



MATRIZ PONDERADA PARA SELEÇÃO DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA: UM ESTUDO APLICADO À CIDADE DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS/SP

WEIGHTED MATRIX FOR SELECTING NATURE-BASED SOLUTIONS: A STUDY APPLIED TO THE
CITY OF SÃO JOSÉ DOS CAMPOS/SP

VERA LÚCIA MONTEIRO | vera.monteiro@fatec.sp.gov.br | Fatec São José dos Campos
EDSON SILVA GUIMARAES | edson.guimaraes@fatec.sp.gov.br | Fatec São José dos Campos

RESUMO

O crescimento urbano acelerado e as mudanças climáticas têm intensificado episódios de enchentes em diversas cidades brasileiras, incluindo o município de São José dos Campos/SP, evidenciando a necessidade de estratégias mais eficientes de gestão hídrica. Nesse contexto, as Soluções Baseadas na Natureza (SBN) surgem como alternativas eficazes para reduzir a impermeabilização, ampliar a infiltração e qualificar a drenagem urbana. Esta pesquisa objetiva identificar quais SBN apresentam maior potencial de aplicação no município, considerando suas especificidades territoriais e demandas atuais. Para isso, desenvolveu-se uma matriz ponderada composta por critérios relacionados à eficácia, impacto ambiental, viabilidade técnica e custo de implementação. As técnicas avaliadas incluíram telhados verdes, jardins de chuva, pisos permeáveis e bacias de contenção. Os resultados indicaram que jardins de chuva e bacias de contenção obtiveram as maiores pontuações, demonstrando melhor aderência aos critérios adotados e maior potencial de mitigação dos impactos decorrentes de eventos extremos. A análise revela que a adoção de SBN, aliada a planejamento de longo prazo, integração institucional e participação social, constitui uma abordagem estratégica para fortalecer a resiliência urbana. Conclui-se que a metodologia utilizada oferece um instrumento replicável para auxiliar gestores públicos na tomada de decisões orientadas à adaptação climática.

Palavras-chave: Cidades-Esponja. Gestão de Águas Pluviais. Soluções Baseadas na Natureza

ABSTRACT

Rapid urban growth and climate change have intensified flooding episodes in several Brazilian cities, including the municipality of São José dos Campos/SP, highlighting the need for more efficient water management strategies. In this context, Nature-Based Solutions (NBS) emerge as effective alternatives to reduce impervious surfaces, increase infiltration, and improve urban drainage. This research aims to identify which NBS have the greatest potential for application in the municipality, considering its territorial specificities and current demands. To this end, a weighted matrix was developed, composed of criteria related to effectiveness, environmental impact, technical feasibility, and implementation cost. The techniques evaluated included green roofs, rain gardens, permeable pavements, and retention basins. The results indicated that rain gardens and retention basins obtained the highest scores, demonstrating better adherence to the adopted criteria and greater potential for mitigating the impacts of extreme events. The analysis reveals that the adoption of NBS, combined with long-term planning, institutional integration, and social participation, constitutes a strategic approach to strengthen urban resilience. It is concluded that the methodology used offers a replicable tool to assist public managers in making decisions geared towards climate adaptation.

Keywords: Nature-Based Solutions. Sponge Cities. Stormwater Management.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da frequência e da intensidade dos eventos climáticos extremos, como chuvas intensas e tempestades severas, tem imposto desafios significativos a diversos países, especialmente àqueles em desenvolvimento e de grande extensão territorial, como o Brasil. As populações em situação de vulnerabilidade social são as mais atingidas, enfrentando riscos crescentes à segurança, aos meios de subsistência e à infraestrutura local (WMO, 2021).

De acordo com relatório da Organização Meteorológica Mundial (OMM), entre 1970 e 2019 foram registrados mais de 11 mil desastres associados a eventos climáticos e meteorológicos extremos, sendo que mais de 91% das mortes decorrentes dessas ocorrências concentraram-se em países em desenvolvimento (WMO, 2021). Esses dados evidenciam o impacto desigual dos desastres, afetando de forma mais severa as populações e regiões com menor capacidade de adaptação e resposta.

No caso brasileiro, a ampla extensão territorial e a diversidade de características ambientais, climáticas, geomorfológicas e geológicas tornam o país suscetível a uma variedade de eventos naturais, como deslizamentos, inundações e enxurradas, que frequentemente evoluem para desastres (Moura *et al.*, 2024; CEPED UFSC, 2023).

Segundo o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, entre 1991 e 2022 foram registrados 23.611 eventos desse tipo, resultando em 3.890 mortes e mais de 8,2 milhões de pessoas desalojadas ou desabrigadas em todo o território nacional (Brasil, 2023).

Além desses fatores naturais, o processo acelerado e muitas vezes desordenado de urbanização, aliado à segregação socioespacial, tem contribuído para o aumento da vulnerabilidade das populações mais pobres. A ocupação de áreas inadequadas, como encostas instáveis, margens de rios e zonas sujeitas a inundações, agrava os impactos dos desastres e dificulta a recuperação dessas comunidades, que dispõem de poucos recursos para investir em prevenção ou reconstrução (CEPED UFSC, 2023).

Localizado no Vale do Paraíba Paulista, o município de São José dos Campos destaca-se como um dos principais polos industriais, tecnológicos e aeroespaciais do Brasil. Com mais de 700 mil

habitantes, a cidade combina forte desenvolvimento urbano e industrial com desafios relacionados à infraestrutura e sustentabilidade ambiental (IBGE, 2022).

Nos últimos anos, o município de São José dos Campos (SP) vem enfrentando episódios recorrentes de alagamentos e inundações urbanas, sobretudo durante períodos de chuvas intensas. De acordo com reportagens locais, bairros como Vila Tesouro, Vila Industrial e regiões próximas à Via Dutra estão entre os mais afetados, sofrendo com o acúmulo de água nas vias, o que compromete a mobilidade urbana, a segurança da população e a operação de serviços públicos essenciais, incluindo unidades hospitalares (Thmais, 2024; Band Vale, 2023).

Esses episódios revelam que intervenções estruturais isoladas não são suficientes e que é necessário adotar abordagens mais sustentáveis e integradas de gestão das águas pluviais, incorporando Soluções Baseadas na Natureza (SBNs), também conhecidas como Infraestrutura Verde e Azul e planejamento urbano resiliente para reduzir a vulnerabilidade das áreas mais afetadas.

O crescimento urbano acelerado e a ampliação das áreas impermeáveis em São José dos Campos (SP) têm provocado um aumento significativo do escoamento superficial das águas pluviais, reduzindo a infiltração no solo e sobrecregando o sistema de drenagem tradicional. Essa dinâmica urbana, observada também em diversas cidades brasileiras e internacionais, tem impulsionado a adoção de novos modelos de planejamento urbano pautados em infraestruturas verdes e em SBNs, que buscam conciliar o desenvolvimento urbano com a sustentabilidade ambiental (ONU-Habitat, 2022; Brasil, 2023).

Dentro dessa perspectiva e como uma das principais SBNs de planejamento urbano, destaca-se o conceito de “cidades-esponja”, desenvolvido inicialmente na China, como uma estratégia inovadora para mitigar enchentes urbanas, restaurar o ciclo hidrológico natural e aumentar a resiliência das cidades diante das mudanças climáticas.

Segundo Yin *et al.* (2022), o modelo de cidade esponja propõe transformar o ambiente urbano em um sistema capaz de absorver, armazenar, infiltrar e reutilizar a água da chuva, simulando o comportamento natural dos ecossistemas (Benevides *et al.*, 2025).

Essa abordagem representa uma mudança de paradigma na gestão urbana das águas pluviais: em vez de priorizar a canalização e o rápido escoamento, busca-se reter e aproveitar a

água localmente, promovendo sustentabilidade e redução de impactos em períodos de chuva intensa (Yin *et al.*, 2022).

No contexto brasileiro, experiências semelhantes vêm sendo implementadas em cidades como Curitiba e Rio de Janeiro, que têm adotado práticas de drenagem urbana sustentável e revitalização de áreas verdes. A reportagem “*Cidades-esponja no Brasil: uma estratégia de resiliência*”, publicada pelo portal Habitability (2023), destaca iniciativas locais que adaptam o conceito chinês às realidades climáticas e socioeconômicas brasileiras, demonstrando o potencial dessa abordagem para promover cidades mais adaptáveis, inclusivas e sustentáveis.

No contexto joseense, a implementação dos princípios da “cidades-esponja” surge como uma alternativa estratégica e necessária. O município apresenta alto grau de urbanização aliado à presença de várzeas, cursos d’água e áreas ambientalmente sensíveis, que vêm sendo pressionados pelo adensamento urbano e pela expansão de novas ocupações. De acordo com o estudo desenvolvido por Monteiro e Araújo (2024), intitulado “Importância da implementação de cidades-esponja: um estudo do município de São José dos Campos/SP”, a aplicação desse conceito pode reduzir significativamente os impactos das chuvas intensas, melhorar a gestão das águas pluviais e contribuir para a sustentabilidade e resiliência urbana.

Dessa forma, o presente trabalho propõe responder à questão de quais intervenções de infraestrutura verde baseadas no conceito de cidades-esponja são mais adequadas para o contexto de São José dos Campos, dadas as suas complexidades urbanas e ambientais. Para tal, o estudo irá avaliar e priorizar estratégias sustentáveis com base nos princípios de cidades-esponja, utilizando como ferramenta de apoio à decisão uma Matriz de Priorização Ponderada. Essa metodologia permitirá identificar, de forma estruturada, quais soluções apresentam maior viabilidade ambiental, econômica e social para o contexto local, auxiliando na tomada de decisão da gestão pública municipal.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O conceito de “Cidade Esponja” foi introduzido pela primeira vez no “ Fórum de Desenvolvimento Urbano e Tecnologia de Baixo Carbono de 2012”, em Shenzhen, em abril de 2012 (Xing *et al.*, 2016).

As cidades-esponja são aquelas planejadas para reter e infiltrar a água das chuvas no próprio local de precipitação, por meio de sistemas de drenagem urbana sustentáveis integrados à infraestrutura verde. Esse tipo de planejamento visa reduzir os impactos de eventos extremos, como alagamentos, enchentes e inundações, promovendo uma gestão mais eficiente e resiliente das águas pluviais no ambiente urbano. (Yin *et al.*, 2022).

O estudo de Silva e Santos (2022) evidencia que a aplicação dos conceitos de cidades-esponja envolve o uso integrado de pavimentos permeáveis, jardins de chuva, telhados verdes, bacias de detenção, valas de infiltração e corredores ecológicos, entre outras medidas. Essas soluções, classificadas como SBNs, contribuem para a redução de alagamentos, melhoria da qualidade da água e ampliação das áreas verdes urbanas.

A implementação das SBNs traz uma série de benefícios ambientais, sociais e econômicos para as cidades, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida urbana e para o aumento da resiliência frente aos eventos climáticos extremos.

Segundo a CNM (2023), entre os principais benefícios, destacam-se:

1. Redução de alagamentos e inundações:

Ao favorecer a infiltração e o armazenamento da água da chuva, as SBNs diminuem o volume de escoamento superficial, reduzindo o risco de enchentes e sobrecarga dos sistemas de drenagem.

2. Melhoria da qualidade da água:

Áreas verdes e dispositivos como jardins de chuva e valas de biorretenção filtram sedimentos e poluentes, melhorando a qualidade das águas pluviais e dos corpos hídricos.

3. Recarga de aquíferos e regulação hídrica:

O aumento da permeabilidade do solo permite a recarga natural dos lençóis freáticos, contribuindo para o equilíbrio do ciclo hidrológico urbano.

4. Mitigação das ilhas de calor urbanas:

Coberturas vegetais e infraestrutura verde reduzem a temperatura ambiente, melhoram o conforto térmico e diminuem a demanda por energia em áreas urbanizadas.

5. Valorização paisagística e social dos espaços urbanos:

As SBNs criam áreas de lazer, convivência e contato com a natureza, elevando a qualidade de vida e o bem-estar da população.

6. Aumento da biodiversidade urbana:

Promovem habitats para fauna e flora, fortalecendo os ecossistemas e contribuindo para a conectividade ecológica entre áreas naturais e urbanas.

7. Resiliência e sustentabilidade urbana:

Integram medidas preventivas e adaptativas aos efeitos das mudanças climáticas, tornando as cidades mais preparadas para lidar com eventos extremos.

8. Economia de Água:

A água das chuvas, por meio de sistemas de captação e armazenamento, pode ser utilizada em atividades não potáveis como descargas sanitárias, limpeza de áreas externas e irrigação de jardins. Essa prática contribui para a redução do consumo de água tratada, gera economia para os sistemas públicos de abastecimento e promove o uso sustentável dos recursos hídricos.

A Figura 1, mostra o Parque Minghu, que segundo ArchDaily Brasil (2015) é um parque urbano e um pântano (área alagadiça) localizado na cidade de Liupanshui, na China. Foi um projeto de recuperação ecológica que transformou uma área degradada às margens do rio Shuicheng em um espaço público funcional e sustentável. O parque foi projetado para cumprir diversas funções, como recuperar as águas do rio poluído de forma natural, reter e absorver as águas das chuvas para controlar inundações, ajudar a regular a temperatura local e a melhorar a qualidade do ar na cidade etc., ou seja, atua na restauração ambiental e como um espaço social.

Figura 1 | Parque Minghu.



Fonte: ArchDaily Brasil / Turenscape.

2.1 TÉCNICAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA CIDADE-ESPONJA

De acordo com Zhang et al. (2018), a implementação do conceito de cidades-esponja deve seguir cinco princípios fundamentais que garantem sua eficácia e sustentabilidade. A proposta envolve uma abordagem em múltiplos níveis, que atua desde o nível do lote até o da bacia hidrográfica, assegurando coerência entre intervenções locais e regionais. Além disso, requer alta capacidade de retenção hídrica, capaz de responder tanto a eventos de chuva leves quanto intensos. Outro aspecto essencial é a versatilidade das soluções, que devem combinar o controle de enchentes, à redução da poluição e o aproveitamento da água. A integração sistêmica entre arquitetura, urbanismo, paisagismo e infraestrutura também é indispensável, assim como o planejamento de longo prazo, que assegura ações contínuas e cumulativas ao longo do tempo.

Complementando o que foi dito por Zhang et al. (2018), a implementação da cidade esponja tem o compromisso de fortalecer de forma abrangente a mitigação de inundações, a melhoria do ambiente aquático, a reciclagem de recursos hídricos e a restauração da ecologia aquática, e para implementar sua construção será fundamental muitos profissionais qualificados, em todos os estágios de construção. No modo de implantação Chines, o governo tem a responsabilidade principal. O governo central atua como promotor e os governos municipais locais como organizadores da construção e do gerenciamento da cidade-esponja (Yin et al., 2022).

São diversas as técnicas e soluções envolvidas na criação de cidades-esponja, que podem ser aplicadas à cidade de São José dos Campos. Entre as mais comuns estão as SBNs, que consistem em projetos e ações inspirados nos processos e nas dinâmicas naturais, com o objetivo de fortalecer a resiliência urbana e promover serviços ecossistêmicos essenciais. Entre suas aplicações estão o manejo sustentável de recursos naturais, a conservação de ecossistemas, a infraestrutura verde e outras estratégias que integram o ambiente natural ao planejamento urbano (IUCN, 2020).

Algumas dessas soluções são divididas entre Infraestrutura Verde e Infraestrutura Híbrida e Políticas Públicas:

2.1.1 Infraestrutura Verde (SBNs):

a. Telhados Verdes e Paredes Vivas

São sistemas construtivos que incorporam vegetação sobre coberturas de edificações, com o objetivo de melhorar o desempenho ambiental urbano. Eles atuam na retenção de águas pluviais, redução da temperatura superficial, aumento do isolamento térmico e melhoria da qualidade do ar, além de contribuírem para a biodiversidade e o conforto urbano. Basicamente são telhados com vegetação plantados sobre um meio de crescimento (substrato). O conceito foi projetado e desenvolvido para promover o crescimento de várias formas de vegetação no topo dos edifícios e, assim, proporcionar benefícios estéticos, ambientais e econômicos.

Edifícios públicos ou privados (Figura 2), absorvendo a água da chuva e melhorando o isolamento térmico. Como exemplo de caso, Tóquio (Japão) acelerou o processo de implementação dessa solução ao exigir que todos os edifícios de novas construções tivessem telhados verdes. Edifícios privados de mais de 1000 m² e edifícios públicos com mais de 250 m² devem ter 20% do telhado coberto por vegetação ou pagam multa (Vijayaraghavan, 2016).

Figura 2 | Telhado Verde.



Fonte: Revista Casa e Jardim (2022)

b. Pavimentos Permeáveis

São pavimentos cuja estrutura é composta de materiais granulares de tamanho maior, de forma a permitir a infiltração da água das chuvas, pois possuem maior permeabilidade que pavimentos tradicionais. São estruturados a partir de diversos materiais que favorecem a infiltração hídrica, entre eles asfalto poroso, concreto permeável, blocos intertravados com permeabilidade parcial (Figuras 3) e revestimentos de cascalho, contribuindo para o controle do escoamento superficial urbano.

Figura 3 | Calçada Permeável



Fonte: Mapa da Obra, 2018.

Os pisos permeáveis devem ser projetados de forma a permitir o escoamento e a infiltração da água no solo ou em sistemas de drenagem adequados (Figuras 4), assegurando ao mesmo tempo a resistência mecânica necessária para suportar e transmitir as cargas ao terreno de forma segura (CNM, 2023).

Figura 4 | Rua com Pavimento Permeável em Vila Velha - ES



Fonte: CNM, 2023.

c. Jardim de Chuva:

Jardins de chuva são pequenas áreas densamente vegetadas projetadas para armazenar e infiltrar a água da chuva (Figura 5). Geralmente, esses jardins são implementados no próximos a edificações, com o objetivo de capturar e infiltrar a água proveniente da drenagem de telhados. O escoamento filtrado pode ser recolhido e direcionado a sistemas de transporte de água por meio de tubulações, ou, quando o solo local permite, infiltrado diretamente no terreno circundante.

Figura 5 | Jardim de Chuva em São Paulo



Fonte: RECICLASAMPA, 2022.

Essas estruturas têm como finalidade capturar e tratar o escoamento de eventos pluviais frequentes, enquanto o excesso de água proveniente de chuvas intensas é encaminhado para sistemas de drenagem. Recomenda-se usar vegetação nativa, capaz de resistir a períodos de inundação ocasional.

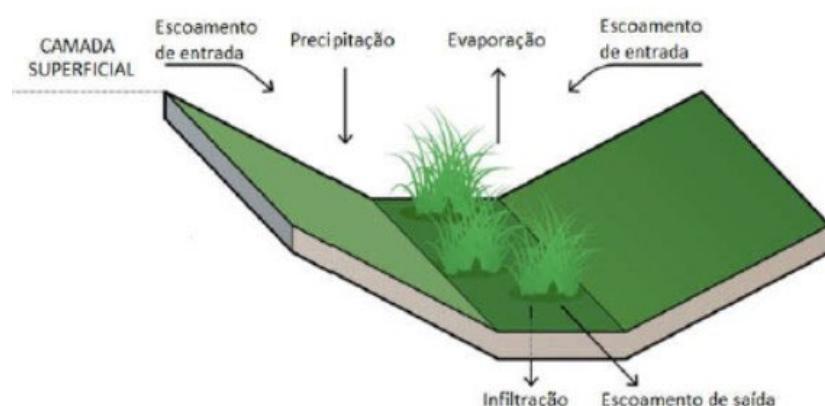
Os jardins de chuva são geralmente organizados em três zonas de acordo com a umidade do solo. A zona mais superficial apresenta solo relativamente seco, adequado para plantas menos tolerantes ao encharcamento. A zona intermediária mantém o solo úmido temporariamente durante períodos de chuva e deve abrigar espécies que tolerem encharcamento temporário. Por fim, a zona mais profunda retém água por períodos mais longos, devendo ser cultivada com espécies resistentes a inundações prolongadas (Fogueiro, 2019).

d. Valas de Infiltração:

As valas de infiltração (figura 6) são estruturas lineares vegetadas projetadas para coletar o escoamento superficial e favorecer sua infiltração gradual no solo, atuando simultaneamente na remoção de poluentes por meio de processos naturais de filtração.

A adoção desse tipo de solução oferece diversos benefícios ambientais e urbanos, pois representa uma alternativa sustentável que complementa e alivia a carga dos sistemas tradicionais de drenagem. Entre suas vantagens destacam-se a melhoria da qualidade da água, a redução da sobrecarga nas redes de drenagem, a preservação da biodiversidade urbana, o aumento da disponibilidade de água limpa, a diminuição do risco de inundações e a mitigação dos efeitos de ilhas de calor. Além disso, contribui para reduzir custos de manutenção urbana, melhorar o microclima local e proporcionar conforto acústico em áreas densamente edificadas (Lopes Bezerra, 2022).

Figura 6 | Esquema de valas de infiltração



Fonte: Delci, Costa e Koide, 2019.

2.1.1 Infraestrutura Híbrida e Políticas Públicas

a. Bacia de Contenção:

Bacias de contenção ou Lagoas Pluviais (Figura 7), são estruturas vegetadas destinadas a armazenar temporariamente as águas provenientes das chuvas, contribuindo para reduzir o volume e retardar o escoamento em direção aos sistemas de drenagem convencionais. Além de favorecer a infiltração no solo e a recarga dos aquíferos, essas estruturas auxiliam na prevenção de alagamentos em áreas urbanas.

A implantação de lagoas pluviais requer extensas áreas livres, o que impõe desafios à sua aplicação em regiões densamente ocupadas. Entre os benefícios associados ao seu uso, destacam-se a capacidade de armazenar grandes volumes de água, a melhoria da qualidade hídrica e a promoção de habitats naturais. Entretanto, sua principal limitação reside na demanda por grandes espaços para viabilizar a construção e operação do sistema (Brasil, 2023).

Figura 7 | Bacia de Contenção



Fonte: ArchDaily Brasil / Mans Berg.

b. Incentivos Urbanísticos:

As soluções baseadas em SBNs propostas nos itens anteriores, frequentemente exigem investimentos substanciais, além disso, dependendo da solução, elas podem apresentar custos de manutenção significativos. Existe incompatibilidade entre o valor econômico/social/ambiental de infraestruturas verdes e sua análise financeira. Os benefícios quantificados dessas soluções podem não compensar os altos custos de implementação, desencorajando os proprietários de edifícios a investir

nestas soluções.

O alinhamento das expectativas de ambos os agentes, públicos e privados, em relação ao desenvolvimento de infraestrutura verde, deve ser feita através do uso de incentivos, com configurações distintas dependendo das cidades, e que promovam e facilitem a adoção de infraestrutura verde por investidores privados.

Liberalesto et al. (2020) desenvolveram um estudo com 113 cidades de 19 países, onde concluíram que, apesar das dificuldades apontadas acima, diversas cidades do mundo estão incluindo a infraestrutura verde nas suas agendas de políticas públicas, como uma solução a ser considerada para áreas urbanas.

Para incentivar proprietários a adotarem infraestruturas verdes, as prefeituras devem destacar os benefícios não monetários, como os ambientais e sociais. As políticas de incentivo podem ser feitas através de programas de educação ambiental, códigos e regulamentos de construção, classificação de desempenho de sistemas, medidas regulatórias, reduções de impostos e incentivos financeiros.

Na implementação da infraestrutura verde, a eficácia das políticas públicas depende da atuação estratégica dos gestores municipais. Cabe a eles desenvolver e aplicar instrumentos urbanísticos que incentivem as práticas sustentáveis cabíveis, assegurando que essas políticas realmente estimulem a redução dos impactos ambientais decorrentes do processo de urbanização.

c. Educação Ambiental e Participação Cidadã:

A educação ambiental e a participação cidadã são componentes essenciais para o sucesso das estratégias de cidades-esponja, uma vez que a adoção de SBNs depende, em grande medida, da compreensão e do engajamento da população.

Pesquisas recentes evidenciam que projetos de infraestrutura verde têm maior aceitação e eficácia quando acompanhados de ações de conscientização pública e de divulgação clara dos benefícios socioambientais. Wang et al. (2024), ao analisar intervenções de cidades-esponja na China, destacam que a percepção da população sobre o valor ecológico e sobre a redução dos impactos das enchentes aumenta significativamente quando há campanhas educativas promovidas pelo poder público.

De forma semelhante, estudos como os de Shi et al. (2024) demonstram que atitudes positivas em relação à infraestrutura verde estão diretamente relacionadas ao nível de informação

e contato prévio da comunidade com temas ambientais, reforçando a necessidade de programas permanentes de sensibilização e formação cidadã.

Nesse sentido, recomenda-se que municípios desenvolvam campanhas educativas, workshops e processos participativos tanto para a comunidade quanto para empresas locais, ampliando a corresponsabilidade sobre a gestão das águas pluviais. A participação ativa da sociedade é destacada por Guo (2023), que argumenta que intervenções sustentáveis tornam-se mais consistentes quando moradores e organizações são inseridos desde o planejamento até a manutenção das soluções. Além disso, iniciativas brasileiras em educação ambiental voltadas à sustentabilidade urbana, como as discutidas no Blog Medeage (2023), reforçam que ações formativas, oficinas práticas, capacitações e atividades comunitárias fortalecem a cultura de prevenção e estimulam mudanças de comportamento relacionadas ao uso do solo, permeabilidade e conservação de áreas verdes.

3 METODOLOGIA

Conforme mencionado na introdução, este estudo utilizará uma Matriz de Priorização Ponderada (MPP) para avaliar e classificar as diferentes Soluções Baseadas na Natureza (SBNs) adequadas à implementação em São José dos Campos, conforme aplicabilidade defendida por Jannuzzi, Miranda e Silva (2009). Para isso, serão definidos os critérios considerados mais relevantes para o município, tomando como referência suas necessidades mais prementes e os desafios ambientais e urbanos identificados (Da Silva Filho *et al.*, 2025).

A MPP é uma técnica de apoio à decisão que permite ordenar e classificar as alternativas (SBNs), segundo critérios previamente definidos, para então atribuir pesos à importância de cada critério e pontuar cada alternativa de acordo com esses critérios (Oliveira *et al.*, 2025).

Essa metodologia oferece uma abordagem rápida e eficiente para categorizar os fatores mais relevantes para a tomada de decisão, além disso, ajuda a tornar o processo de decisão transparente, replicável e adaptado ao contexto local, sendo especialmente útil em estudos urbanos e ambientais (Cunha *et al.*, 2021). Um dos benefícios é permitir que múltiplos critérios (quantitativos e qualitativos) sejam incorporados de forma sistemática, evitando decisões baseadas apenas na intuição ou sustentadas por um único critério (Guerreiro Martin *et al.*, 2023; Campos, 2012).

3.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO

a. Definição dos Critérios:

Para a definição dos critérios, foram analisados os fatores mais importantes para a implementação de técnicas de cidades-esponja, em São José dos Campos, tomando por referencial as características ambientais e urbanas do município, especialmente sua recorrência de alagamentos, o avanço da impermeabilização do solo, as áreas de maior vulnerabilidade socioambiental e as demandas identificadas nos principais planos e diagnósticos municipais, como o Plano Diretor e o Plano Municipal de Saneamento Básico.

Critério 1: **Impacto no Controle de Inundações (ICI)** - Avalia o quanto cada SBN contribui para retenção, infiltração ou desaceleração do escoamento superficial.

Critério 2: **Viabilidade Técnica (VT)** - Analisa a disponibilidade de área, compatibilidade com a infraestrutura existente e exigências de engenharia.

Critério 3: **Custo de Implementação e Manutenção (CIM)** - SJC possui orçamento municipal controlado e extensa malha urbana que exige manutenção contínua.

Critério 4: **Benefícios Socioambientais (BS)** - Melhoria da qualidade do ar e da água, redução de ilhas de calor, valor estético, lazer, segurança.

b. Atribuição dos pesos aos critérios:

Foram atribuídos pesos percentuais com base na urgência do problema de enchentes em SJC e em seus Planos Diretores. A Lei Complementar Municipal nº 612/2018, que institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) de São José dos Campos (SÃO PAULO, 2018), estabelece as diretrizes estruturantes para o desenvolvimento urbano e territorial do município. Seu conteúdo oferece base legal para a adoção de ações voltadas à resiliência urbana, à integração de infraestrutura verde, à promoção da equidade territorial e ao uso sustentável do solo — elementos centrais para a implementação do conceito de cidade-esponja. Ao orientar políticas públicas e instrumentos urbanísticos, o PDDI busca consolidar um modelo de crescimento urbano sustentável e ambientalmente responsável.

Critério ICI – São José dos Campos enfrenta episódios recorrentes de alagamentos associados à alta impermeabilização e à ocupação próxima a cursos d’água. Assim, soluções com maior

capacidade de reduzir volume e velocidade do escoamento devem ter peso prioritário. A literatura sobre cidades-esponja demonstra que o critério “controle de enchentes” é o mais relevante para decisão pública (Wang *et al.*, 2024) = **40%**

Critério VT - A literatura especializada em infraestrutura verde e cidades-esponja aponta que a viabilidade técnica é um dos fatores que mais influenciam o desempenho real das SBN, uma vez que falhas ou incompatibilidade com o contexto local reduzem significativamente sua eficácia hidrológica e vida útil (Wang *et al.*, 2024 ; Shi *et al.*, 2024) = **30%**

Critério CIM - SBNs exigem manutenção regular (poda, limpeza, inspeções). Pesquisas apontam que a falta de manutenção reduz rapidamente sua eficácia, portanto é um critério relevante (Longo; Da Silva; Roveda, 2018) = **20%**

Critério BS - Em cidades como SJC, que buscam identidade sustentável, qualidade de vida com mais áreas verdes, tais benefícios são estratégicos (MEDEAGE, 2023) = **10%.**

c. Escolha das Alternativas (SBNs):

As alternativas avaliadas para implementação em São José dos Campos serão:

1. Telhados Verdes
2. Jardins de Chuva
3. Pisos Permeáveis
4. Bacia de Contenção

Para cada alternativa acima, foi atribuída uma nota, relativamente a cada critério em análise.

Foi usada uma escala de 1 até 5 para as notas, sendo 1 = Muito baixo, 2 = Baixo, 3 = Médio, 4 = Alto, tendo por direcionadores o PDDMAP – Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais (São José dos Campos, 2021) e o PDDI (São Paulo, 2018).

1 Telhados Verdes:

Critério ICI = Nota **3**: Contribuem para retardar o escoamento e reter parte da água no próprio edifício. O PDDI incentiva infraestrutura verde; porém, o PDDMAP prioriza intervenções distribuídas no solo (infiltração direta), o que limita seu impacto territorial no controle de inundações.

Critério VT = Nota **2**: Dependem de capacidade estrutural das edificações e reforço de laje. O PDDMAP alerta para limitações de soluções que exigem obras estruturais complexas; o PDDI

reconhece a diversidade tipológica das edificações, o que reduz sua viabilidade ampla em SJC.

Critério CIM = Nota 4: Elevados custos de instalação (impermeabilização, drenagem, reforço estrutural) e manutenção contínua. O PDDMAP destaca que soluções estruturais complexas têm maior custo e dependem de orçamento.

Critério BS = Nota 4: Ampliam áreas verdes, reduzem ilhas de calor, melhoram conforto térmico e qualidade do ar. Alinhados ao PDDI (equilíbrio ambiental e qualidade urbana).

2 Jardins de Chuva:

Critério ICI = Nota 5: O PDDMAP (Etapa 2) destaca jardins de chuva como uma das principais técnicas de infiltração local para reduzir picos de vazão. A água é retida, filtrada e infiltrada no próprio lote/via. Altíssimo impacto para controle de enchentes urbanas.

Critério VT = Nota 5: Recomendados no PDDMAP devido à sua fácil instalação, pouco impacto na infraestrutura existente e alta adaptabilidade territorial. Compatíveis com vias, praças e áreas públicas.

Critério CIM = Nota 1: Baixo custo de implantação e manutenção simples, conforme o próprio PDDMAP indica ao priorizar técnicas de infiltração vegetada distribuída. Excelente relação custo-benefício.

Critério BS = Nota 5: Geram múltiplos benefícios: paisagismo, biodiversidade, infiltração, filtragem e redução de calor. Estão entre as SBNs mais socioambientalmente completas segundo o PDDMAP.

3 Pisos Permeáveis:

Critério ICI = Nota 4: Reduzem significativamente o escoamento superficial, promovendo infiltração local. O PDDMAP recomenda ampliação de áreas permeáveis como ação essencial. Impacto elevado, embora menos intenso que jardins de chuva em filtragem e capacidade de bioretenção.

Critério VT = Nota 4: Tecnologicamente viáveis para calçadas, estacionamentos e vias locais. Demandam preparo do subleito, mas estão alinhados à política de infiltração local do PDDMAP.

Critério CIM = Nota 3: Custo intermediário: o material é mais caro, mas manutenção periódica (desobstrução) é simples. O PDDMAP reconhece benefícios, mas a implantação ampla exige investimento moderado.

Critério BS = Nota 3: Benefícios ambientais moderados: infiltração e redução de escoamento, mas baixo impacto em biodiversidade e conforto térmico.

4 Bacias de Contenção:

Critério ICI = Nota 5: O PDDMAP (Etapa 1) prevê reservatórios como instrumento central de macrodrenagem, controlando grandes volumes e amortecendo picos de cheia. Impacto muito alto.

Critério VT = Nota 3: Requerem áreas disponíveis, estudos topográficos e intervenções estruturais. Viabilidade técnica moderada, conforme identificado no PDDMAP para reservatórios urbanos.

Critério CIM = Nota 5: Obras caras e manutenção contínua (desassoreamento, inspeção estrutural). O PDDMAP descreve reservatórios como intervenções de alto investimento dentro da macrodrenagem.

Critério BS = Nota 3: Benefícios indiretos, principalmente segurança contra enchentes. Geram poucos benefícios estéticos/ambientais, exceto quando integradas a parques (quando possível).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1, demonstra como ficou cada SBN em análise, frente aos critérios:

Tabela 1 | Valor dos critérios para cada SBN

SBN	ICI	VT	CIM	BS
Telhado Verde	3	2	4	4
Jardim de Chuva	5	5	1	5
Pisos Permeáveis	4	4	3	3
Bacia de Contenção	5	3	5	3

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

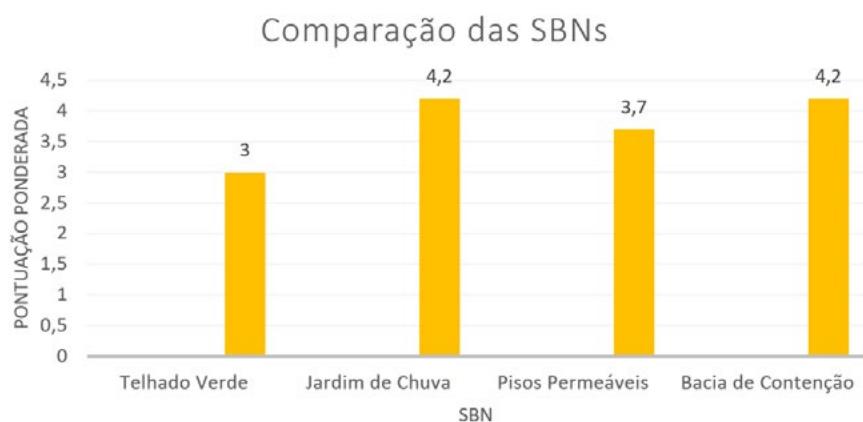
A Matriz Ponderada (Tabela 2) leva em consideração, além das notas atribuídas aos SBNs x Critérios, os pesos atribuída a cada critério.

Tabela 2 | Matriz Ponderada

SBN	ICI (0,4)	VT (0,3)	CIM (0,2)	BS (0,1)	Pontuação Final
Telhado Verde	$3 \times 0,4 = 1,2$	$2 \times 0,3 = 0,6$	$4 \times 0,2 = 0,8$	$4 \times 0,1 = 0,4$	3,0
Jardim de Chuva	$5 \times 0,4 = 2,0$	$5 \times 0,3 = 1,5$	$1 \times 0,2 = 0,2$	$5 \times 0,1 = 0,5$	4,2
Pisos Permeáveis	$4 \times 0,4 = 1,6$	$4 \times 0,3 = 1,2$	$3 \times 0,2 = 0,6$	$3 \times 0,1 = 0,3$	3,7
Bacia de Contenção	$5 \times 0,4 = 2,0$	$3 \times 0,3 = 0,9$	$5 \times 0,2 = 1,0$	$3 \times 0,1 = 0,3$	4,2

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

Com a ponderação final calculada. O Gráfico 1 apresenta a comparação entre as SBNs.

Gráfico 1 | Matriz Ponderada Comparação das SBNs

Fonte: Autores

Os resultados da matriz ponderada indicam que Jardins de Chuva e Bacias de Contenção obtiveram as maiores pontuações (4,2), destacando-se como as SBNs mais adequadas para São José dos Campos segundo os pesos definidos, fortemente direcionados ao controle de inundações (40%) e à viabilidade técnica (30%).

Os Jardins de Chuva apresentam desempenho superior por sua alta capacidade de infiltração e pela elevada compatibilidade com a malha urbana existente, conforme reforçam as diretrizes do PDDMAP voltadas à ampliação de dispositivos de microdrenagem sustentável. Já as Bacias de Contenção se destacam pela eficiência hidrológica e pela aderência às metas do PDDMAP para aumento de capacidade volumétrica de armazenamento em bacias hidrográficas críticas.

Os Pisos Permeáveis, embora bem avaliados (3,7), apresentam limitações em custo e manutenção, especialmente quando aplicados em larga escala, o que reduz sua pontuação na ponderação. Por fim,

os Telhados Verdes obtiveram o menor índice (3,0), não por falta de benefícios, mas devido à menor viabilidade técnica na infraestrutura consolidada da cidade e ao impacto hidrológico mais restrito em comparação às demais alternativas.

Assim, a análise ponderada mostra que intervenções de infiltração e retenção diretas no solo, como jardins de chuva e bacias de contenção, são mais alinhadas às prioridades municipais estabelecidas pelo PDDI e, especialmente, pelo PDDMAP, configurando-se como estratégias preferenciais para transformar São José dos Campos em uma cidade-esponja.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo avaliar quais Soluções Baseadas na Natureza (SBN) apresentam maior potencial de aplicação em São José dos Campos para a mitigação de enchentes e a promoção de uma infraestrutura urbana mais resiliente. Para isso, desenvolveu-se uma matriz ponderada composta por critérios alinhados às diretrizes do município e à literatura especializada, permitindo comparar alternativas de acordo com sua eficácia, impacto ambiental, viabilidade técnica e custo de implementação.

Os resultados evidenciaram que jardins de chuva e bacias de contenção obtiveram as maiores pontuações (4,2), destacando-se como estratégias prioritárias para intervenções no município. Pisos permeáveis e telhados verdes também apresentaram desempenho relevante, embora com menor aderência ao conjunto de critérios estabelecido. Esses achados reforçam a importância de soluções que privilegiam a infiltração e a retenção de águas pluviais, especialmente em áreas críticas do território urbano.

As contribuições do estudo são principalmente práticas: a metodologia adotada oferece um instrumento simples e replicável para apoiar gestores públicos na seleção de SBNs com melhor relação entre eficiência, viabilidade e benefício ambiental. Ademais, demonstra-se que a consolidação de uma infraestrutura verde efetiva depende de planejamento de longo prazo, integração multidisciplinar e participação social contínua, reforçando o papel estratégico das políticas públicas de adaptação climática.

Desse modo, os resultados obtidos reafirmam que a adoção de SBNs, orientada por critérios objetivos e contextualizada às características do município, constitui caminho essencial para que São José dos Campos avance na direção de se tornar uma cidade-esponja resiliente e ambientalmente sustentável.

REFERÊNCIAS

ARCHDAILY BRASIL. “Parque Minghu / Turenscape” [Minghu Wetland Park / Turenscape] 21 Dez 2015. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/778365/minghu-wetland-park-turenscape>. ISSN 0719-8906. Acesso em: 25 out. 2025.

BAND VALE. Chuva forte provoca alagamentos em bairros de São José dos Campos. Band Vale, São José dos Campos, 2023. Disponível em: <https://www.band.uol.com.br/vale>. Acesso em: 10 set. 2025.

BENEVIDES, K. D. G.; BENEVIDES, P. P.; BENEVIDES, M. P.; VIAGI, A. F.; MOURA, R. A. (2025). Neuroengenharia: uma pesquisa sobre Inteligência Artificial em um posto de trabalho compartilhado entre humano e máquina. Revista Exatas, [S. I.], v. 31, n. 2, 2025. DOI: 10.69609/1516-2893.2025.v31.n2.a4017. <https://periodicos.unitau.br/exatas/article/view/4017>

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID: dados de registros de desastres (1991–2022). Brasília, 2023. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br>>. Acesso em: 10 out. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Guia de Soluções Baseadas na Natureza para Cidades Sustentáveis. Brasília: MMA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/>. Acesso em: 10 set. 2025.

CAMPOS, V. R. Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

CEPED UFSC – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991–2022. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2023. Disponível: <<https://ceped.ufsc.br/atlas-brasileiro-de-desastres-naturais/>>. Acesso em: 15out25.

CNM - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. Contribuições das Soluções Baseadas na Natureza: guia para gestão municipal. Brasília: CNM, 2023. Disponível em: https://cnm.org.br/storage/biblioteca/2023/Livros/2023_LIV_MAMB_Contribuicoes_Solucoes_Baseadas_Natureza.pdf.

CUNHA, I. O. J.; JUNIOR, I. A. C.; MOURA, G. G.; MOURA, R. A.; SILVA, M. B. Segurança e ergonomia para força laboral feminina: interação com máquinas colaborativas. Sodebras. Vol. 16. N° 187. 2021. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.187.08>

DA SILVA FILHO, A. L.; BENEVIDES, M. P.; NOHARA, E. L.; DE MOURA, R. A. (2025). Engenharia mecânica na construção de máquina-ferramenta portátil para usinar peças de até 1200 milímetros de diâmetro. ARACÊ, [S. I.], v. 7, n. 7, p. 40298–40314, 2025. DOI: [10.56238/arev7n7-295. https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/6788](https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/6788)

DELCI, F.N.C.; COSTA, M.E.L.; KOIDE, S. Estudo de Implantação de Sistemas de Drenagem Sustentável em Santa Maria – DF. Conference Paper: 5º Simpósio de Sistemas Sustentáveis. Porto Alegre, RS, 2019.

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.

GUERRERO-MARTIN, C. A. et al. Analysis of environmental sustainability through a weighting matrix in the oil and gas industry. Sustainability, v. 15, n. 11, p. 9063, 2023.

GUO, X. Building Resilient Sponge Communities through Government Interventions: Exploring the Role of Community and Stakeholder Participation in Sustainable Economic and Environmental Development. AgBioForum, v. 25, n. 1, p. 107-117, 2023.

HABITABILITY. Cidades-esponja no Brasil, uma estratégia de resiliência. Portal Habitability, 2023. Disponível em: <https://habitability.com.br/cidades-esponja-no-brasil-uma-estrategia-de-resiliencia/>. Acesso em: 10 set. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados: São José dos Campos (SP). Rio de Janeiro: IBGE,

2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-jose-dos-campos>. Acesso em: 15 set. 2025.

IUCN - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. Guidance for using the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions: a user-friendly framework for the verification, design and scaling up of Nature-based Solutions. 1. ed. Gland, Switzerland: IUCN, 2020. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/node/49070>. Acesso em: 30 out. 2025.

JANNUZZI, P. de M.; MIRANDA, W. L. de; SILVA, D. S. G. da. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. Revista Informática Pública, v. 11, n. 1, p. 69-87, 2009.

JIA, H.; HU, J.; HUANG, T.; CHEN, A. S.; MA, Y. Urban runoff control and sponge city construction. Water, v. 14, n. 12, p. 1910, 2022.

LI, Z.; XU, S.; YAO, L. A Systematic Literature Mining of Sponge City: Trends, Foci and Challenges Standing Ahead. Sustainability, v. 10, n. 4, p. 1182, 2018.

LIBERALESSO, T.; CRUZ, C.O; SILVA, C.M.; MANSO M. Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives. Land use policy, v. 96, p. 104693, 2020.

LONGO, R. M.; DA SILVA, A. L.; ROVEDA, J. A. F. Environmental impact assessment using a weighted global index: a methodological proposal. Environmental Impact IV, v. 215, p. 13, 2018.

LOPES BEZERRA, P.H.; COUTINHO, A.P.; LASSABATERE, L.; SANTOS NETO, S.M.d.; MELO, T.d.A.T.d.; ANTONINO, A.C.D.; ANGULO-JARAMILLO, R.; MONTENEGRO, S.M.G.L. Water Dynamics in an Infiltration Trench in an Urban Centre in Brazil: Monitoring and Modelling. Water, v. 14, n. 4, p. 513, 2022.

MEDEAGE. Educação ambiental: o caminho para cidades sustentáveis e resilientes. 2023. Disponível em: <https://www.medeage.com.br/blog/educacao-ambiental-o-caminho-para-cidades-sustentaveis-e-resilientes>. Acesso em: 10 set. 2025.

MONTEIRO, V. L.; ARAÚJO, G. R. M. Importância da Implementação de Cidades-Esponja: Um Estudo do Município de São José dos Campos/SP. Revista Ciências Exatas, v. 30, n. 2, 2024.

MARTINHÃO, B. A.; OLIVEIRA, A. L. A Viabilidade na Implantação de Cisternas para aproveitamento e Reutilização de Água em Residências. Revista Interface Tecnológica, v. 19, n. 1, p. 389-399, 2022.

MOURA, R. A.; MONTEIRO, V. L.; GALVÃO JUNIOR, L. C.; OLIVEIRA, M. R.; SILVA, M. B. (2024). Logística Humanitária: tecnologias digitais de comunicação na gestão de riscos de desastres. Latin American Journal of Business Management, [S. I.], v. 15, n. 1, 2024. DOI: 10.69609/2178-4833.2024.v15.n1.a775. <https://www.lajbm.com.br/journal/article/view/775>

OLIVEIRA, M. R.; BENEVIDES, K. G.; RUFINO, L. G. C.; SANTOS, D. A.; BENEVIDES, M. P.; MOURA, R. A. (2025). Direito Digital e sua limitação no uso da inteligência artificial hodierna: um ponto para reflexão e ações requeridas. CLCS, [S. I.], v. 18, n. 7, p. e19679. DOI: 10.55905/revconv.18n.7-341. <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/19679>

ONU-HABITAT. Nature-Based Solutions for Cities: Using Nature to Build Resilience and Sustainability. Nairobi: UN-Habitat, 2022. Disponível em: <https://unhabitat.org/>. Acesso em: 10 set. 2025.

RECICLASAMPA. São Paulo vai construir 400 Jardins de Chuva até 2024. ReciclaSampa Notícias, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/sao-paulo-vai-construir-400-jardins-de-chuva-ate-2024>. Acesso em: 01 nov. 2025.

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais – PDDMAP. São José dos Campos: Prefeitura Municipal, 2021. Disponível em: <<https://www.sjc.sp.gov.br/servicos/gestao-de-obras/pddmap/>>. Acesso em: 07 nov. 2025.

SÃO PAULO (Município). Lei Complementar nº 612, de 30 de novembro de 2018. Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de São José dos Campos. Diário Oficial do Município de São José dos Campos, São José dos Campos, 30 nov. 2018.

SHI, C. et al. Exploring public attitudes toward implementing green infrastructure for sponge cities. *Scientific Reports*, v. 14, 2024.

SILVA, J. P.; SANTOS, M. L. Cidades esponjas e suas técnicas compensatórias: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento Urbano*, v. 8, n. 2, p. 45–63, 2022.

SOUSA, M. "Cidade-esponja: a natureza é a solução para inundações" 07 Set 2019. ArchDaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/924346/cidade-esponja-a-natureza-e-a-solucao-para-inundacoes>. Acesso em: 30 out. 2025.

THMAIS. Moradores da Vila Tesouro e Vila Industrial enfrentam novos alagamentos em São José dos Campos. Portal THMais, São José dos Campos, 2024. Disponível em: <https://www.thmais.com.br/>. Acesso em: 28 out. 2025.

VIJAYARAGHAVAN, K. Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 57, p. 740-752, 2016.

XING, ML; HAN, YM; JIANG, MM; LI, HX. Revisão da Cidade Esponja. In: Anais da conferência internacional sobre energia sustentável e engenharia ambiental, Zhuhai, China, 12–13 de novembro de 2016.

YIN, D.; XU, C.; JIA, H.; YANG, Y.; SUN, C.; WANG, Q.; LIU, S. Sponge City Practices in China: From Pilot Exploration to Systemic Demonstration. *Water*, v. 14, n.10, p. 1531, 2022.

WANG, W. et al. Environmental policy effect of sponge city projects in China. *Sustainability*, v. 16, n. 13, p. 5685, 2024.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). *Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019)*. Geneva: WMO, 2021. Disponível em: <<https://library.wmo.int/records/item/54374-atlas-of-mortality-and-economic-losses-from-weather-climate-and-water-extremes-1970-2019>>. Acesso em: 28 out. 2025.

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.



fapeti

FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA,
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO



UNITAU
Universidade de Taubaté