

## **CONCEITO DE CIDADES ESPONJAS APLICADOS NA ATENUAÇÃO DE ALAGAMENTOS URBANOS: ESTUDO DE CASO DA PRAÇA DA CRUZ VERMELHA NO RIO DE JANEIRO**

### *APPLICATION OF THE SPONGE CITY CONCEPT IN MITIGATING URBAN FLOODING: A CASE STUDY OF PRAÇA DA CRUZ VERMELHA, RIO DE JANEIRO*

Luciana Mattos dos Anjos Galdino <sup>1</sup>; Júlio César da Silva <sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Arquiteta e urbanista; Mestre em Engenharia de Meio Ambiente | [anhoslu@yahoo.com](mailto:anhoslu@yahoo.com) | UERJ | Rio de Janeiro, Brasil; <sup>2</sup>Doutor em Engenharia Civil | [julioc.silva@eng.uerj.br](mailto:julioc.silva@eng.uerj.br) | UERJ | Rio de Janeiro, Brasil.

#### **Resumo:**

A urbanização acelerada e a consequente impermeabilização do solo nas cidades brasileiras têm intensificado os problemas relativos à drenagem urbana, principalmente nas áreas centrais. A região da Praça da Cruz Vermelha, no centro do Rio de Janeiro, estudada neste artigo, apresenta recorrentes episódios de alagamentos devido à insuficiência das infraestruturas urbanas de drenagem pluvial. Este estudo propõe intervenções sustentáveis baseadas no conceito de cidades esponja, para promover a infiltração, retenção e reuso das águas pluviais por meio de sustentáveis. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, com revisão bibliográfica, análise documental e mapeamento de áreas críticas. Foram sugeridas técnicas como telhados verdes, praças-piscina, calçadas permeáveis, jardins de chuva e valas de infiltração, considerando a viabilidade técnica e os impactos urbanos. Os resultados apontam que tais intervenções podem reduzir a sobrecarga da rede de drenagem, melhorar a gestão hídrica e contribuir para a sustentabilidade urbana com menor custo e tempo de implantação. Conclui-se que a aplicação dessas estratégias pode funcionar como modelo replicável para outras áreas vulneráveis, desde que acompanhada de políticas públicas eficazes e manutenção contínua. O estudo reforça a necessidade de integrar planejamento urbano e gestão ambiental frente às mudanças climáticas.

#### **Palavras-chave:**

*Cidade esponja; Drenagem urbana; Enchente; Gestão sustentável; Recursos hídricos.*

#### **Abstract:**

Accelerated urbanization and the resulting soil impermeabilization in Brazilian cities have intensified issues related to urban drainage, particularly in central areas. The Praça da Cruz Vermelha region, located in downtown Rio de Janeiro and examined in this study, frequently experiences flooding due to insufficient stormwater infrastructure. This research proposes sustainable interventions based on the sponge city concept to enhance rainwater infiltration, retention, and reuse through nature-based solutions. A qualitative methodology was employed, including literature review, document analysis, and mapping of critical areas. Proposed techniques include green roofs, retention plazas, permeable sidewalks, rain gardens, and infiltration trenches, all evaluated in terms of technical feasibility and urban impact. The findings suggest that these strategies can reduce the burden on conventional drainage systems, improve stormwater management, and promote urban sustainability with lower cost and faster implementation. It is concluded that the adoption of such solutions may serve as a replicable model for other vulnerable areas, provided they are supported by effective public policies and regular maintenance. This study highlights the importance of integrating urban planning with environmental management in the context of climate change adaptation.

#### **Keywords:**

*Sponge city; Urban drainage; Flood; Sustainable management; Water resources.*

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme os conceitos de Hall (1984), as enchentes são eventos que ocorrem na natureza milhares de anos antes das ocupações urbanas. Nas áreas urbanas, a consequência do aumento da densidade populacional descontrolada tem como fator o crescimento de áreas impermeáveis, o que sobrecarrega o escoamento natural e o sistema de drenagem urbana artificial, pois não houve estudo da vazão para a captação das águas escoadas como descrito por Hall (1984). Portanto, é necessário atualizar os planejamentos urbanos com foco no saneamento e drenagem das áreas com aumento de ocupação urbana para minimizar os riscos da população.

Esse processo de aceleração da urbanização nas cidades brasileiras tem gerado impactos significativos sobre os sistemas naturais de escoamento das águas pluviais, especialmente em áreas centrais densamente ocupadas. A impermeabilização do solo, o crescimento urbano desordenado e a infraestruturas de drenagem obsoletas agravam a ocorrência de inundações e alagamentos, comprometendo a segurança, a mobilidade e a qualidade de vida da população. A região da Praça da Cruz Vermelha que está situada no coração da cidade do Rio de Janeiro evidencia essa realidade pois sofre com episódios recorrentes de alagamento durante chuvas intensas.

Neste cenário urbano e climático, torna-se necessário a adoção de soluções inovadoras que integrem os princípios da sustentabilidade ao planejamento urbano. Nesse contexto, destaca-se o conceito de cidades esponja (*sponge cities*), desenvolvido na China como resposta a enchentes severas no país. Pelos conceitos de Zhang et al. (2018), essa abordagem propõe a reestruturação das áreas urbanas com foco na infiltração, retenção, armazenamento e reutilização das águas pluviais, por meio de soluções baseadas na natureza, como jardins de chuva, calçadas permeáveis, telhados verdes e praças-piscina.

O presente artigo tem como objetivo analisar a situação da drenagem urbana na região da Praça da Cruz Vermelha e propor intervenções sustentáveis fundamentadas no conceito das cidades esponja. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática sobre drenagem urbana e soluções baseadas na natureza, bem como o mapeamento das zonas críticas da área estudada. A partir do diagnóstico hidrológico e urbanístico, são apresentadas propostas técnicas com viabilidade de aplicação, com vistas a mitigar os impactos extremos e promover maior resiliência urbana.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A gestão da drenagem urbana representa um grande desafio enfrentado pelas cidades brasileiras, pois enfrentamos o contexto da urbanização acelerada e infraestrutura que não acompanha esse crescimento. Alagamentos e inundações recorrentes são observados no solo urbano impermeabilizado que não tem capacidade de absorver o escoamento superficial, agravados por redes de drenagem deficientes e ocupação desordenada.

A drenagem urbana refere-se aos sistemas de escoamento que direcionam a água das chuvas para corpos receptores como rios, lagos ou o oceano. Quando o volume de água excede a capacidade de absorção do solo ou de captação da rede de drenagem existente, ocorrem acúmulos que geram impactos socioambientais graves nas áreas urbanas, tais como prejuízos materiais, riscos à saúde pública e interrupções na mobilidade.

Diante desse cenário, emergem abordagens inovadoras como o conceito de *sponge cities*, originado na China, que visa reconfigurar a lógica de drenagem urbana com base em soluções baseadas na natureza. A proposta central das cidades esponja é promover a infiltração, retenção e reutilização das águas pluviais criando uma infraestrutura verde, como pavimentos permeáveis, jardins de chuva, telhados verdes e áreas de retenção temporária.

A revisão de literatura deste trabalho foi construída a partir de uma revisão bibliográfica sistemática, com foco em publicações recentes (últimos cinco anos), priorizando estudos que tratam da

aplicação do conceito de *sponge cities*, sistemas de drenagem urbana e sustentabilidade na construção civil.

Com base nessa revisão, foram identificados os artigos mais relevantes para a fundamentação teórica da pesquisa, organizados na Tabela 1, segundo tema, autoria e ano de publicação:

Título do artigo	Autor(es)	Ano	Tema Relacionado
Transitioning to Sponge Cities: Challenges and Opportunities to Address Urban Water Problems in China	Zevenbergen et al.	2018	Sponge city
SuDS & Sponge Cities: A Comparative Analysis of the Implementation of Pluvial Flood Management in the UK and China	Lashford et al.	2018	Sponge city
Can “Sponge Cities” Mitigate China’s Increased Occurrences of Urban Flooding?	Jiang et al.	2017	Sponge city
The Impact of the Construction of Sponge Cities on the Surface Runoff in Watersheds. <i>Advances in Meteorology</i>	Dong et al.	2018	Sponge city
Effective Evaluation of Infiltration and Storage Measures...	Zhou et al.	2018	Sponge city
Sponge City – An emerging concept in sustainable water management: a scientometric analysis	Hamidi et al.	2021	Sponge city
Urban pluvial flooding and stormwater management: a contemporary review of China’s challenges and “sponge cities” strategy.	Jiang et al.	2017	Sponge city
Estudo dos espaços livres em Jundiapéba como forma de mitigação das questões de drenagem	Oliveira et al.	2020	Drenagem urbana
Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil	Roque & Pierri	2019	Sustentabilidade

Tabela 1: Principais artigos selecionados para a revisão bibliográfica

Fonte: Autoria própria (2022)

A partir desses estudos, foram identificadas as principais diretrizes conceituais que embasam o uso de técnicas sustentáveis de drenagem, contribuindo para a redução dos impactos das inundações urbanas. O panorama conceitual também incluiu a compreensão dos tipos de danos ocasionados pelas inundações, desde perdas econômicas até efeitos sociais e ambientais, bem como os fatores que contribuem para sua recorrência, como impermeabilização intensiva, ausência de vegetação, falhas no planejamento urbano e obsolescência das infraestruturas existentes.

Esta revisão da literatura proporciona, portanto, a base científica necessária para a proposição das intervenções aplicando o conceito de cidades esponja ao contexto da região estudada.

### 3. MÉTODOS

Este estudo é de natureza qualitativa com abordagem exploratória, fundamentada em revisão bibliográfica e documental. A metodologia foi estruturada com o objetivo de construir um referencial teórico e propor soluções aplicáveis ao contexto urbano do Centro do Rio de Janeiro.

Inicialmente, foi realizado um levantamento histórico da ocupação da cidade do Rio de Janeiro, com foco nos processos de impermeabilização do solo e seus impactos ambientais. Essa etapa envolveu a análise de documentos e publicações clássicas e contemporâneas, destacando autores como Resende (1982), Andreatta (2006), Rabha (2008) e Oliveira (2009). Também foram consultadas para a base de dados históricos relativos à implantação da cidade como revistas do Clube de Engenharia que descrevem os panoramas da drenagem urbana da cidade em vários cenários históricos e documentos técnicos da Prefeitura do Rio de Janeiro, incluindo Azevedo (1938), Reis (1977), Silveira (1999) e Silva (2002).

A segunda fase consistiu na análise da literatura científica nacional e internacional sobre drenagem urbana e o conceito de *sponge cities*, especialmente voltada para publicações dos últimos cinco anos, devido ao caráter inovador e recente da aplicação dessas técnicas, notadamente na China. Foram utilizadas bases acadêmicas como Scielo, Google Acadêmico, Portal de Periódicos da CAPES, além de dissertações e teses disponíveis no acervo do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente (PEAMB e DEAMB) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Na terceira etapa, buscou-se identificar as principais tecnologias urbanas e soluções sustentáveis aplicáveis ao contexto hídrico, incluindo pisos drenantes, bueiros inteligentes e parques alagáveis.

O objetivo foi compreender como essas intervenções, embasadas nos princípios das *sponge cities*, podem ser adaptadas ao cenário da região estudada.

As etapas seguintes envolveram o mapeamento da área de estudo, a organização dos dados e a proposição de intervenções. Os conceitos e parâmetros utilizados foram fundamentados em autores como Tundisi (2017), Silveira (2009), Balbinot (2007), Porto (2017), Silva et al. (2017), Pinheiro et al. (2009), Tucci (2007, 2012).

Por fim, os dados obtidos foram integrados com o objetivo de identificar intervenções técnicas e conceituais capazes de mitigar os efeitos da drenagem superficial deficiente na área estudada, contribuindo para um desenvolvimento urbano mais resiliente e sustentável (Figura 1).

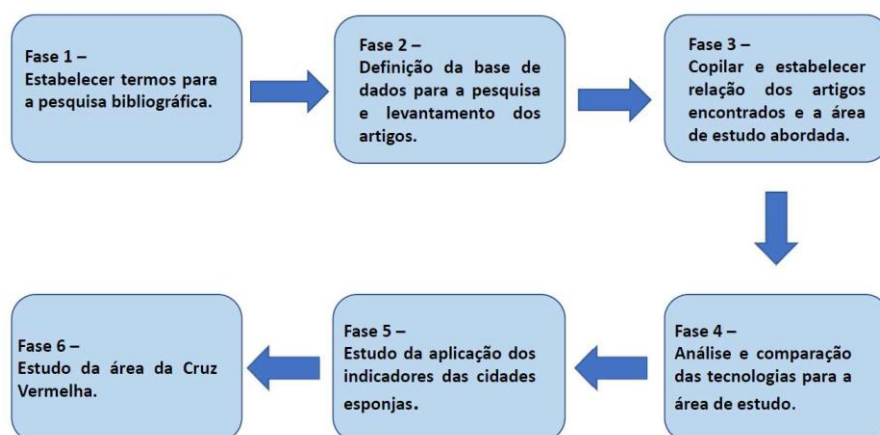


Figura 1 - Processo de metodologia para elaboração do trabalho  
Fonte: Autoria própria (2022)

### 3.1. CONCEITO DE CIDADES ESPONJA E APLICAÇÃO NA DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

A crescente urbanização e a impermeabilização do solo têm agravado os problemas de drenagem nas cidades brasileiras, especialmente em áreas densamente povoadas como o centro do Rio de Janeiro. Diante desse cenário, o conceito de cidades esponja (*sponge cities*), originado na China após severas enchentes em 2012, tem sido reconhecido como uma alternativa inovadora e eficaz para a gestão integrada das águas pluviais em ambientes urbanos.

O modelo de cidade esponja busca restaurar a capacidade de infiltração do solo e aproveitar os recursos hídricos urbanos por meio de soluções baseadas na natureza. Essa abordagem compreende o uso de vegetação nativa, pavimentos permeáveis, jardins de chuva, telhados verdes, parques alagáveis, valas de infiltração e praças-piscina como instrumentos para absorver, filtrar, armazenar e reutilizar as águas da chuva, contribuindo para a mitigação de inundações, a conservação da biodiversidade e a melhoria do microclima urbano.

Para a aplicação da técnica de cidades esponjas segundo Zhang et al. (2018), devem obedecer a cinco princípios fundamentais:

**Multiescalas** – atuação desde o lote até a bacia hidrográfica;

**Ampla capacidade de retenção** – para lidar com chuvas de baixa e alta intensidade;

**Versatilidade** – funções combinadas de controle de enchentes, redução de poluição e reuso hídrico;

**Sistematicidade** – integração entre arquitetura, planejamento urbano, paisagismo e infraestrutura;

**Planejamento de longo prazo** – ações progressivas e permanentes no tempo.

O conceito é sustentado pela utilização de um conjunto de técnicas urbanas sustentáveis, como exemplo:

**Telhados Verdes:** coberturas vegetadas que contribuem para reduzir o escoamento superficial, melhorar o conforto térmico, acústico e estético dos edifícios e promover a retenção de água no local (Matta, 2015; Souza, 2020).

**Praças-Piscina:** áreas públicas projetadas para armazenar águas pluviais de forma subterrânea, reutilizadas posteriormente para irrigação urbana e manutenção de áreas verdes, além de contribuir para o conforto térmico das cidades (Médici e Macedo, 2020).

**Parques Alagáveis:** áreas que, durante períodos de chuva intensa, funcionam como reservatórios temporários de água. No período seco, são utilizadas como espaços de lazer e ecossistemas urbanos, com passarelas elevadas para pedestres.

**Calçamentos Permeáveis:** utilização de materiais como concreto permeável e pisos intertravados que possibilitam a infiltração da água no solo, funcionando como sistemas de amortecimento e filtração de escoamento pluvial (Marchioni e Silva, 2011).

**Jardins de Chuva:** pequenas depressões vegetadas que armazenam e filtram a água da chuva, promovendo a biorretenção e reduzindo a carga poluente transportada para os corpos hídricos (Fogeiro, 2019).

**Valas de Infiltração:** canais vegetados que coletam o escoamento superficial e promovem a infiltração lenta no solo, ao mesmo tempo em que removem poluentes por processos naturais de filtração.

A implantação trazem diversos benefícios ao criar alternativas sustentáveis que amenizam a drenagem urbana existente, dentre elas podemos citar: melhoria na qualidade da água urbana; redução da carga sobre os sistemas de drenagem tradicionais; restauração e manutenção da biodiversidade urbana; aumento da disponibilidade de água limpa; redução do risco de inundações e mitigação de ilhas de calor; diminuição dos custos de manutenção predial e urbano; melhoria do microclima e do conforto urbano; e promoção do isolamento acústico em áreas densamente construídas.

A aplicação dos conceitos de cidades esponjas já estão sendo aplicadas em algumas cidades e alguns diferentes países, com destaque para:

**Pequim (China)** – pioneira no modelo, com políticas públicas de incentivo, subsídios, certificações ambientais e monitoramento rigoroso.

**Berlim (Alemanha)** – aplicação do conceito para controle de inundações e reaproveitamento de água da chuva.

**Copenhague (Dinamarca)** – programa de adaptação climática com meta de neutralidade de carbono até 2025.

**Londres (Reino Unido)** – soluções de cidade-esponja para aliviar a pressão sobre sistemas de drenagem convencionais.

**Melbourne (Austrália)** – parceria público-privada para gestão de águas urbanas e promoção da eficiência hídrica.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A urbanização do Rio de Janeiro ocorreu de forma gradativa e desordenada, resultando em impactos ambientais acumulados ao longo dos séculos. A ausência de planejamento urbano contribuiu para o aumento da pobreza, desigualdade social e deficiências na gestão sanitária. Esses problemas são evidentes na região da Praça da Cruz Vermelha, que enfrenta recorrentes dificuldades relacionadas à drenagem.

#### 4.1. DIAGNÓSTICO DAS INUNDAÇÕES URBANAS NA REGIÃO DE ESTUDO

A região da Praça da Cruz Vermelha, situada na área central do Rio de Janeiro, sofre historicamente com episódios frequentes de alagamentos. Esse fenômeno é resultado da conjugação de diversos fatores, como a expansão urbana não planejada, o avanço da impermeabilização do solo, a redução de áreas verdes e o aumento da frequência e intensidade de eventos extremos de precipitação - intensificados pelas mudanças climáticas globais.

De acordo com dados pluviométricos (Figura 2) da estação da Saúde e análises do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais (PDMAP) elaborado pela Fundação Rio-Águas (2011), a área central da cidade, especialmente a bacia da Rua Mem de Sá, apresenta recorrentes pontos de alagamento. Essa bacia, com 1,84 km<sup>2</sup>, está inserida em uma rede de sub-bacias que desaguam na Baía de Guanabara por meio de galerias subterrâneas antigas e subdimensionadas (Figura 3).

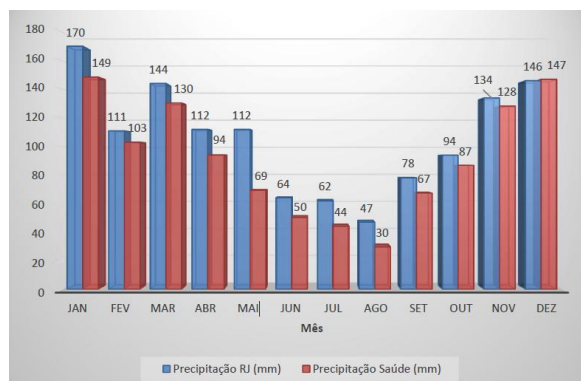


Figura 2 - Média de chuvas da cidade do Rio de Janeiro e na EP Saúde no período entre 1997 e 2019  
Fonte: Autoria própria com dados do sistema Alerta Rio.



Figura 3 – Localização da bacia do Centro no município  
Fonte: Rio-Águas, 2011.

Além da baixa capacidade hidráulica, o sistema de drenagem enfrenta problemas de assoreamento e acúmulo de resíduos sólidos, resultantes da falta de manutenção periódica. Esses fatores comprometem o escoamento eficiente das águas pluviais, especialmente durante chuvas de grande volume e curta duração. Estudos do PDMAP (Rio-Águas, 2011) demonstram que a região está inserida na mancha de inundação da bacia do Centro, onde se destacam nas áreas de maior risco.

A partir da identificação que as áreas da região da Praça da Cruz Vermelha estavam inseridas na mancha de inundação da área central (Figura 4) foi definida uma região para abrangência do estudo para a implantação de intervenções para melhorias eficazes utilizando as técnicas de cidades esponjas.

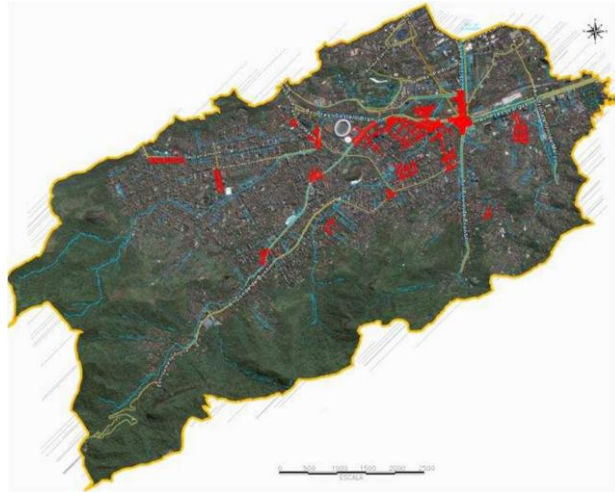


Figura 4 – Mancha de inundação levantada na área central do Rio de Janeiro  
 Fonte: Rio-Águas, 2011.

#### 4.2. APLICAÇÃO DO CONCEITO DE CIDADES ESPONJA PARA MITIGAÇÃO DOS ALAGAMENTOS

Diante do cenário diagnosticado, este estudo propõe aplicação de estratégias baseadas no conceito de cidades esponja como alternativa sustentável para mitigação dos alagamentos urbanos na região que abrange a Praça da Cruz Vermelha e arredores que englobam o Campo de Santana até os Arcos da Lapa, conforme Figura 5.

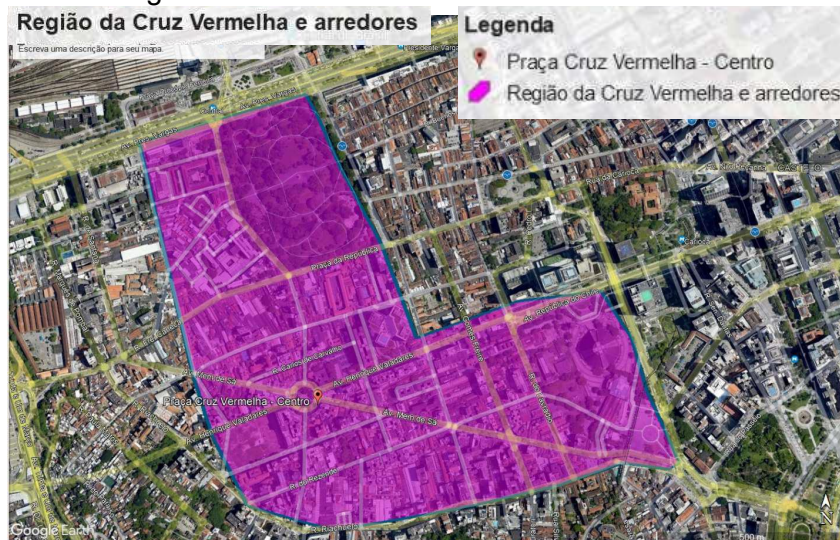


Figura 5 – Descrição da região de estudo  
 Fonte: Autoria própria (2022).

Foram identificadas áreas críticas de alagamento e, a partir disso, elaboradas diretrizes para a implantação de intervenções baseadas nos conceitos das cidades esponjas.

O processo metodológico envolveu: 1) Mapeamento detalhado da área de estudo, com foco em zonas críticas de alagamento; 2) Elaboração de propostas técnicas para melhorias na drenagem, com aplicação de tecnologias sustentáveis; 3) Sugestão de medidas práticas como jardins de chuva, calçadas permeáveis, telhados verdes, praças-piscina, valas de infiltração e microbacias artificiais, em consonância com as diretrizes das cidades esponja.

A região foi dividida em 4 zonas específicas, de acordo com a tipologia urbana e as condições de drenagem existentes. Em cada zona, foram identificados os principais fatores de risco e sugeridas intervenções adaptadas à realidade local. Essa abordagem visa restaurar a capacidade de

infiltração do solo, retardar o escoamento superficial e melhorar a eficiência da drenagem do sistema urbano, promovendo benefícios sociais, ambientais e urbanísticos.

Para a identificação das 4 zonas (Figura 6), segue uma breve descrição da identificação destes locais analisados:

A zona 1 abrange a área localizada na extensão da Rua do Resende, no trecho entre as ruas Carlos Sampaio e Ubaldino do Amaral que recebe todo o escoamento das águas direcionadas das áreas de maior relevo, vindas do Bairro de Fátima e recebendo as águas residuais de Santa Teresa. Essas águas descem pelo alto da Rua André Cavalcante e carregam também pela Rua do Riachuelo e são depositadas na Rua do Resende. Essa área tem seu escoamento feito pelas bacias da Rua do Resende e da Rua do Riachuelo, que capta toda essa demanda de água carregada e segue no sistema de drenagem para a bacia da Rua Mem de Sá.



Figura 6: Zonas do roteiro de estudo, 2022.  
Fonte: Autoria própria (2022)

A zona 2 abrange as áreas entre as ruas da Relação, do Lavradio, do Resende e Gomes Freire e sofre com alagamentos frequentes, mesmo em períodos curtos de chuvas, com intensidade elevada pois seu sistema de escoamento é subdimensionado para essa demanda que tem em todo seu traçado a necessidade de reavaliação para redimensionamento.

Para a zona 3, foram identificadas a área das ruas do Lavradio, do Resende, dos Arcos e Praça Cardeal Câmara. Nessa região estão as estruturas do aqueduto da Lapa, que levava água potável da região de Santa Teresa para as áreas mais baixas da cidade. Hoje essa estrutura é um ponto turístico da cidade, com seu desenho muito conhecido que serve de estrutura, na sua parte superior, para os trilhos do bonde que trafega por Santa Teresa até uma estação no centro da cidade. As águas que são recebidas provenientes do carreamento das áreas das proximidades de cotas mais altas das ruas de acesso ao bairro de Santa Teresa, já a Praça Cardeal Câmara é uma área impermeável que direciona suas águas para o acúmulo na Rua dos Arcos.

As áreas descritas como zona 4 estão localizadas na extensão da Praça da Cruz Vermelha, seguindo pela Rua Carlos Sampaio até a sua continuação na Rua Vinte de Abril, que abrange os arredores entre Rua do Senado e Praça da República. As águas carregadas provenientes da Praça da Cruz Vermelha fazem o caminho descendo para a Praça da República, que tem cotas mais baixas por ter tido diversas alterações de relevo ao longo do tempo, sendo uma área de manguezal tendo a vocação de drenagem das águas. As obras subterrâneas do sistema metroviário que atravessam a Avenida Presidente Vargas e se encontram no subsolo da Praça da Cruz Vermelha contribuem para uma maior área impermeável, carregando as águas ao encontro do trecho da Rua Vinte de Abril em direção à Praça da República.

Todo sistema de drenagem desta região é muito antigo e subdimensionado para a demanda atual de toda a captação destas áreas.

O emprego do conceito das cidades esponjas na região da Praça da Cruz Vermelha representa uma oportunidade de melhoria da qualidade da água, maior quantidade de água limpa, redução do risco de inundação, menor carga para os sistemas de drenagem, ajudando a manter e restaurar a biodiversidade, a mitigar o efeito de ilha de calor e a aumentando a valorização imobiliária da região trazendo uma implantação de modelo de cidade mais eficiente e sustentável. Para o melhor resultado devem ser reavaliados o sistema de drenagem existente e reestruturação das áreas impermeáveis e verdes da região.

#### 4.3. PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO DA REGIÃO DO ESTUDO DE CASO

Diante do panorama exposto do estudo da região da Praça da Cruz Vermelha, propõem a aplicação de algumas técnicas nos conceitos das cidades esponja, capazes de reduzir a sobrecarga da rede convencional de drenagem por meio da criação de espaços urbanos permeáveis. O estudo de implantação de melhorias propõe o conjunto de intervenções possíveis para solucionar ou mitigar essa problemática: **Implantação de praças-piscina** nas áreas da Praça Marechal Câmara e Campo de Santana, com capacidade de retenção temporária da água da chuva e aproveitamento posterior para fins urbanos; **Criação de áreas verdes com vegetação nativa**, favorecendo a absorção e a filtragem natural das águas pluviais; **Construção de valas de infiltração e jardins de chuva**, capazes de armazenar e reutilizar a água captada das calhas e coberturas; **Uso de pavimentos drenantes**, como asfalto poroso e pisos intertravados, nos trechos mapeados como críticos; **Instalação de telhados verdes** em edificações institucionais da área de estudo, promovendo retenção, regulação térmica e redução do volume de escoamento superficial. Também foram sugeridos neste estudo a criação de espaço para infiltrar água da chuva e o reaproveitamento dessa água, assim como as áreas de bacias de retenção; instalação de praças-jardins e melhoria da arborização urbana.

Essas intervenções possuem baixo impacto financeiro, além de redução de tempo de implantação comparando com as implantações de melhorias nas redes de drenagem e escoamento existentes, a partir das aplicações em outras regiões estas técnicas apresentam elevada viabilidade técnica e podem ser aplicadas de forma escalonada, respeitando a complexidade urbana e a infraestrutura existente.

## 5. CONCLUSÕES

Este artigo expõe o panorama da drenagem urbana na região da Praça da Cruz Vermelha, analisando os problemas enfrentados, identificando as principais causas dos alagamentos recorrentes e propondo intervenções aplicando os conceitos de cidades esponja como alternativa sustentável para a mitigação dos impactos das chuvas intensas.

As inundações, embora sejam processos naturais e que fazem parte do funcionamento do sistema fluvial, transformam-se em desastres quando ocorrem em áreas urbanas sem infraestrutura adequada. O relevo da área de estudo passou por diversas modificações e processos urbanos para a implantação da cidade, somado à expansão desordenada da cidade, a impermeabilização excessiva do solo, a ocupação de planícies de inundação e a ausência de planejamento de longo prazo contribuíram para agravar esse cenário aumenta a frequência de enchentes.

Além disso, nas últimas décadas, a região estudada passou por um aumento significativo da densidade construtiva, sobretudo com empreendimentos comerciais, residenciais e hoteleiros. No entanto, tais intervenções não foram acompanhadas de uma reestruturação eficaz da rede de drenagem urbana, o que ampliou a vulnerabilidade da área frente a eventos hidrológicos extremos.

Neste artigo, as propostas de aplicações dos conceitos das cidades-esponja visam auxiliar com formas de reduzir o escoamento das águas decorrentes das precipitações intensas com técnicas que criam espaços permeáveis, para minimizar o volume de águas que é descartado no sistema de drenagem urbana da área. A partir dos resultados encontrados, concluiu-se que:

Para que se tenha o objetivo esperado, é de grande importância que as medidas discutidas neste trabalho possam ser implantadas na área de estudo como modelo e posteriormente nos demais pontos que sofrem com inundação na cidade do Rio de Janeiro, para que os prejuízos causados pelas chuvas possam ser minimizados. Entretanto, para a resolução de problemas na infraestrutura de drenagem urbana da região, são necessários de a junção destas técnicas com estudos de longo prazo para a implantação de melhorias para o sistema de drenagem, que é antigo e subdimensionado para as demandas atuais.

A implantação das técnicas sustentáveis tem impactos, custos e prazos menores em comparação a implantação de técnicas tradicionais e se comparando aos prejuízos causados pelas inundações ao longo dos anos esse custo se torna menor. Porém é necessário frisar que o apoio das esferas governamentais na manutenção dos sistemas de drenagem urbana ou a sustentável é imprescindível para torná-lo melhor operante.

É importante lembrar que o conceito das cidades-esponja é multidisciplinar e necessita que os projetos passem pela gestão de políticas urbanas, que consideram parâmetros legais e educativos. Sem ações articuladas, mesmo soluções inovadoras podem perder sua eficiência ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREATTA, V. **Linhas gerais do projeto urbanístico Rio Cidade**. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IPLANRIO, 1996.

AZEVEDO, M.A. **Integrando água e planejamento urbano: um estudo sobre intervenções mitigadoras de enchentes na Grande Tijuca**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

DONG, G.; WENG, B.; QIN, T.; YAN, D.; WANG, H.; GONG, B.; BI, W.; HINDAWI, Z. X. The Impact of the Construction of Sponge cities on the Surface Runoff in Watersheds. **Advances in Meteorology**, v. 2018, n. 1, p. 6241892, 2018.

FOGEIRO, J. S. **Cidade-esponja: aplicação do conceito e métodos no bairro Marechal Gomes da Costa, Porto**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura Paisagista), Universidade do Porto. Porto, 2019.

GALDINO, L. M. A. **Drenagem urbana na área da Praça da Cruz Vermelha: um estudo de caso da aplicação do conceito de cidades esponjas para atenuação de alagamentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2022.

HALL, M. J., **Urban Hydrology**, Belfast – Ireland, Elsevier Ltd., 1984, ISBN 0-85334-268-7.

HAMIDI, A.; RAMAYANDI, B.; SORIAL, G. A. Sponge City -An emerging concept in sustainable water resource management: a scientometric analysis. **Resources, Environment and Sustainability**, v. 5, p. 100028, 2021.

JIANG, Y.; ZEVENBERGEN, C.; FU, D. Can “Sponge Cities” Mitigate China’s Increased Occurrences of Urban Flooding? **Aquademia**, v. 1, n. 1, p. 03, 2017.

JIANG, Y.; ZEVENBERGEN, C.; MAB, Y. Urban pluvial flooding and storm water management: a contemporary review of China’s challenges and “sponge cities” strategy. **Environmental Science & Policy**, v. 80, p. 132-143, 2018.

LASHFORD, C.; RUBINATO, M.; CAI, Y.; HOU, J.; ABOLFATHI, S.; COUPE, S.; CHARLESWORTH, S.; TAIT, S. SuDS & Sponge Cities: A Comparative Analysis of the Implementation of Pluvial Flood Management in the UK and China. **Sustainability**, v. 11, n. 1, p. 213, 2019.

MARCHIONI, M.; SILVA, C. O. **Pavimento intertravado permeável: melhores práticas**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011.

MATTA, G. V. **Simulação hidrológica da implementação conjunta de telhados verdes e microrreservatórios domiciliares em área urbana de Belo Horizonte – MG**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Minas Gerais, 2015.

MÉDICI, D.; MACEDO, L. **Cidades-esponja: conheça iniciativas pelo mundo para combater enchentes em centros urbanos**. G1, fev. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/02/16/cidades-esponja-conheca-iniciativas-pelomundo-para-combater-enchentes-em-centros-urbanos.ghtml>>.

OLIVEIRA, M. H.; ROSA, J. L. G. G.; SILVA, V. M.R. C.; GALLEGOS, C. A. G. O estudo dos espaços livres do distrito de Jundiapéba como forma de mitigação das questões de drenagem. *In: XII Seminário Internacional de Investigação em Urbanismo*, v. 12, 2020. Disponível em: <<https://revistes.upc.edu/index.php/SIIU/article/view/9795>>.

REIS, J. O. **O Rio de Janeiro e seus prefeitos: evolução urbanística da cidade**. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 1977.

REZENDE, V. **Planejamento urbano e ideologia: quatro planos para a Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1982.

ROQUE, R. A. L.; PIERRI, A. C. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. **Research, society and development**, v. 8, n. 2, p. e3482703-e3482703, 2019.

SILVA, J. R. **Os esgotos do Rio de Janeiro: história do sistema de esgotos sanitários da cidade do Rio de Janeiro 1857 – 1997**. Vol.1. Rio de Janeiro: CREA / SEAERJ, 2002.

SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In: Hidrologia: Ciência e aplicação. 4. ed. UFRGS, 2009. Cap. 2, p. 35-51.

SOUZA, T. M. K.; OTTONI, A. B. Análise crítica das causas e soluções sustentáveis para o controle de enchentes urbanas: o caso prático da bacia hidrográfica da Praça da Bandeira (estudo de caso). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 17, pp. 60-76, 2015.

ZHANG, S.; LI, Y.; MA, M.; SONG, T.; SONG, R. Storm Water Management and Flood Control in Sponge City Construction of Beijing. **Water**, v. 10, n. 8, p. 1040, 2018.

ZEVENBERGEN, C.; FU, D.; PATHIRANA, A. Transitioning to Sponge cities: Challenges and Opportunities to Address Urban Water Problems in China. **Water**, v. 10, n. 9, p. 1230, 2018

ZHOU, J.; LIU, J.; SHAO, W.; YU, Y.; ZHANG, K.; WANG, Y.; MEI, C. Effective Evaluation of Infiltration and Storage Measures in Sponge City Construction: A Case Study of Fenghuang City. **Water**, v. 10, n. 7, p. 937, 2018.