância do poder público em incorporar essas técnicas aos projetos urbanos. Já em relação ao tipo de ocupação do solo, foi observado que há uma mais intensa presença das tipologias de SUDS nas áreas residenciais e comerciais de alta densidade. Juntas, essas duas áreas contemplam aproximadamente 65% da totalidade dos tipos de ocupação, indicando que é viável a inserção de SUDS em áreas densamente povoadas. Por fim, no último gráfico, observou-se que 9 projetos se encontram próximos a leitos hídricos e 11 distantes deles, o que pode indicar que não há uma relação direta entre o uso de SUDS e a proximidade com os leitos hídricos.

Figura 4 - Gráficos com os resultados comparativos para local de implementação, tipo de ocupação e proximidade com leitos hídricos



Fonte: Gráficos elaborados pelos autores, 2022.

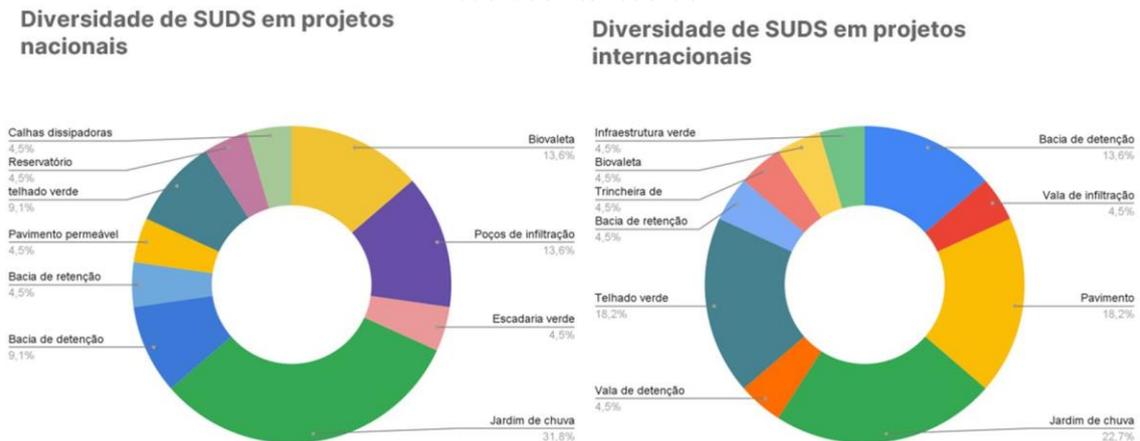
A Figura 5 apresenta mais dois gráficos, onde é possível comparar os projetos brasileiros e os internacionais. A partir destes, foi possível verificar as tipologias mais utilizadas e o seu grau de diversidade do emprego nos projetos. Nos projetos nacionais foram encontradas as seguintes tipologias: calhas dissipadoras, reservatórios, telhado verde, pavimento permeável, bacia de retenção, bacia de detenção, biovaleta, poços de infiltração, escadaria verde e jardim de chuva. Já nos internacionais foram encontradas: biovaleta, trincheira de infiltração, bacia de retenção, telhado verde, valas de detenção, bacia de detenção, valas de infiltração, pavimento permeável e jardim de chuva. Constata-se que, em ambas as categorias, foi implementada uma grande diversidade de tipologias, sendo o jardim de chuva a técnica mais empregada (aproximadamente 32% nos casos brasileiros e 23% nos casos internacionais), o que indica uma preferência por esse tipo de estrutura. Seguindo do jardim de chuva, as outras tipologias mais implementadas foram o pavimento permeável e o telhado verde, nos projetos nacionais, e poços de infiltração e biovaletas, nos projetos internacionais.

Periódico Técnico e Científico

Cidades Verdes

ISSN eletrônico 2317-8604, volume 11, número 32, 2023

Figura 5 - Gráficos com os resultados comparativos sobre a diversidade de uso das tipologias SUDS nos projetos nacionais e internacionais



Fonte: Gráficos elaborados pelos autores, 2022.

Ainda sobre o jardim de chuva, uma investigação mais profunda observou que, embora tanto nos casos nacionais quanto nos internacionais ele venha sendo o mais utilizado, essa tipologia é ainda mais presente no Brasil, uma vez que foi encontrada em 78% dos projetos nacionais (contra 42% dos projetos internacionais). Já em relação à diversidade de emprego das tipologias SUDS no mesmo projeto, foi observado que os projetos estrangeiros fazem mais composição das tipologias do que os brasileiros. Por fim, observou-se que 44% dos projetos nacionais utilizam exclusivamente o jardim de chuva, ao passo que somente 8% dos projetos internacionais apresentam exclusivamente essa técnica. Então, pode-se entender que o jardim de chuva é mais utilizado internacionalmente quando acompanhado de outras tecnologias, criando sistemas mais complexos.

5. CONCLUSÃO

Os dados obtidos e analisados indicam que é viável e possível a implementação de tipologias SUDS em tecidos urbanos densamente ocupados. Sabendo-se que o solo urbano é pouco permeável e que, em regiões com alto regime pluviométrico, a drenagem convencional fica ainda mais defasada pela baixa capacidade de absorção do solo, os projetos investigados e apresentados nesta pesquisa indicam que os SUDS podem ser inseridos em tecidos urbanos consolidados, mesmo com pouca área livre disponível, servindo como um complemento aos sistemas existentes, auxiliando na drenagem e reduzindo o risco de alagamentos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ, códigos E-26/201.404/2021 e E-26/ SEI-260003/009281/2021. Os autores agradecem, ainda, a Cátedra UNESCO “Drenagem Urbana em Regiões Costeiras”, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, à qual esta pesquisa está vinculada.

REFERÊNCIAS

6th Street Corridor. Gowanus Canal Conservancy, 2018. Disponível em: <https://gowanuscanalconservancy.org/6th-street-green-corridor/>. Acesso em: Dez. 2021.

Augustenborg -Turning a Troubled District into an Attractive, Resilient Eco-City | Best practice. [s.d.]. Disponível em: <https://smartcitysweden.com/best-practice/329/eco-city-augustenborg-creating-an-attractive-and-resilient-district/>. Acesso em: Nov. 2021

Bairro HammarbySjöstad. Observatório de inovação para cidades sustentáveis. Disponível em: https://oics.cgee.org.br/estudos-de-caso/bairro-hammarby-sjoestad-estocolmo-suecia_5cb2a7b62cb081b82fa43c91. Acesso em: Dez 2021.

BAPTISTA,M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S.**Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**, Porto Alegre: ABRH, 2015.

C40, Media. **About C40.** [s.d.]. Disponível em: <https://www.c40.org/about-c40/>. Acesso em: Fev. 2022.

CARDIM - Nova praça pública - Largo das Araucárias, [s.d.]. Disponível em: <http://www.cardimpaisagismo.com.br/portfolio/largo-das-araucarias/>. Acesso em: Jan. 2022.

CHAN, F. K. S.; CHUAH, C. Joon; ZIEGLER, A. D.; DĄBROWSKI, M.; VARIS, O. Towards resilient flood risk management for Asian coastal cities: Lessons learned from Hong Kong and Singapore. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 187, p. 576–589, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.217. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618308941>. Acesso em: Jan. 2022.

Christie walk: A model ecocity development. Urbanecologyaustraliainc, 2022. Disponível em: <https://www.urbanecology.org.au/eco-cities/christie-walk/>. Acesso em: Jan. 2022.

Derbyshire Street Pocket Park, London. [s.d.]. Disponível em: https://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/derbyshire_street_pocket_park_london.html. Acesso em: Dez. 2021.

Derbyshire Street Pocket Park. World landscapearchitect, 2015. Disponível em: <https://worldlandscapearchitect.com/derbyshire-street-pocket-park%E2%80%A8-london-uk-greysmith-associates/#.Yg5Dd-jMJPZ>. Acesso em: Dez. 2021

Desenho ecológico: estratégias para cidades vulneráveis na América Latina. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/963699/desenho-ecologico-estrategias-para-cidades-vulneraveis-na-america-latina>. Acesso em: Nov. 2021.

De Urbanisten. Disponível em: <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein>. Acesso em: Acesso em: Nov. 2021a.

De Urbanisten. Disponível em: <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=water-square-tiel>. Acesso em: Acesso em: Nov. 2021b.

Economia circular + gestão das águas = sistema cerâmico de drenagem urbana. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/952163/economia-circular-plus-gestao-das-aguas-equals-sistema-ceramico-de-drenagem-urbana>. Acesso em: Nov. 2021

EkostadenAugustenborg. [s.d.]. Disponível em: <https://world-habitat.org/world-habitat-awards/winners-and-finalists/ekostaden-augustenborg/>. Acesso em: Nov. 2021.

EM-DAT | The internationaldisastersdatabase. [s.d.]. Disponível em: <https://www.emdat.be/>. Acesso em: 16 ago. 2022.

Final Project Report. Gowanus canal conservatory, 2020. Disponível em: https://gowanuscanalconservancy.org/wp-content/uploads/2018/01/200901_6th-Street-Green-Corridor-Final-Report_DRAFT.pdf. Acesso em: Dez. 2021.

FLETCHER, Tim D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, [S. l.], v. 12, n. 7, p. 525–542, 2015. DOI: 10.1080/1573062X.2014.916314. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1573062X.2014.916314>. Acesso em: Jan. 2022.

Gentileza Urbana: como os jardins de chuva estão tornando o Centro de SP mais verde. , 2021. Disponível em: <https://avidanocentro.com.br/cidades/gentileza-urbana-jardins-de-chuva/>. Acesso em: Dez. 2021

HOANG, L.; FENNER, R. A. System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems and green infrastructure. **Urban Water Journal**, [S. l.], v. 13, n. 7, p. 739–758, 2016. DOI: 10.1080/1573062X.2015.1036083. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1573062X.2015.1036083>. Acesso em: Jan. 2022.

IPT. **Guia Metodológico para Implantação de Infraestrutura Verde**. Org.: Maria Lucia Solera. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas - FIPT. 2020.

JAPIASSÚ, Viviane. **Jardim de chuva - Inauguração**. 2019. Disponível em: <https://quechuvaessa.wixsite.com/home/post/jardim-de-chuva-inauguracao>. Acesso em: Dez. 2021.

Jardim de Chuva – Largo das Araucárias (2017). Fluxus, 2018. Disponível em: <http://fluxus.eco.br/portfolio/jardim-de-chuva-largo-das-arauarias/>. Acesso em: Jan. 2022.

Jardim de Chuva de Copacabana ganha equipamentos especiais para monitoramento de drenagem. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro - prefeitura.rio, 2021. Disponível em: <https://prefeitura.rio/meio-ambiente/jardim-de-chuva-de-copacabana-ganha-equipamentos-especiais-para-monitoramento-de-drenagem/>. Acesso em: Dez. 2021.

Jardim de chuva no Largo das Araucárias. Observatório de inovação para cidades sustentáveis. Disponível em: https://oics.cgee.org.br/estudos-de-caso/jardim-de-chuva-no-largo-das-arauarias_5cdc458b2a1cbc1d1168b991/referencias-e-anexos. Acesso em: Jan. 2022.

KULLER, Martijn; BACH, Peter M.; RAMIREZ-LOVERING, Diego; DELETIC, Ana. Framing water sensitive urban design as part of the urban form: A critical review of tools for best planning practice. **Environmental Modelling & Software**, [S. l.], v. 96, p. 265–282, 2017. DOI: 10.1016/j.envsoft.2017.07.003. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364815216310623>. Acesso em: Out. 2021.

LIFE CerSuds. Arquiteturas Cerâmicas, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ceramicarchitectures.com/obras/life-cersuds-ceramic/>. Acesso em: Nov. 2021.

MATSUNO, H.; CHIU, S. SEA STREET: Seattle Public Utilities. **The Stormwater Management Challenge**. Disponível em: https://nacto.org/docs/usdg/stormwater_management_challenge_matsuno.pdf. Acesso em: Dez. 2021.

MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Moura. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Elsevier, 2016.

MOTA, Guilherme Assis. **Residencial Vale dos Cristais. Soluções para Cidades - Novo Portal**, 2015. Disponível em: <https://www.solucoesparacidades.com.br/saneamento/residencial-vale-dos-cristais/>. Acesso em: Nov. 2021.
New urban agenda: H III: Habitat III: Quito 17-20 October 2016. Nairobi: United Nations, 2017.

Parque linear recupera espaço do histórico Grande Canal da Cidade do México. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/951247/parque-linear-recupera-espaco-do-historico-grande-canal-da-cidade-do-mexico>. Acesso em: Jan. 2022.

Parque Orla Piratininga – PROSustentavel, [s.d.]. Disponível em: <http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/parque-orla-de-piratininga/>. Acesso em: Jan. 2022.

Plano de infraestrutura verde para o campus cidade universitária. LabVarde, USP, 2015. Disponível em: <https://www.fau.usp.br/deprojeto/revistalabverde/index.html>. Acesso em: Jan. 2022.

Prefeitura investe em jardins de chuva que minimizam os efeitos de alagamentos em São Paulo | Secretaria Municipal de Subprefeituras | Prefeitura da Cidade de São Paulo. [s.d.]. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/noticias/?p=307357>. Acesso em: Dez. 2021.

Programa Gentileza Urbana transforma o Centro da Cidade | Subprefeitura Sé | Prefeitura da Cidade de São Paulo. [s.d.]. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/se/noticias/?p=108463>. Acesso em: Dez. 2021.

Projeto piloto Jardim de chuva em área pública Rio de Janeiro. Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, 2019/2020. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/10004661/4289423/JardimChuva.ruaAlmeidaGoncalves.pdf>. Acesso em: Dez. 2021.

REZENDE, O. M.. **Avaliação de medidas de controle de inundações em um plano de manejo sustentável de águas pluviais aplicados à baixada fluminense**. Dissertação (Mestrado em engenharia civil). Programa de pós-graduação em engenharia civil - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

Rieselfeld, Freiburg, Alemanha. **Observatório** de inovação para cidades sustentáveis. Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/estudos-de-caso/rieselfeld-freiburg-alemanha_5d15302045e3fa1e721c6625>. Acesso em: Dez. 2021.

RutasNaturbanas. [s.d.]. Disponível em: <https://rutasnaturbanas.org>. Acesso em: Nov. 2021

SILVA, Luiz. **Teto Verde ou Ar Condicionado no Parque Arará? Estudos Mostram Potencial para a Favela**. Rio onwatch. 2021. Disponível em: <<https://riononwatch.org.br/?p=53359>>. Acesso em: Jan. 2022.

Sistema Cerâmico Permeável como solução de drenagem urbana sustentável: princípios, design e montagem. LIFE CerSUDS, 2019. Disponível em: <http://www.lifecersuds.eu/pt/documentos>. Acesso em: Nov. 2021.

Street Edge Alternatives Project - Utilities | seattle.gov. [s.d.]. Disponível em: <http://www.seattle.gov/utilities/neighborhood-projects/street-edge-alternatives>. Acesso em: 25 jul. 2022.
TAVARES, Altair. **“Jardins de Chuva”: Prefeitura de Goiânia implanta os primeiros 12 de 350**. 2019. Disponível em: <https://diariodegoias.com.br/jardins-de-chuva-prefeitura-de-goiania-implanta-os-primeiros-12-de-350/>. Acesso em: Dez. 2021.

Teto Verde Favela. [s.d.]. Disponível em: <https://comunidade.socialab.com/challenges/yunussocialbusinesschallengebrasil/idea/30696>. Acesso em: Jan. 2022.

The SuDs Manual. London: CIRIA, 2016.

UN-HABITAT (ORG.). **The value of sustainable urbanization**. Nairobi, Kenya: UN-Habitat, 2020.

Urban stormwater management in Augustenborg, Malmö — Climate-ADAPT. [s.d.]. Disponível em: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo>. Acesso em: Nov. 2021.

Works. [s.d.]. Disponível em: <https://www.publicspace.org/works/-/project/h034-water-square-in-benthemplein>. Acesso em: Nov. 2021.

WSUD. **City of Melbourne WSUD Guidelines. Applying the Model WSUD Guidelines**. An Initiative of the Inner Melbourne Action Plan. Melbourne. 2008.