

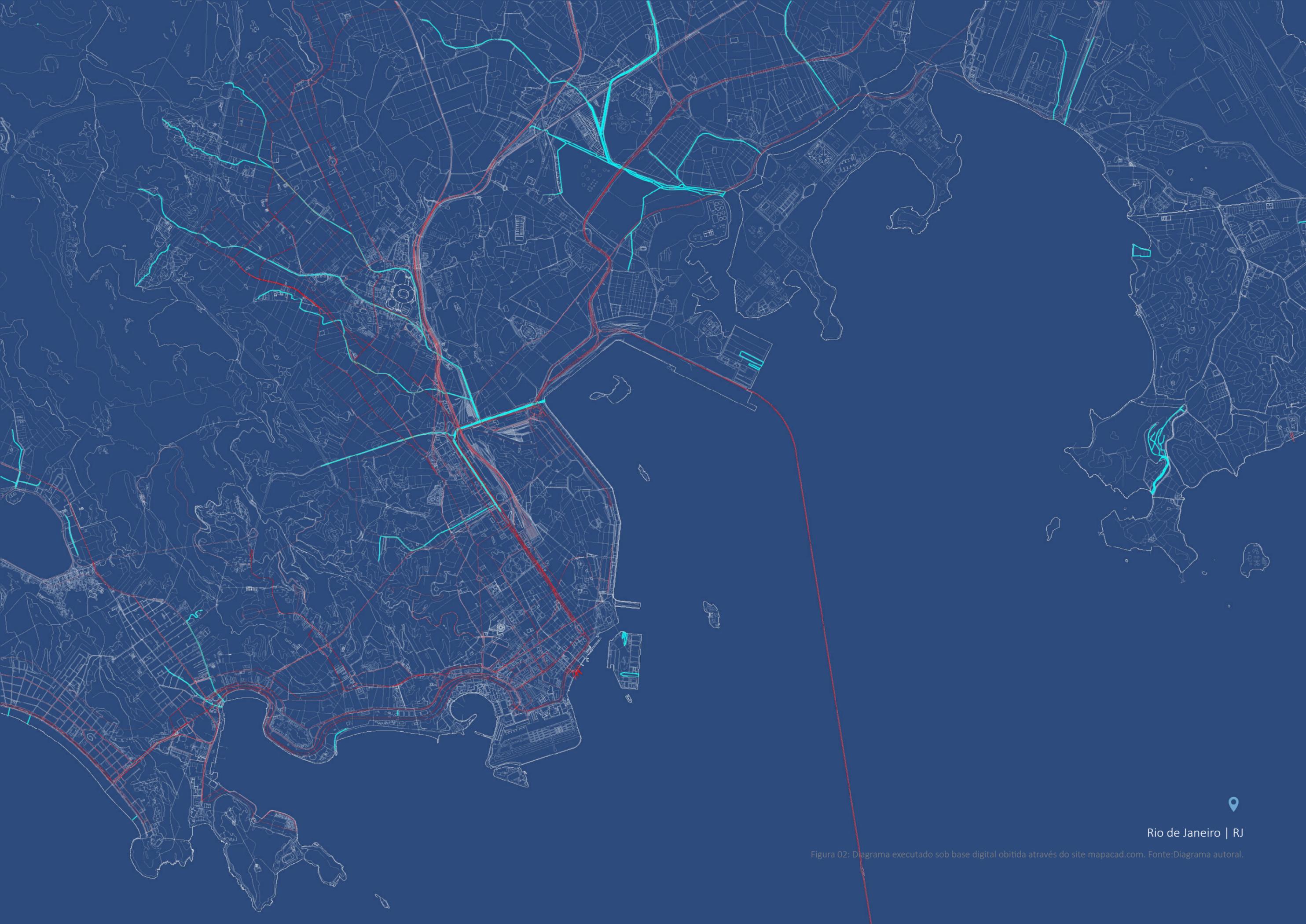
SbN

Catálogo de Soluções Baseadas
na Natureza para Espaços Livres.

guajava

AQUAFLORA

*
KRALINGEN



Rio de Janeiro | RJ

Figura 02: Diagrama executado sob base digital obtida através do site mapacad.com. Fonte:Diagrama autoral.

Produto 2

Catálogo de Soluções baseadas na Natureza para Espaços Livres.

Esse catálogo integra material de elaboração de Metodologia para quantificação dos riscos e benefícios ambientais, econômicos e sociais de Soluções baseadas na Natureza (SbN) adotadas na implantação de Parques Lineares e Fluviais; Projeto Básico do Parque Linear do Córrego Bandeirantes, no município de Campinas- SP e Modelagem econômico financeira para manutenção do Parque Fluvial do Jardim Maravilha, no município do Rio de Janeiro- RJ.

Essa ação foi financiada com recursos do The City Climate Finance Gap Fund (“Gap Fund Initiative”), uma iniciativa entre Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Segurança Nuclear e Proteção ao Consumidor da Alemanha (BMUV), Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) e o Ministério do Meio Ambiente, Clima e Desenvolvimento Sustentável de Luxemburgo, e implementada por meio do projeto SuPPUrbP - City Climate Finance Gap Fund, pelo Banco Europeu de Investimento em parceria com a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), e Banco Mundial. Essa publicação foi realizada por uma equipe formada por consultores independentes sob a coordenação da Secretaria Municipal do Ambiente e Clima- SMAC, Rio de Janeiro- RJ) e da Secretaria Municipal do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável- SVDS, Campinas- SP) e da GIZ. Todas as opiniões aqui expressas são de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente a posição da GIZ, da SMAC, da SVDS ou dos financiadores. Este documento não foi submetido à revisão editorial da GIZ.

A duplicação ou reprodução de partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que o The City Climate Finance Gap Fund (“Gap Fund Initiative”) seja citado como fonte da informação.

• Campinas



• Rio de Janeiro



Figura 03: Parque Linear do Córrego Bandeirantes - Campinas. Fonte:Diagrama autoral.
Figura 04: Parque Fluvial do Jardim Maravilha - Rio de Janeiro. Fonte: Diagrama autoral.



Apresentado por:

Guajava- Arquitetura da Paisagem e Urbanismo | Aquaflora
Meio Ambiente | Kralingen Economia Ambiental

Organização e coordenação técnica:

Adriana Afonso Sandre

Coordenação geral dos produtos:

Adriana Afonso Sandre e Riciane Pombo

Autores:

Adriana Afonso Sandre; Catharina Cordeiro dos Santos Lima; Daniel Thá; Dulce Ferreira de Moraes; Erika Naomi de Souza Tominaga; Filipe Chaves Gonçalves; Hanna Nahon Casarini; Jerusa Polo; João Luis Bittencourt Guimarães; Marco Antonio Loschiavo Leme de Barros; Reinaldo Pacheco; Riciane Pombo; Sarah Daher; Hugo Herrera dos Reis.

Arte Gráfica dos Dispositivos de SbN:

Adriana Afonso Sandre
Gustavo Kenichi Tarui
Letícia Oliveira da Silva
Riciane Pombo
Sarah Daher

Ano:

Julho de 2023

Diagramação:

Bianca Maria de Arruda.
Vitor Martins Garcia.



Equipe: Prefeitura Municipal de Campinas/SP

Secretaria Municipal do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável- SVDS

Rogério Menezes, Secretário Municipal

Diretoria do Verde e Desenvolvimento Sustentável- DVDS

Ângela Cruz Guirao, Diretora

Alexandre Ariolli Nascimento, Arquiteto

Diretoria de Licenciamento Ambiental- DLA

Leandro André Silveira de Arruda Melo, Assessor Técnico

Rebeca Veiga Barbosa, Coordenadora

Rafaela Bonfante Lançone, Coordenadora

Gabriel Dias Mangolini Neves, Chefe de Setor

Geraldo Magela Martins Caldeira, Engenheiro Civil

The City Climate Finance Gap Fund/ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Kadri Sternberg – Gestora de projetos

Vanessa Bauer – Gestora de projetos

Ana Carolina Câmara – Diretora de projetos

Eduarda Silva Rodrigues de Freitas – Assessora técnica

Equipe: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro/RJ

Secretaria Municipal do Ambiente e Clima- SMAC

Tainá Reis de Paula Kapaz, Secretária Municipal

Subsecretaria de Biodiversidade e Clima- SUBBC

Douglas da Silva Moraes do Nascimento, Subsecretário

Gerência de Mudanças Climáticas- GMC, Coordenação do Projeto

José Miguel Osório de Castro Carneiro Pacheco, Gerente

Marcos Borges Pereira, Engenheiro Civil

Coordenadoria de Áreas Verdes

Peterson Santos Silva, Coordenador

Gerência de Restauração Ambiental

Jeferson Pecin Bravim

Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro / RIO-ÁGUAS

Wanderson José dos Santos, Presidente de Fundação

Diretoria de Estudos e Projetos

Georgiane Costa, Diretora

Marlon Giovanni Lopes Alvarez, Engenheiro Civil

Bruno Costa Assunção, Engenheiro Civil

Rodrigo Oliveira do Nascimento, Engenheiro Civil

Ana Cristina Rodrigues Lopes, Engenheira

INTRODUÇÃO

pág. 15

CAPÍTULO 1

pág. 19

Método para seleção de soluções baseadas na natureza

1 PASSO

pág. 23

Estudo, caracterização e diagnóstico da Bacia hidrográfica e área de drenagem

2 PASSO

pág. 29

Definição dos dispositivos de SbN

Jardim De Chuva	50
Canteiro Pluvial	58
Biovaleta	70
Terraços de Chuva	78
Escada Hidráulica Vegetada	84
Poço de Infiltração	90
Bacia de Detenção	96
Bacia de Retenção	102
Bacia de Infiltração	108
Wetlands Construídos	114
Ilhas Filtrantes Flutuantes	126
Reservatório Anfíbio	132
Polder Vegetado	138
Step Pool	144
Muro de Suporte Vivo em Madeira Tipo Cribwall	152
Muro De Suporte Vivo Em Margens Fluviais	158
Grade Viva	164
Muro De Contenção Com Pedra	170
Muro De Pedra Com Vegetação	176
Muro De Suporte Tipo Cribwall Pré-Fabricado Com Vegetação	180
Muro De Gabiões Com Vegetação	186
Gabiões Planos - Colchão	190
Solo Grampeado Verde	194
Contenção De Taludes Em Geocélulas	200

3 PASSO

pág. 207

Definição de espécies vegetais para os dispositivos de SbN

4 PASSO

pág. 247

Mensuração dos Serviços Ecossistêmicos e Benefícios Sociais Pós-Implantação

CAPÍTULO 2

pág. 261

Panorama das SbN no Brasil: Desafios para implantação e estudos de caso.

CAPÍTULO 3

pg. 293

Estudos de casos: Campinas e Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

pág. 324



Figura 05: Área inundada, Malásia. Fonte: Pok Rie, Pexels.

INTRODUÇÃO

Diante dos desafios relacionados à ocorrência, cada vez mais frequente, de eventos climáticos severos em inúmeras cidades ao redor do mundo, é imperioso buscar soluções que substituam ou complementem as tecnologias existentes de engenharia de infraestrutura urbana. De forma a garantir a eficiência necessária para tornar as cidades mais resilientes às inundações, secas e ilhas de calor, dentre outros fenômenos adversos.

A Nova Agenda Urbana ratifica ser imprescindível a busca por “soluções inspiradas na natureza” que sejam eficientes e sustentáveis em garantir segurança e melhor qualidade de vida da população com redução de custos orçamentários aos municípios (ONU-HABITAT III, 2016). Nesse sentido, o termo Soluções baseadas na Natureza (SbN) tem sido adotado e defendido por diversos órgãos internacionais como estratégia para mitigar os efeitos das mudanças climáticas nas cidades. A União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) definiu SbN como ações para proteger, gerenciar de maneira sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados que respondem aos desafios sociais de maneira efetiva e adaptável, ao mesmo tempo em que promovem o bem-estar humano e benefícios à biodiversidade (COHEN-SHACHAM et. al., 2016).¹

Nesse âmbito, o City Climate Gap Fund, operacionalizado pelo Banco Europeu de Investimento (BEI) e pelo Banco Mundial, oferece assistência técnica a cidades de países emergentes e em desenvolvimento na fase inicial de projetos que visam a resiliência climática e a redução das emissões de carbono. Como parte desse programa, o BEI estabeleceu uma parceria com a agência de cooperação técnica Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, GIZ BRASIL, com o objetivo de apoiar os municípios de Campinas e do Rio de Janeiro, nessas temáticas.

Para apoiar o desenvolvimento deste programa nos dois municípios junto as prefeituras municipais de Campinas e Rio de Janeiro, foi firmado o consórcio composto pelas empresas Guajava Arquitetura da Paisagem e Urbanismo, Aquaflores Meio Ambiente e Kralingen Economia Ambiental. Com o objetivo de auxiliar gestores dos municípios brasileiros a compreender e incorporar as SbN nos projetos de parques lineares e fluviais em suas respectivas localidades.

Os produtos desenvolvidos pelo consórcio e contemplados no Programa são: a **Metodologia para Quantificação dos Riscos e Benefícios Ambientais, Econômicos e Sociais de Soluções baseadas na Natureza** (a ser adotada em projetos de Parques Lineares e Fluviais); o **Projeto básico do Parque Linear do Córrego Bandeirantes**, em Campinas (com a aplicação de dispositivos de SbN); a **Modelagem econômico-financeira para manutenção do Parque Fluvial do Jardim Maravilha no município do Rio de Janeiro** e a elaboração do presente **Catálogo de Soluções baseadas na Natureza para Espaços Livres**.

O objetivo do Catálogo é reunir informações que auxiliem o poder público a selecionar tipologias (ou dispositivos) de SbN que possam ser incorporadas aos projetos de espaços livres de uso público, integrados a uma rede de infraestrutura verde para as cidades. Optou-se por utilizar o termo “espaços livres” para nomear o

¹ A visão de que a natureza sustenta o funcionamento da sociedade e das economias no mundo foi defendida durante a Assembleia Geral da ONU, em março de 2022, onde também foi dado um alerta importante: “A degradação dos ecossistemas e perda de biodiversidade e serviços ecossistêmicos, reduzirão a capacidade das nações e suas cidades de responder às mudanças climáticas e outros desafios” (UNEP, 2022, p.13).
Figura: Pok Rie | Pexels.

Catálogo – e não parques lineares, fluviais ou áreas verdes –, por representar a abrangência da aplicabilidade das tipologias selecionadas.

Os espaços livres são áreas abertas, livres de edificação e sem coberturas, que podem ser urbanas ou não, pavimentadas ou vegetadas, de gestão pública ou privada (MAGNOLI, 2006).

O Catálogo está estruturado em três capítulos e apresenta um método para seleção dos dispositivos de SbN, reunindo informações técnicas, exemplos de aplicação, serviços ecossistêmicos prestados e os desafios para sua implantação.

O **primeiro capítulo** sugere um método, estruturado em quatro passos, para a seleção do dispositivo de SbN mais adequada ao contexto local. No **segundo capítulo** é apresentado um panorama dos desafios da implantação de SbN no Brasil, abordando questões importantes para sua viabilização nas cidades brasileiras. O **capítulo três** ilustra a aplicação do método, tendo por base os estudos de caso dos municípios de Campinas e Rio de Janeiro, os quais inspiraram a elaboração do Catálogo. Nas **considerações finais** é apontado o encadeamento lógico de todo o processo de construção do método de seleção de dispositivos de SbN, objeto deste Catálogo.

Cabe destacar que não é pretensão desta publicação esgotar o assunto, mas sim fornecer ao leitor conceitos primordiais para o planejamento e projeto da paisagem, com foco seleção de dispositivos de SbN para espaços livres. Nesse sentido, não é objetivo determinar a forma como as SbN devem ser concebidas, nem como mensurar seu impacto hidrológico, mas fornecer um instrumento ilustrado e técnico de subsídio a seleção dos dispositivos ideais para cada contexto.

Este Catálogo possibilita um importante ponto de partida para que autoridades públicas e outros atores interessados conheçam os dispositivos de SbN para aplicação em projetos de espaços livres de uso público, considerando as atuais questões ambientais e sociais envolvidas na gestão urbana.

Boa leitura!

CAPÍTULO 1

Método para seleção de soluções baseadas na natureza.

Este capítulo fornece os subsídios para projetos que incorporam os dispositivos de SbN em uma miríade de espaços livres, variando desde a escala do lote à da bacia hidrográfica.

As SbN devem ser selecionadas a partir da consideração de que os espaços livres vegetados devem exercer múltiplas funções, como conectar fragmentos de vegetação, conduzir as águas com segurança, oferecer melhorias microclimáticas, atender aos usos relacionados à moradia, trabalho, educação e lazer, garantir maior segurança social, acomodar as funções das demais infraestruturas urbanas, como transporte e abastecimento, além de atender aos objetivos de recreação, encontro e melhorias ambientais e estéticas (PELLEGRINO et al., 2006).²

Tal multifuncionalidade, inerente às concepções de infraestrutura verde e SbN, impõem uma complexidade às soluções projetuais propostas, uma vez que devem atender a uma série de critérios de desempenho, tais como:

A partir destas considerações iniciais, neste capítulo é apresentado um método para seleção de diferentes dispositivos de SbN que sejam ideais para cada contexto. Os critérios para escolha das SbN nos projetos de espaços livres podem variar em função da localização, dimensão territorial, questões socioeconômicas, urbanísticas, ambientais e legislativas.

O método para seleção do dispositivo de SbN está estruturado em quatro grandes passos, a saber:

PASSOS



² Dessa visão decorre o conceito da infraestrutura verde que, ao agregar corredores verdes urbanos, alagados construídos (wetlands), reflorestamentos de encostas e outras intervenções de baixo impacto com as melhores práticas de manejo das águas, fornece contribuições importantes para um desenho ecologicamente mais eficiente da cidade, reforçando o papel crucial dos espaços livres vegetados.

- Reduzir os riscos de inundação e amortecer as cheias, incorporando diferentes medidas de retenção e infiltração do escoamento superficial das águas ao longo da bacia hidrográfica, especialmente próximo à fonte, local onde a precipitação atinge o solo;

- Reduzir a necessidade de instalação de estruturas de detenção para conter o volume total decorrente do escoamento superficial das águas;

- Reduzir a poluição difusa por meio do processo de fitorremediação das águas e do solo;

- Melhorar o conforto ambiental ao contribuir com o processo de evapotranspiração;

- Fornecer suporte à vida – à fauna e à flora;

- Serem soluções mais econômicas em relação às infraestruturas de engenharia tradicionais.

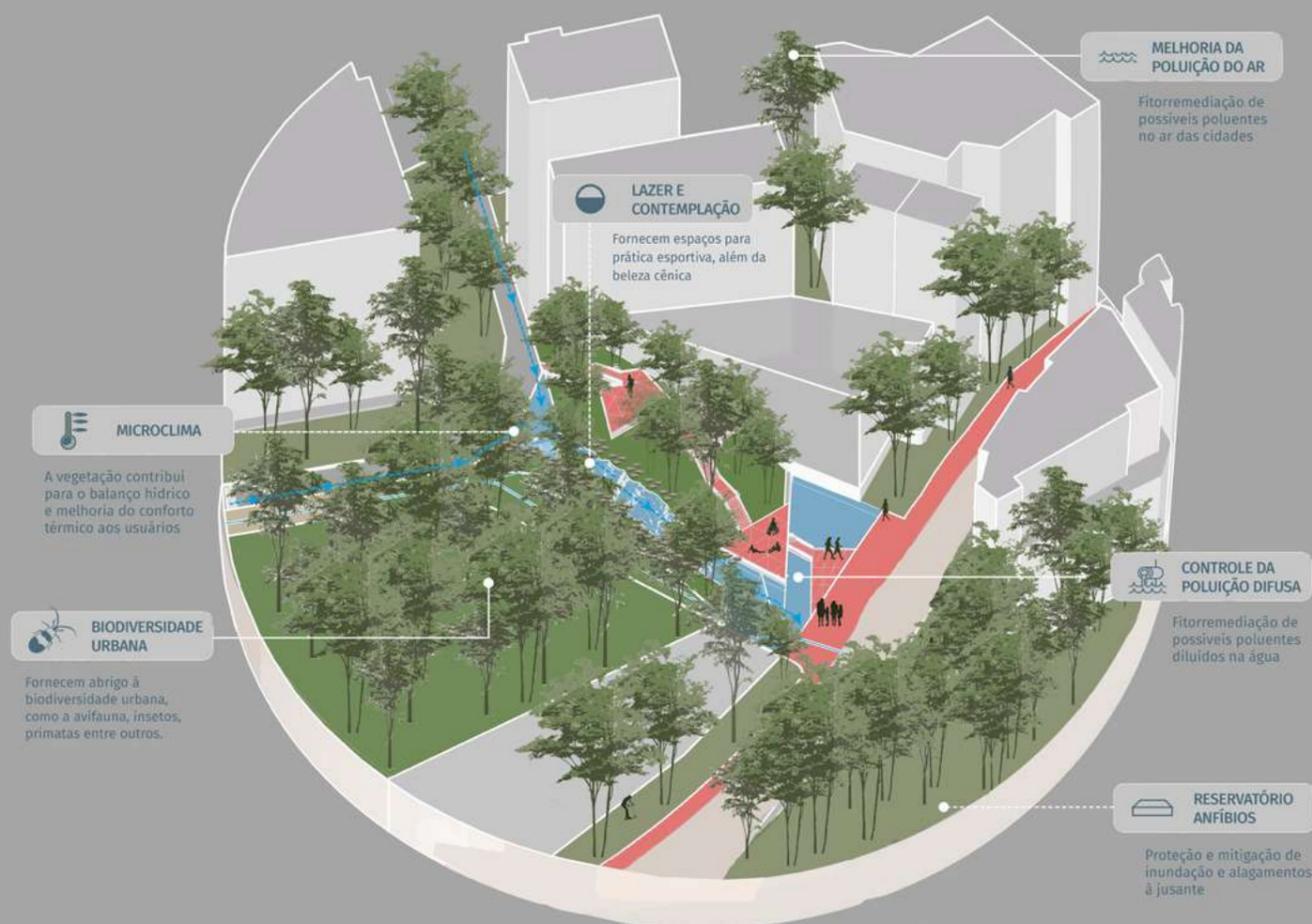
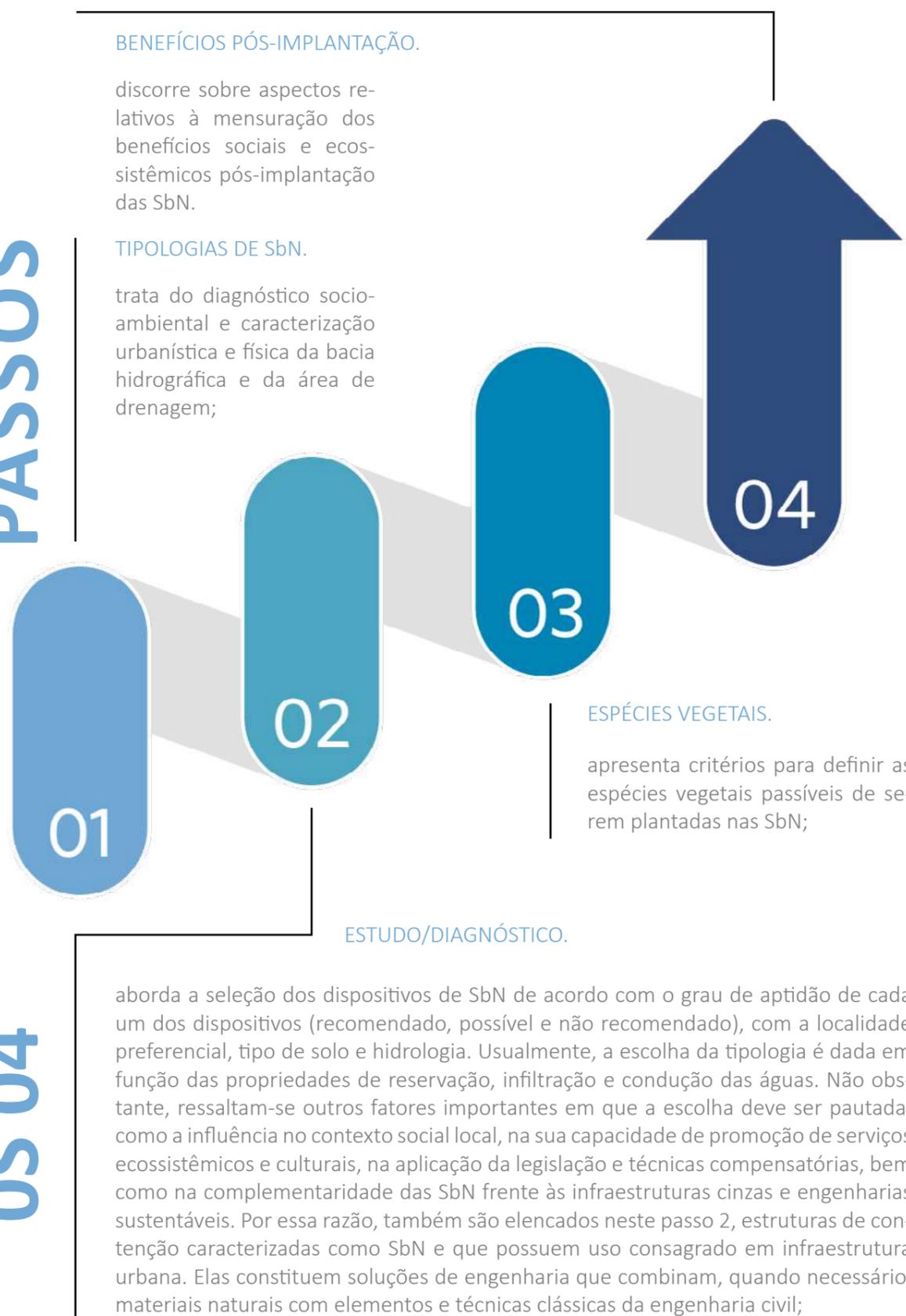


Figura 06: Diagrama explicativo da importância das áreas verdes urbanas. Fonte: Guajava.

PASSOS

OS 04



BENEFÍCIOS PÓS-IMPLANTAÇÃO.

discorre sobre aspectos relativos à mensuração dos benefícios sociais e ecossistêmicos pós-implantação das SbN.

TIPOLOGIAS DE SbN.

trata do diagnóstico socioambiental e caracterização urbanística e física da bacia hidrográfica e da área de drenagem;

ESPÉCIES VEGETAIS.

apresenta critérios para definir as espécies vegetais passíveis de serem plantadas nas SbN;

ESTUDO/DIAGNÓSTICO.

aborda a seleção dos dispositivos de SbN de acordo com o grau de aptidão de cada um dos dispositivos (recomendado, possível e não recomendado), com a localidade preferencial, tipo de solo e hidrologia. Usualmente, a escolha da tipologia é dada em função das propriedades de reservação, infiltração e condução das águas. Não obstante, ressaltam-se outros fatores importantes em que a escolha deve ser pautada, como a influência no contexto social local, na sua capacidade de promoção de serviços ecossistêmicos e culturais, na aplicação da legislação e técnicas compensatórias, bem como na complementaridade das SbN frente às infraestruturas cinzas e engenharias sustentáveis. Por essa razão, também são elencados neste passo 2, estruturas de contenção caracterizadas como SbN e que possuem uso consagrado em infraestrutura urbana. Elas constituem soluções de engenharia que combinam, quando necessário, materiais naturais com elementos e técnicas clássicas da engenharia civil;

Figura 07: Diagrama de apresentação dos quatro principais passos para seleção dos dispositivos de SbN. Fonte: Diagrama autoral



Figura 08: Fonte: Vístia à Campo em Campinas. Foto Sarah Daher.

PASSO 1

Estudo, caracterização e diagnóstico da bacia hidrográfica.

O primeiro passo em um projeto de espaços livres voltado às questões ambientais é a caracterização e diagnóstico urbanístico e físico da bacia hidrográfica. Este passo antecede a seleção dos dispositivos de SbN adequadas ao contexto.

Nessa etapa é realizado o levantamento e caracterização dos aspectos físicos e urbanísticos existentes na área de drenagem, fatores esses que fornecerão subsídios para a seleção e dimensionamento das SbN em projetos de paisagem. O objetivo principal é identificar os vários condicionantes que influenciarão nas decisões projetuais.

A análise parte do pressuposto de que as áreas de projeto sofreram (ou ainda sofrem) impactos e alterações na paisagem, na cobertura vegetal, no funcionamento hídrico do solo e nos ciclos biogeoquímicos. Desta forma, o impacto pode ser mitigado se for compatibilizado a uma qualidade ambiental advinda de um planejamento e projeto dos espaços livres, como veremos nos próximos passos do método e capítulos deste Catálogo.

Neste passo de contextualização, sugere-se que seja feito um estudo da paisagem, integrando as variáveis físicas, ecológicas e sociais, como veremos a seguir.

Levantamento e caracterização urbanística e física da bacia hidrográfica

Indica-se nesta etapa qual é o embasamento necessário para identificar as áreas da bacia hidrográfica potenciais para a proposição de diferentes tipologias de SbN.

A caracterização urbanística da área de drenagem da bacia deve focar na leitura dos dados sociais e na produção de mapas que sirvam de instrumentos para contextualização local. Cabe destacar que cada tipologia de SbN demanda



Figura 09: Diagrama de apresentação dos fatores para análise. Fonte: Diagrama autotal.

diferentes análises do meio, desta forma, este passo abarca um panorama geral do que deve ser estudado para sua seleção e projeto.

Para tanto, os seguintes fatores devem ser considerados na análise:

1. Evolução histórica das áreas e dinâmicas de urbanização.
2. Meio social e econômico.
3. Legislação em projetos urbanos.
4. Meio biofísico.
5. Infraestrutura, equipamentos e serviços urbanos.
6. Estudo hidrológico.



Evolução Histórica da Área e Dinâmicas de Urbanização:

- Levantamento histórico da região, considerando a inserção regional, dinâmicas sociais e ambientais e os reflexos desses fatores no espaço construído;
- Análise histórica da ocupação do território a partir dos seus elementos estruturadores;
- Identificação de áreas disponíveis para implantação da estrutura e tipologia de SbN a ser projetada.



Meio Social e Econômico:

- Divisão administrativa, limites, presença de áreas urbanas, áreas rurais, unidades de conservação ou outros;
- Caracterização do uso e ocupação do solo, com foco nas classes de interesse;
- Dinâmica econômica, abrangendo o perfil da produção, setores e fluxos de insumos e produtos mais relevantes que podem, eventualmente, influenciar no uso e ocupação do solo, inclusive de infraestrutura de transporte e outros;
 - Dinâmica demográfica e de domicílios, perfil e padrão de ocupação (público, privado, propriedades rurais de pequeno, médio ou grande porte) e tendências futuras;
 - Prestação de serviços básicos de saneamento em seus quatro componentes (água, esgoto, resíduos e drenagem);
 - Presença de equipamentos públicos.



Legislação em Projetos Urbanos:

- Levantamento das normas jurídicas e instrumentos legais, vinculados ao Direito Ambiental e Urbanístico, e, em especial, atos de competência municipal. A exemplo do Plano Diretor (que define instrumentos de planejamento urbano) e outras legislações relativas ao Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município;
- Análise das políticas nacionais e seus impactos no âmbito local, em especial no que se refere à área verde urbana e à proteção dos recursos hídricos;
- Identificação de processos administrativos que possibilitem a revisão dos instrumentos legais voltados às SbN.



Meio Biofísico:

- Identificação das áreas vegetadas significativas, para delimitar as áreas com restrições ao processo de urbanização em cartas de aptidão, bem como verificar a possibilidade de incorporá-las ao projeto;
- Levantamento da biodiversidade (fauna e flora) endêmica e regional de forma a utilizar as espécies mais adequadas ao contexto;
- Diagnóstico da relação entre ambiente construído e meio natural,

com identificação de áreas de conflito entre a ocupação urbana, qualidade ambiental e recursos naturais;

- Diagnóstico, com métricas, da composição e estrutura da paisagem; Identificação da situação dos remanescentes de vegetação;
- Levantamento das áreas de risco, uma vez que possíveis solapamentos de solo podem ser controlados com determinadas tipologias de SbN;
- Análise do tipo de solo com identificação da capacidade de infiltração e suscetibilidade à erosão.



Infraestrutura, Equipamentos e Serviços Urbanos:

- Levantamento da infraestrutura viária que pode interferir na área disponível para a tipologia de SbN, bem como contribuir à poluição difusa;
- Caracterização do uso do solo por predominância de forma a compreender o processo de apropriação das tipologias pela população;
- Análise das condições de saneamento ambiental (com levantamento da rede de abastecimento de água, rede de coleta de esgoto, drenagem, coleta e destinação de resíduos sólidos; ecopontos) que influenciam na carga de poluição pontual ou difusa;
- Caracterização das precariedades habitacionais (presença de cortiços e ocupações irregulares);
- Densidade populacional vis-à-vis densidade construtiva;
- Análise da distribuição espacial das populações do entorno da região em estudo, com atribuição de valores econômicos para a melhoria prevista na qualidade de vida (menos perdas por inundações e alagamentos, menos abstenção por problemas de saúde etc.);
- Identificação de edificações (e suas respectivas fundações) a serem protegidas, das quais devem ser mantidas a distância mínima de 2 metros dos dispositivos de SbN;
- Identificação de interferências subterrâneas que possam afetar a estrutura a ser implantada, assim como, as estruturas existentes às quais o projeto a ser implantado possa oferecer algum risco.



Estudo Hidrológico:

- Identificação e caracterização da rede de drenagem natural ou artificial (canais abertos, lagos e reservatórios, nascentes ou olhos d'água, galerias de macro e microdrenagem, afluências de drenagem superficial que necessitam de proteção ou que podem ser incorporadas ao projeto). A existência ou não de uma rede de drenagem artificial ou um curso d'água na região é um limitante para o uso de medidas de retenção, pois impossibilita a descarga dos volumes excedentes. Uma vez que as SbN são, geralmente, propostas em áreas cujo terreno sofreu alterações nos padrões de infiltração e escoamento na bacia, é necessário estimar o impacto dessa ocupação na redução da infiltração e no consequente aumento do escoamento superficial;
- Análise da área de drenagem e identificação da bacia de contribuição. A área de drenagem é aquela que irá contribuir para a SbN e deve ser delimitada pelo divisor de águas. Essa variável permite definir o tipo e tamanho das SbN e é utilizada para o cálculo hidrológico e hidráulico

das intervenções mais complexas, como as bacias de detenção, retenção ou infiltração, ou sistemas formados por diversas estruturas de SbN;

- Diagnóstico da topografia e declividade da área de drenagem. Terrenos íngremes (declividades maiores do que 5%) geram escoamento com alta velocidade, dificultando o processo de infiltração. Nestas condições devem ser previstos materiais ou estruturas para diminuição da velocidade do escoamento;
- Levantamento da capacidade de infiltração do solo. Utiliza-se esse parâmetro para dimensionar estruturas com infiltração. Solos argilosos, por exemplo, apresentam capacidade de infiltração reduzida se comparada com a de solos arenosos;
- Levantamento do nível do lençol freático. Semelhante à capacidade de infiltração, esta condição também reduz o processo de infiltração, pois há o risco de saturação das camadas da estrutura pela contribuição do próprio lençol freático. A distância mínima deve ser de no mínimo 1 metro abaixo do fundo do dispositivo de infiltração, considerando o nível máximo do lençol freático, como detalhado nas tipologias do passo 2;
- Levantamento sobre áreas contaminadas (solo e água), de descarte de resíduos sólidos, de afluências poluídas (ou com altas taxas de sedimentos), áreas com indícios de erosão ou que indiquem fragilidade do solo à ação da água. Em locais onde forem detectadas afluências com quantidades elevadas de poluentes, sedimentos e lixo é recomendada a utilização de pré-tratamento e rotina frequente de manutenção;
- Análise do uso e ocupação do solo (da área de drenagem/bacia de contribuição) e sua relação com a geração de poluição. Essas informações apontam os indícios sobre a qualidade da água do escoamento superficial que irá contribuir para a SbN. A poluição difusa se caracteriza por ser gerada principalmente na ocorrência de fenômenos meteorológicos e decorrente da lavagem das superfícies urbanas e rurais, onde se depositam diversos tipos de poluentes.

Questões socioambientais: territorialidade social, comunidade do entorno

Nesta etapa se avalia brevemente os aspectos relativos às questões socioambientais que norteiam a seleção dos dispositivos de SbN. Por serem informações de grande complexidade, serão abordadas, neste tópico, apenas as questões mais relevantes a serem avaliadas e discutidas nos projetos com aplicação de SbN.

É fato que a implantação desse tipo de solução em países com tamanha desigualdade social, como o Brasil, constitui-se em um enorme desafio, uma vez que os territórios onde serão realizadas as intervenções podem estar atravessados por graves problemas sociais, como a falta de políticas habitacionais de cunho social, ausência de saneamento básico, dificuldades no acesso a serviços de coleta de resíduos, mobilidades locais com pouca infraestrutura, entre outros.

A presença de serviços universais e públicos de saúde e educação é

considerada extremamente benéfica aos territórios com grande fragilidade social. As SbN podem somar-se a essas estratégias, contribuindo para estimular a visão de políticas públicas mais holísticas e intersetoriais, favorecendo o diálogo entre os diversos atores que se relacionam nesses territórios.

Por essa razão, o emprego de SbN vai implicar no conhecimento da territorialidade social e das maneiras como as comunidades locais e do entorno se relacionam com o ambiente. Veremos essa questão com mais detalhe no Capítulo 3 por meio dos dois casos que inspiram este Catálogo, Campinas e Rio de Janeiro.

A primeira tarefa nessa fase é a identificação dos principais atores sociais intervenientes no território e o estabelecimento de diálogos, com as práticas sociais já existentes e que podem ser preservadas, e os agentes públicos presentes no território, especialmente as escolas e unidades básicas de saúde.

Como processo, sugere-se a criação de um cronograma e divulgação de oficinas participativas com a comunidade e posterior instalação de uma comissão com representantes comunitários que poderão acompanhar de forma mais direta e frequente o projeto de intervenção, criando assim uma base participativa para a gestão democrática do território. O senso de pertencimento por parte da população é um aspecto muito importante e que levará a comunidade a apropriar-se do espaço e dos dispositivos de SbN, preservando-as e ajudando na manutenção básica (limpeza) das mesmas.

Sugere-se, portanto, que profissionais capacitados (como assistentes sociais, sociólogos ou educadores locais) sejam contratados ou mobilizados para fazer o levantamento das demandas e problemas sociais locais. Uma vez identificados, no território, os principais interlocutores, podem ser realizadas oficinas públicas sobre o projeto e para criação de comissão pública de acompanhamento, que seja representativa em relação ao território e suas demandas.

Por fim, as tarefas recomendadas nesse passo prévio de diagnóstico da bacia hidrográfica são:

- Designar profissionais, sejam eles contratados ou da própria estrutura pública, para coordenar o levantamento das demandas sociais do território em relação à área de intervenção a ser realizada;

- Realizar um “mapeamento” dos grupos e organizações sociais locais que já interagem com o ambiente da intervenção para o estabelecimento de diálogo comunitário;

- Levantar as organizações e projetos públicos que já incidem com políticas públicas no território, especialmente assistência social, saúde e educação. Considerar também se há projetos de mobilidade urbana, coleta de resíduos ou outras ações públicas;

- Realizar oficinas participativas, nas quais se possa estabelecer um diálogo entre os atores sociais diretamente afetados pela intervenção a ser realizada, os autores do projeto e a Municipalidade.

- Considerar, depois das oficinas participativas, o aporte derivado desse diálogo e estabelecer uma comissão de acompanhamento, representativa da população do lugar.

Com esse levantamento, e a partir da categorização da bacia hidrográfica, pode ser proposto um plano e projeto para os espaços livres com seleção dos dispositivos de SbN ideais para cada contexto, como veremos no passo a seguir.



CAMADA DE INFORMAÇÃO		PEDOLOGIA E TOPOGRAFIA									
		Permeabilidade Solo (condutividade hidráulica em mm/h)		Declividade		Carga de sedimentos		Tipos de Solo (grupos hidrológicos de solos, cf. Serviço de Conservação do Solo- Estados Unidos (SCS-USDA))			
DISPOSITIVO DE SbN		solo infiltrante (> 3,6 mm/h)	solo não infiltrante (< 3,6 mm/h)	0 a 5%	> 5%	Aporte de sólidos baixo	Aporte de sólidos elevado	Grupo A Taxa de infiltração > 7,62 mm/h	Grupo B Taxa de infiltração 3,81-7,62 mm/h	Grupo C Taxa de infiltração 1,27-3,81 mm/h	Grupo D Taxa de infiltração < 1,27 mm/h
Controle fonte e descentralizado	Jardim de chuva	Alta	Média	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Alta	Média	Baixa
	Canteiro Pluvial com infiltração	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Alta	Média	Baixa
	Canteiro Pluvial sem infiltração	Baixa	Alta	Alta	Baixa	Média	Média	Alta	Alta	Média	Baixa
	Biovaleta	Média	Média	Alta	Média	Média	Média	Alta	Alta	Média	Baixa
	Terraço de chuva	Média	Média	Baixa	Alta	Média	Média	Alta	Alta	Média	Baixa
	Escada hidráulica vegetada	Média	Média	Baixa	Alta	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Poço de infiltração	Alta	Baixa	Média	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Média	Baixa
Controle centralizado	Bacia de Detenção	Alta	Alta	Alta	Baixa	Alta	Média	Média	Alta	Alta	Alta
	Bacia de Retenção	Média	Alta	Alta	Média	Alta	Média	Média	Média	Alta	Alta
	Bacia de Infiltração	Alta	Baixa	Alta	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Média	Baixa
	Wetlands	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Média	Média	Média	Média	Média
	Reservatório Anfíbio	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Alta	Alta
	Polder Vegetado	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Step Pool	Média	Média	Alta	Média	Alta	Média	Média	Média	Média	Média

LEGENDA:

Grau de aptidão para receber dispositivos de SbN

- Alta
- Média
- Baixa

PEDOLOGIA E TOPOGRAFIA

TRECHO 1

LOCALIZAÇÃO

TRECHO 2

HIDROLOGIA

TRECHO 3

CAMADA DE INFORMAÇÃO		LOCALIZAÇÃO									
		Susceptibilidade a alagamentos e inundações			Sistema viário				Tamanho do lote		Sob laje
DISPOSITIVO DE SbN		Área permanente-mente alagada	Área alagavel	Áreas destinas a reservação	Calçadas	Rotatórias	Esquinas	Canteiro central	< 100m ²	> 100m ²	Sob laje
Controle fonte e descentralizado	Jardim de chuva	Alta	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Canteiro Pluvial com infiltração	Alta	Média	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Canteiro Pluvial sem infiltração	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta
	Biovaleta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Alta	Alta
	Terraço de chuva	Alta	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Escada hidráulica vegetada	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Alta	Alta	Média
	Poço de infiltração	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Alta	Alta
Controle centralizado	Bacia de Detenção	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Média	Média	Alta	Média
	Bacia de Retenção	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Média	Média	Alta	Alta
	Bacia de Infiltração	Alta	Média	Alta	Alta	Média	Alta	Média	Média	Alta	Alta
	Wetlands	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Alta
	Reservatório Anfíbio	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Polder Vegetado	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Step Pool	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Alta

LEGENDA:

Grau de aptidão para receber dispositivos de SbN

- Alta
- Média
- Baixa

PEDOLOGIA E TOPOGRAFIA

TRECHO 1

LOCALIZAÇÃO

TRECHO 2

HIDROLOGIA

TRECHO 3

CAMADA DE INFORMAÇÃO		HIDROLOGIA								
		Controle de vazão/capacidade de interceptação			Proximidade ao lençol freático		Drenagem e escoamento das águas			
DISPOSITIVO DE SbN		Tr 2 anos	Tr 25 anos	Tr 100 anos	< 1 m Planície Aluvial	> 1 m	Detenção	Retenção	Condução	Infiltração
Controle fonte e descentralizado	Jardim de chuva	Alta	Média	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Baixa	Média	Alta
	Canteiro Pluvial com infiltração	Alta	Média	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Alta
	Canteiro Pluvial sem infiltração	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta	Baixa	Baixa	Baixa
	Biovaleta	Média	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta	Baixa	Alta	Baixa
	Terraço de chuva	Média	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta	Baixa	Média	Média
	Escada hidráulica vegetada	Média	Média	Baixa	Média	Média	Média	Baixa	Alta	Baixa
	Poço de infiltração	Alta	Média	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Alta
Controle centralizado	Bacia de Detenção	Média	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Média
	Bacia de Retenção	Média	Alta	Alta	Alta	Baixa	Média	Baixa	Baixa	Média
	Bacia de Infiltração	Alta	Alta	Média	Baixa	Alta	Média	Baixa	Baixa	Alta
	Wetlands	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Média	Baixa	Baixa
	Reservatório Anfíbio	Alta	Alta	Média	Baixa	Alta	Alta	Média	Baixa	Média
	Polder Vegetado	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Alta	Baixa
	Step Pool	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Alta	Média	Alta	Baixa

LEGENDA:

Grau de aptidão para receber dispositivos de SbN

- Alta
- Média
- Baixa

PEDOLOGIA E TOPOGRAFIA

TRECHO 1

LOCALIZAÇÃO

TRECHO 2

HIDROLOGIA

TRECHO 3

SOLUÇÕES VISANDO CONTENÇÕES DE MARGENS DE RIOS															
CAMADA DE INFORMAÇÃO	LOCALIZAÇÃO			HIDROLOGIA				GEOMETRIA					VEGETAÇÃO		
	Características do terreno			Limites superiores para velocidades em canais				Altura admitida		Declividade			TIPO		
TIPOLOGIAS DE CONTENÇÃO DE TALUDES	Margens Fluviais	Encostas	Taludes	1,5 m/s	2,5 m/s	3,0 m/s	4,0 m/s	Até 5m	Acima de 5m	Até 40º	Entre 40 e 70º	Acima de 70º	gramíneas/forração	trepadeiras	arbustiva
Muro de Suporte Vivo em Madeira Tipo Cribwall	Alta	Baixa	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Média	Baixa	Alta	Alta	Média
Muro de Suporte Vivo em Margens Fluviais	Alta	Alta	Média	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Média
Grade Viva	Média	Alta	Média	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Alta	Alta	Alta
Muro de Contenção com Pedra	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Alta	Média	Baixa	Alta	Alta	Média	Alta	Baixa
Muro de Pedra com Vegetação	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Alta	Média	Baixa	Alta	Alta	Média	Alta	Baixa
Muro de Suporte Tipo Cribwall Pré Fabricado com Vegetação	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Alta
Muro de Gabiões com Vegetação	Alta	Baixa	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Média	Alta	Baixa
Gabiões Planos- Colchão	Alta	Baixa	Alta	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Alta	Média	Alta	Alta	Baixa	Alta	Alta	Baixa
Solo Grampeado Verde	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Média	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Média
Contenção em geocelulas	Alta	Baixa	Alta	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Média

Detalhes característicos de tipologias aplicáveis às contenções estão elencados na Tabela 2. As tipologias de contenção são indicadas em uma tabela específica pois têm como objetivo conter a erosão do solo e trazer estabilidade para terrenos, não estando diretamente associadas à mitigação de inundações, como é o caso das SbN apontadas na Tabela 1.

Para cada uma das tipologias, estarão descritos os parâmetros técnicos para escolha e informações de pedologia, topografia e hidrologia, localização estratégica, materiais necessários, vegetação, manutenção, custo da implantação e os desafios possíveis no planejamento e execução.

DESCRIÇÃO:

Tabela 2- Critérios para definição das tipologias de SbN visando as contenções de margens de córregos e rios, taludes e encostas, segundo camadas de informação de localização, hidráulica, geometria e vegetação. (ver acima)

Muro de suporte vivo em madeira tipo “cribwall”, Muro de suporte vivo em margens fluviais, Grade viva, Muro de contenção com pedras, Muro de pedra com vegetação, Muro de suporte tipo “Cribwall” pré-fabricado com vegetação, Muros de gabiões com vegetação, Gabiões planos, Solo Grampeado Verde.

LEGENDA:

Grau de aptidão para receber dispositivos de SbN

- Alta
- Média
- Baixa

Descrição das fichas de SbN elencadas na Tabela 1:

Jardim de chuva, Canteiro Pluvial, Biovaleta, Bacia de retenção, Bacia de retenção, Bacia de infiltração, Terraço de chuva, Escada vegetada, Wetland híbrido, Ilha filtrante construída, Reservatório anfíbio, Pôlder Vegetado, Step pool, Poço de infiltração.

- Nome do dispositivo de SbN -



localização estratégica

Refere-se a qual espaço livre é ideal para receber a SbN. Esta camada trata da disponibilidade de espaço para implantação dos dispositivos e definição de locais estratégicos para captação do escoamento superficial de águas urbanas.

O método sugere verificar em qual espaço livre a SbN será aplicada para sua escolha ideal, especificando se será em sistema viário, lote e/ou sob laje, em margens fluviais, encostas ou taludes. É de suma importância a análise do terreno e demais critérios relacionados ao escoamento das águas pluviais para se determinar os dispositivos a serem implantados de maneira eficaz e trabalhando como rede sistêmica que possa ser replicada em diversas escalas. Dentro do sistema viário, cada trecho (calçadas, rotatórias, esquinas, canteiro central) tem uma potencialidade estratégica para os diferentes dispositivos de drenagem. As calçadas podem receber dispositivos voltados à infiltração das águas pluviais, como canteiros pluviais; já canteiros centrais são excelentes áreas para biovaletas que promovem o encaminhamento de águas pluviais; e rotatórias são ideais para as bacias de retenção

Definição das tipologias de SbN

- Nome do dispositivo de SbN-



manutenção

Em geral, as SbN visam a redução nos custos com manutenção a longo prazo. Pode ser necessário o acompanhamento inicial do sistema para verificar sua eficácia e se há necessidade de reposição de mudas. Sugere-se a participação da população no cuidado e manutenção manual básica destas infraestruturas, como remoção de lixo acumulado que pode prejudicar a passagem/entrada de água nas diferentes tipologias. Essa participação deve contar com ciclos de formação educacional orientados para a consciência da importância dessas práticas e sobre a forma de lidar com elas para uma efetiva manutenção. Pressupõe-se, entretanto, que a atribuição formal dos serviços de manutenção e limpeza é da municipalidade. Todavia, a população pode ser grande aliada por estar em contato cotidiano com o equipamento público.



custos da implantação

Estimado a partir de variáveis e parâmetros gerais para obter um custo por m². O custo para viabilizar a implementação de cada uma das tipologias possui variáveis a serem consideradas, seja pelo órgão público ou em uma parceria público-privada. Os principais itens de custo são:

Área disponível para a implementação da tipologia: o custo pode variar conforme a maior necessidade de intervenção e também com o tamanho da área de implementação do dispositivo. O orçamento deve verificar a possibilidade de redução do valor por m², conforme a área de intervenção aumente. Em algumas cidades, tende-se a reduzir os custos dos fornecedores na compra de quantidade maior de material. Caso a área esteja sob tutela de outro órgão, que não o estadual (considerando as duas cidades, Campinas e Rio de Janeiro, deste Catálogo) deve-se considerar ainda, os custos para atuação no terreno.

Tipo de solo existente e necessidade de intervir na sua composição: o tipo de solo existente e o nível do lençol freático podem interferir como uma variável de custo. O próprio solo pode intervir na estrutura da tipologia, necessitando de paredes de fechamento, tubulações, etc.

Desenvolvimento do projeto técnico: caso não seja realizado pelo próprio corpo técnico da prefeitura e necessite de contratação de empresa e/ou profissional especializado.

Mão-de-obra: em situações onde não há profissionais da prefeitura disponíveis para realizar o serviço, deve-se levantar os custos destes profissionais.

Escavação: averiguar se o serviço será realizado manualmente ou por maquinário e levantar custos atribuídos a cada uma das escolhas através da necessidade local.

Transporte de materiais: sugere-se o reaproveitamento de materiais, quando não

Definição das tipologias de SbN

- Nome do dispositivo de SbN-

contaminados, para o próprio sistema reduzindo, assim, o custo com transporte de resíduos. Como exemplo, o concreto a ser removido de uma calçada para abertura de canteiro pluvial pode ser reaproveitado na camada inferior filtrante no lugar da brita/pedra de mão.

Blocos de sarjeta e meio fio: custo variável de acordo com projeto e necessidades previstas ao local.

Canaletas e condutores: custo variável de acordo com projeto e necessidades previstas ao local.

Solo, areia, brita, geotêxtil: o custo total dos itens pode variar de acordo com as dimensões da infraestrutura e necessidade de aumentar determinada camada e reduzir outra.

Vegetação: o custo final destinado para vegetação pode variar de acordo com as dimensões da infraestrutura e espécies utilizadas.

Materiais específicos a tipologia: como bombas são itens de custo variável, o valor pode variar de acordo com projeto e necessidades previstas ao local.

Os itens acima são um direcionamento das possíveis variáveis pois, para cada tipologia e situação projetual o custo pode variar de acordo com as necessidades locais, parâmetros de projeto e demais definições. Sempre há possibilidade de minimizar custos durante a obra. Portanto, o profissional responsável pelo projeto deve estar atento às possibilidades de reutilização de materiais existentes in loco (reduzindo, assim, os custos com insumos e transporte de resíduos); definição de espécies adequadas (reduzindo sua taxa de mortalidade e projeto adequado ao local para diminuir a necessidade de manutenções futuras). Um sistema de SbN deve prever, ao longo do tempo, a redução da manutenção da infraestrutura.

DESCRIÇÃO GERAL:
Definição do conceito e objetivos da SbN

Definição das tipologias de SbN

- Nome do dispositivo de SbN-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Estão divididos por desafios frente à escolha do terreno, colmatção⁶, vegetação adequada, qualificação dos técnicos e políticas públicas.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

(estruturado pelas camadas de informação das Tabela 1)

Pedologia/Topografia

Consistem em critérios referentes à permeabilidade do solo e à capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo (mm) e carga de sedimentos. Para escolha dos diferentes dispositivos de drenagem, é importante realizar o perfil pedológico do local e, então, escolher o dispositivo adequado de acordo com o tipo de solo. Conforme os dados:

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): para avaliar a infiltração de águas pluviais, é necessário estudar a condutividade hidráulica à saturação no local do projeto. Neste sentido, solos com condutividade hidráulica compreendida entre 10-3 e 10-6 m/s (maior que 3,6 mm/h) podem admitir técnicas de infiltração das águas pluviais (RIGHETTO et al, 2009).

Declividade: influencia na escolha do dispositivo, uma vez que vias com inclinação maior que 5% não permitem o tempo necessário para a infiltração das águas. Em alta declividade, onde há risco de erosão e deslizamento de encostas, é possível utilizar soluções como terraços de chuva, que trabalham com contenção e tratamento das águas, de forma a proteger os taludes. Tais soluções podem ser utilizadas em variadas escalas, levando-se em conta a altura das barragens e dissipação de energia, bem como os custos para sua implantação. É possível empregar outras tipologias para contenção de taludes e encostas, como gabiões vegetados. De acordo com a localização, tais tipologias de SbN podem ser implementadas pontualmente ou em sistema, seja com a repetição

⁶ Colmatção é o processo de obstrução do sistema filtrante, geralmente pelas próprias partículas do solo, quando recebe o nome de colmatção física, mas também pode ser biológica (pela aderência de microrganismos) ou mesmo química (pela obstrução por óxido de ferro). Erosão retrogressiva (ou piping) é o processo de carreamento do solo através do sistema filtrante, que pode resultar na ruína da estrutura. Ambos os fenômenos são esperados durante o início da operação do sistema, mas é necessário o correto dimensionamento do meio filtrante para evitar a continuidade deste processo durante a vida útil da estrutura. É possível mensurar o potencial de colmatção de um geotêxtil em um determinado meio a partir de ensaios de laboratório com a utilização de permeômetros, que são cilindros de pequenas dimensões utilizados para replicar o meio filtrante empregado em campo, fazendo fluir água através do permeômetro e calculando a evolução da permeabilidade ao longo do tempo. Então, são elaborados para o monitoramento do sistema, gráficos de permeabilidade pelo tempo.

Definição das tipologias de SbN

- Nome do dispositivo de SbN-

da mesma solução ou de soluções combinadas, a depender da análise das características e necessidades do local.

Carga de sedimento: Quando há um aporte de carga de sedimentos elevada recomenda-se não utilizar dispositivos voltados ao escoamento superficial das águas, evitando elevada taxa de manutenção para limpeza de eventuais sedimentos e sólidos grosseiros. Em locais com alta carga de poluentes, os dispositivos de infiltração de águas pluviais devem ser utilizados a partir de um projeto rigoroso de fitorremediação, de forma a evitar a contaminação do solo e das águas subterrâneas, bem como elevada manutenção frente à possível rápida colmatação do solo (SANDRE et al. no prelo).

Tipo de solo: uma informação pedológica importante é a taxa de infiltração dos diferentes tipos de solos⁴. Os solos são classificados quanto à sua taxa mínima de infiltração, de acordo com os Grupos Hidrológicos de Solos (classificação do Serviço de Conservação do Solo (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA), adaptada para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) por SARTORI et al. (2005). Os solos do grupo A são aqueles com alta taxa de infiltração - maior que 7,62 mm/h), enquanto os solos dos grupos B, C e D apresentam taxas progressivamente menores, sendo que os solos menos permeáveis, do grupo, têm taxas de infiltração inferiores a 1,27 mm/h (SARTORI et al, 2005). Comparando-se com a classificação de solos quanto à sua condutividade hidráulica (RIGHETTO et al., 2009) pode-se considerar que os solos dos grupos A e B - que têm taxas de infiltração maiores que 3,81 mm/h (SARTORI et al, 2005) – são os mais aptos a receberem SbN voltadas ao incremento da infiltração. Enquadram-se nestas duas classes todos os tipos de latossolos, argissolos vermelho ou vermelho-amarelo que não apresentam mudança textural abrupta, nitossolo vermelho e neossolo quartzarênico. Para que o sistema de drenagem alcance bons resultados na absorção de água, é necessário realizar ensaios de caracterização do solo, como por exemplo, o ensaio de análise granulométrica, que determinará a porcentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada, fornecendo então a parcela de argila, silte, areia e pedregulho presente em uma determinada amostra. A fração grossa do solo (pedregulho e areia) é muito mais permeável do que a fração fina (argila e silte), e por isso é preferível na composição das SbN para que possibilitem infiltrar o volume de água da chuva a taxas adequadas para contribuir na mitigação de inundações a jusante. Solos

⁴ SARTORI et al. (2005) adaptaram a classificação hidrológica de solos desenvolvida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) para o contexto dos solos ocorrentes no Brasil.

Definição das tipologias de SbN

- Nome do dispositivo de SbN-

arenosos com alta capacidade de percolação, por exemplo, são ideais para dispositivos que atuam principalmente na infiltração de água. Já em solos com baixa taxa de infiltração podem ser usados dispositivos estanques e com o objetivo de fitorremediação da água. Em tais locais, é importante prever extravasores ligados ao sistema de águas pluviais (deve-se estudar sua capacidade de receber escoamentos) que são essenciais para que a lâmina d'água não permaneça por mais de 72 horas no sistema, mantendo a eficiência da drenagem. Neste tipo de solução, pensada de forma estanque, a função de amortecimento fica restrita, principalmente, à camada drenante mineral, como será visto nos canteiros pluviais (SANDRE et al. no prelo).

Características do terreno: a implementação dos dispositivos requer, principalmente quando inseridos em áreas urbanas consolidadas que seja averiguada a presença de quaisquer instalações interferentes antes do início das obras; ou ainda, se possível, durante a fase de projeto, verificar se podem ser realocadas ou readequadas à configuração do projeto. Atentando-se para as características e interferências do terreno: **Presença de instalações subterrâneas:** deve-se atentar à presença de instalações subterrâneas (rede de energia elétrica, de telefonia ou de esgoto) e analisar a possibilidade de serem realocadas ou adequar a configuração do projeto. Quando inseridas em áreas urbanas consolidadas, há a necessidade de averiguar a presença de quaisquer instalações antes do início das obras ou ainda, se possível, durante a fase de projeto, a análise pode ser realizada in loco ou por meio de documentações dos órgãos responsáveis. O mesmo ocorre para a implantação das tipologias em terrenos amplos destinados a parques urbanos e/ou lineares, a cooperação entre secretarias e órgãos de governo para troca de documentações e informações são essenciais para um bom planejamento da drenagem sustentável do projeto.

Arborização existente: deve-se analisar no local de implantação das tipologias quanto à presença de arborização existente no local; é necessário certificar-se de que a arborização está ou é uma espécie adaptada às condições de solos úmidos, caso contrário, a mesma pode sofrer por estas alterações no solo e ter sua saúde prejudicada e, a longo prazo, pode morrer e causar maiores danos ao local caso venha a cair.

Local de destino do volume de água: nas localidades onde não há a presença de rede de drenagem próxima ou curso d'água para efetuar a descarga do volume de água excedente armazenado, deve-se realizar cálculos de capacidade de infiltração do jardim, canteiro e/ou biovaleta e analisar o volume das chuvas mais intensas nos últimos anos para

Definição das tipologias de SbN

- Nome do dispositivo de SbN-

verificar se é viável, ou não, sua instalação e, em caso positivo, analisar sua eficácia diante das ocorrências no local.

Disponibilidade de área: deve-se analisar cada local de acordo com suas necessidades e características para se escolher a melhor opção projetual. O projeto, seja em vias, calçadas, parques, entre outros, deve seguir as normas urbanísticas locais.

Hidrologia

: refere-se aos dados necessários para seleção da SbN adequada. Sugere-se verificar o controle de vazão, profundidade do lençol freático e como será o encaminhamento das águas do escoamento superficial (retenção, condução e infiltração). Conforme dados:

Controle de vazão/capacidade de interceptação: Dispositivos distribuídos pela bacia hidrográfica e incorporados à paisagem urbana fornecem ganhos diversificados aos centros urbanos se implantados de forma sistêmica e redundante. Para o controle de pequenas vazões (por exemplo, chuvas com TR de até 10 anos), as estratégias SbN difundidas no âmbito da bacia são eficientes, e ainda têm o potencial de proporcionar simultaneamente benefícios ecossistêmicos e paisagísticos. Para chuvas com tempos de recorrência maiores (TR maior que 10 anos), conhecidas por produzirem maiores volumes de água, bacias e/ou reservatórios com usos múltiplos são ideias interessantes para soluções de macrodrenagem das cidades.

Nível do lençol freático: esse fator influencia diretamente na escolha do tipo de dispositivo a ser implantado em cada local, uma vez que sua profundidade interfere na capacidade de armazenamento das camadas minerais, bem como no tempo de concentração, a vazão de pico e a intensidade da chuva, tempo de retorno, velocidade e coeficiente de escoamento das águas, como descrito nos passos anteriores. Para os dispositivos destinados à coleta e absorção da água se faz necessária a análise do nível do lençol freático para identificar qual a solução mais adequada para a intervenção e também qual sua profundidade máxima. A profundidade superficial pode representar riscos quando se trata do emprego de estruturas de infiltração, uma vez que podem saturá-las durante eventos pluviais longos, havendo ainda o risco de contaminação de águas subterrâneas (RIGHETTO et al, 2009). Recomenda-se o emprego dessas soluções, quando não estanques, apenas quando o nível d'água (NA) dos lençóis no período chuvoso encontra-se a pelo menos 1 m abaixo da superfície dos terrenos. Onde o nível do lençol freático é alto deve-se avaliar qual será a eficácia do sistema uma vez que a absorção

Definição das tipologias de SbN

- Nome do dispositivo de SbN-

não será alta, necessitando assim, de tubulação para conectar à rede convencional de drenagem; o mesmo também deve ser estanque, ou seja, com paredes nas laterais e fundo do sistema, evitando que a água do lençol adentre na estrutura. Caso não tenha acesso às informações de profundidade do lençol freático no local a se instalar o dispositivo, deve-se verificar a existência de corpo d'água a menos de 50 m ou se o mesmo será implantado dentro da planície aluvial; em caso positivo de uma das duas situações, ou ambas, a infraestrutura deverá ser estanque com dreno de escoamento. Já nas situações em que o dispositivo estiver a mais de 50 m de corpo d'água, fora de planície aluvial, o mesmo não necessita, a priori, ser estanque, seja o solo existente permeável ou não.

Drenagem e escoamento das águas: : divididas pela capacidade de infiltração, detenção, condução e retenção das águas.



materiais necessários

São os recursos materiais necessários à implantação da SbN, como areia, pedras, geotêxtil⁵, vegetação etc.

⁵ Sobre os geotêxteis vale citar que são de fácil instalação, baixo custo, pequena espessura e possibilitam o controle de qualidade permitindo propriedades hidráulicas adequadas, características essas que endossam a utilização deste material em sistemas filtrantes. O correto funcionamento dos geotêxteis como filtros depende de atender critérios mecânicos e de durabilidade e o dimensionamento correto, de modo que a abertura de seus poros atinja a capacidade de retenção do solo e impeça a passagem de partículas do solo. O que se espera desse material é que garanta eficiência hidráulica do dispositivo, permita a passagem de água e evite a ocorrência de dois fenômenos indesejáveis na estrutura: a colmatação e a erosão retrogressiva.

Descrição das fichas de SbN elencadas na Tabela 2:

Muro de suporte vivo em madeira tipo “cribwall”, Muro de suporte vivo em margens fluviais, Grade viva, Muro de contenção com pedras, Muro de pedra com vegetação, Muro de suporte tipo “Cribwall” pré-fabricado com vegetação, Muros de gabiões com vegetação, Gabiões planos, Solo Grampeado Verde.

- Nome do dispositivo de SbN -



localização estratégica

Refere-se a qual espaço livre é ideal para receber a SbN. Esta camada trata da disponibilidade de espaço para implantação dos dispositivos e definição de locais estratégicos para captação do escoamento superficial de águas urbanas.

As diferentes tipologias de contenção devem considerar o perfil topográfico para a escolha da melhor solução na mitigação dos processos erosivos e na manutenção da estabilidade de terrenos. O auxílio dessas contenções para mitigar as ocorrências de desmoronamentos devido a forças aplicadas, como de empuxo, peso do solo e água infiltrada, demandam maior cuidado na execução da drenagem associada ao dispositivo para que a estrutura não venha a romper.

Definição das tipologias de SbN

- Nome do dispositivo de SbN-



manutenção

Em geral, as SbN visam a redução nos custos com manutenção a longo prazo. Pode ser necessário o acompanhamento inicial do sistema para verificar sua eficácia e se há necessidade de reposição de mudas. Sugere-se a participação da população no cuidado e manutenção manual básica destas infraestruturas, como remoção de lixo acumulado que pode prejudicar a passagem/entrada de água nas diferentes tipologias.



custos da implantação

Estimado a partir de variáveis e parâmetros gerais para obter um custo por m². O custo para viabilizar a implementação de cada uma das tipologias possui variáveis a serem consideradas, seja pelo órgão público ou em uma parceria público-privada.

DESCRIÇÃO GERAL:
Definição do conceito e objetivos da SbN

Definição das tipologias de SbN
- Nome do dispositivo de SbN-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Estão divididos por desafios frente ao tipo de encosta, terreno, manutenção.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

(estruturado pelas camadas de informação das Tabela 2)

Características do Terreno: segmentadas em três tipologias, que são as Margens Fluviais, as Encostas e os Taludes.

Hidráulica: condição de projeto referente aos limites do escoamento em canais para a seleção da SbN adequada na contenção das margens dos corpos hídricos. Conforme dados:

Limites de velocidade de escoamento admitido:

Define as velocidades máximas permissíveis em função do tipo de revestimento para que não ocorra a erosão do canal, após verificada a estabilidade dos taludes. Dessa forma, antes da seleção da contenção é necessário elaborar um estudo hidrológico e hidráulico a fim de calcular a velocidade do escoamento nos diversos trechos de um canal, para então definir a contenção mais adequada a ser empregada. Os limites de velocidade em função do tipo de solo são amplamente conhecidos na literatura, por tipo de revestimento e também por tipo de solo. De maneira geral, esse limite é de 1,5 m/s para os canais revestidos de solo; 2,5 m/s para os canais em gabião; 3,0 m/s para os revestidos de pedra argamassada; e 4,0 para os revestidos em concreto.

Geometria: refere-se aos dados de geometria que ditam os esforços solicitantes nas estruturas de contenção. Quanto maior a altura, e maior a declividade, maiores são os empuxos atuantes na estrutura de contenção. Conforme dados:

Altura admitida:

É uma condicionante da SbN a ser utilizada, já que maiores alturas resultam em maiores esforços sobre a estrutura.

Declividade:

influencia na escolha do dispositivo, uma vez que maiores declividades resultam em maiores esforços sobre a estrutura.

Definição das tipologias de SbN
- Nome do dispositivo de SbN-

Vegetação: deve-se atentar para a integração entre o tipo de vegetação a ser empregado para uma determinada tipologia de contenção. Conforme dado:

Tipo de vegetação:

Segmentado em três classificações em função da estrutura de sustentação da vegetação (Gramíneas, Trepadeiras ou Arbustivas). As vegetações arbustivas devem ser evitadas em alguns tipos de contenção, especialmente as de gabião, pois suas raízes podem danificar a estrutura de amarração das pedras, e as de pedra, devido a possibilidade de causarem deslocamentos na estrutura. Já as gramíneas são indicadas na maioria das tipologias, sendo medianamente indicadas sobre pedras em função da energia transmitida por uma onda de cheia, que poderia remover a vegetação, enquanto as trepadeiras são sugeridas para todas as tipologias propostas.



materiais necessários

são os recursos materiais necessários à implantação da SbN, como madeira, tubos de drenagem, vegetação, travessas, vigas e estacas; terra vegetal local, tela metálica, pedras etc.

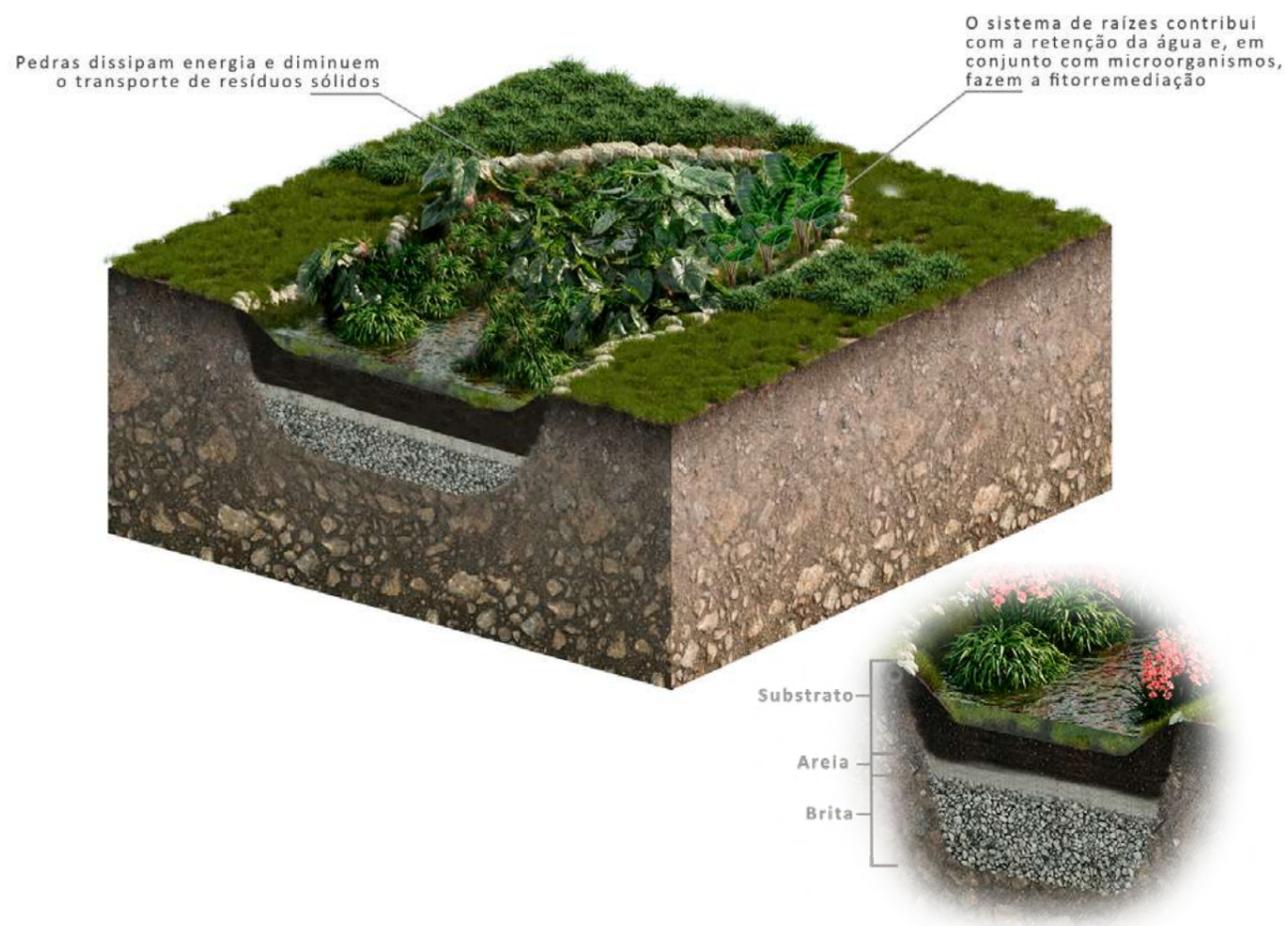
A seguir, são apresentados 24 dispositivos de SbN, com suas características, critérios para escolha e recomendações.

Definição das tipologias de SbN - Jardim de Chuva -



localização estratégica

Principalmente em praças e parques. Ideal em áreas destinadas à reservação. Não são sugeridas para o sistema viário, como em calçadas.



Vegetação apropriada para condições de umidade e seca



Figura 12 e 13 - Jardim de Chuva. Perspectiva isométrica com detalhe e corte. Fonte: Guajava, 2023

Definição das tipologias de SbN - Jardim de Chuva -



manutenção

Dar atenção ao acúmulo de sedimentos e resíduos e substituição de vegetação quando necessário;

Prever quantidade de mudas adicional de 2 a 5% do valor total para mitigar perdas iniciais, por mudas que possam morrer logo após o plantio no período de adaptação (Ação pontual na implementação);

Remover os resíduos manualmente⁷ (Ação periódica e recorrente);

Recuperar camadas filtrantes por colmatagem do dispositivo (Ação pontual quando o dispositivo não estiver infiltrando).



custos da implantação

Variável⁸ entre R\$400,00 a R\$700,00 por m²

Jardim de Chuva é uma depressão topográfica que possui a finalidade de coletar e absorver o escoamento superficial das águas da chuva, telhados, calçadas, ruas e demais superfícies impermeáveis, contribuindo assim para a redução significativa da quantidade de água direcionada ao sistema convencional de drenagem urbana (CORMIER; PELLEGRINO, 2008).

A eficiência na contribuição de captação de água se dá por meio dos espaços de armazenamento (criados pelos componentes das camadas filtrantes do jardim, com parte desta água absorvida e filtrada pela vegetação), pelo solo existente (caso o mesmo permita esta absorção) e pela rede convencional de drenagem (quando houver conexão).

⁷ Ação feita por órgão responsável pela manutenção e limpeza da área e/ou por pessoa civil. Indica o incentivo à adoção de áreas verdes urbanas para auxílio na manutenção dos mesmos.

⁸ De acordo com a área, projeto e configuração do dispositivo, materiais, mão de obra, vegetação.

Definição das tipologias de SbN

- Jardim de Chuva-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: dificuldade em obter informações prévias das instalações subterrâneas, interferindo, muitas vezes, na revisão do projeto após o início das obras.

Colmatação: contratação de manutenção para os dispositivos entre 5 a 10 anos após a implementação para recuperação da sua capacidade infiltrativa.

Vegetação adequada: disponibilidade de espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos.

Qualificação de técnicos: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para análise correta de todas as informações e posterior acompanhamento na execução.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): para que o sistema de drenagem alcance bons resultados na absorção de água, são necessários ensaios de caracterização do solo, como por exemplo, o ensaio de análise granulométrica, que determinará a porcentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada, fornecendo então a parcela de argila, silte, areia e pedregulho presente em uma determinada amostra. A fração grossa do solo (pedregulho e areia) é muito mais permeável do que a fração fina (argila e silte) e por isso é preferível na composição das SbN para possibilitar a infiltração de um volume de água pluvial a taxas adequadas e contribuir na mitigação de inundações a jusante.

Declividade: não devem ser implantados em terrenos com declividade superior a 5% para que se obtenha o melhor aproveitamento do dispositivo. Quando em terreno plano ou de inclinação de até 5% a área destinada à captação e absorção de água é mais eficiente por permitir que a água permaneça no local e seja absorvida adequadamente pelo dispositivo, quanto em terreno com inclinação maior, parte da água

Definição das tipologias de SbN

- Jardim de Chuva-

passará através do dispositivo e não será absorvida, diminuindo assim seu potencial aproveitamento.

Carga de sedimentos: O aporte de sólidos no sistema é baixo.

Tipos de Solo: o sistema se adequa com maior eficácia em solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração e em solos contendo moderada taxa de infiltração e bem drenados, dos grupos hidrológicos de solos A e B⁹, conforme a classificação hidrológica de solos do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (adaptada para os solos do Brasil por Sartori et al., 2005).

Características do terreno: a implementação desta tipologia, principalmente quando inserida em uma implementação deste dispositivo, principalmente quando inserido em áreas urbanas consolidadas, exige que seja averiguada a presença de quaisquer instalações antes do início das obras; ou ainda, se possível, durante a fase de projeto, verificar se podem ser realocadas ou readequadas à configuração do projeto. A análise pode ser realizada in loco ou por meio de documentação dos órgãos responsáveis. O mesmo ocorre para a implantação das tipologias em terrenos amplos destinados a parques urbanos e/ou lineares. Neste caso, a cooperação entre secretarias e órgãos para troca de documentação e informações é essencial para um bom planejamento da drenagem sustentável do projeto. Deve-se analisar ainda, a presença de arborização existente no local; é necessário certificar-se de que a árvore seja de uma espécie adaptada às condições de solos úmidos, caso contrário, ela pode sofrer por estas alterações no solo e ter sua saúde prejudicada.

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: para se definir o tempo de retorno do dispositivo, é necessário realizar os cálculos de acordo com normas municipais considerando o índice de galeria de águas pluviais públicas a qual a tipologia estará correlacionada.

Nível do lençol freático: : em locais onde o nível do lençol freático é alto, a eficácia do sistema será comprometida devido à baixa absorção, sendo assim, sugere-se a utilização de outro dispositivo, como canteiros pluviais estanques, ou seja, com paredes nas laterais e fundo do sistema, evitando que a água do lençol adentre na estrutura.

Drenagem e escoamento das águas: os jardins de chuva possuem como principais características de regulação hídrica a infiltração e a retenção.

Definição das tipologias de SbN

- Jardim de Chuva-

São projetados para que em, no máximo, 72 horas¹⁰ não haja mais água parada na superfície do jardim e contam ainda com a evaporação, evapotranspiração e transbordamento.

Sugere-se download da família BIM disponível link: www.guajava.com.br/bim



materiais necessários

Brita ou pedra de mão: a camada de brita, preferencialmente nº 5, ou a utilização de pedra de mão ou ainda resíduos de concreto removidos do local (sem a presença de componentes contaminantes para o lençol freático) denominada como a camada de armazenamento e de transferência, onde a água é temporariamente acumulada antes de ser destinada ao abastecimento do lençol freático ou direcionada ao sistema de drenagem convencional. Camada principal para armazenamento da água, portanto deve ser destinada maior espessura possível para este material, respeitando a necessidade mínima de substrato para a vegetação.

Geotêxtil: este geossintético tem sido largamente empregado para a composição de sistemas drenantes e filtrantes, podendo ser classificado em função do seu processo de fabricação em tecido, não tecido e tricotado. Para que cumpra a função de filtro, deve-se utilizar o tipo não tecido, produto que apresenta suas fibras dispostas em orientação aleatória, o que impede a livre passagem de água através do geossintético. Os geotêxteis são de fácil instalação, baixo custo, pequena espessura e possibilitam o controle de qualidade permitindo propriedades hidráulicas adequadas, características essas que endossam a utilização deste material em sistemas filtrantes.

Areia: a areia aumenta a porosidade e aeração, auxiliando a infiltração e redistribuição da água no solo. A camada de areia deve ter ao menos 10 cm de espessura de maneira para que possa aumentar a permeabilidade e infiltração do dispositivo.

Substrato/terra: Recomenda-se o uso de composto de terra preta e húmus de minhoca na proporção de 1:1. Pode ser misturado com traço de areia para aumentar sua permeabilidade. A camada de substrato

Definição das tipologias de SbN

- Jardim de Chuva-

deve ter ao menos 25 cm de espessura para um bom desenvolvimento das plantas.

Pedras do entorno do dispositivo: pode-se utilizar pedra de mão, paralelepípedos, materiais residuais ou de ornamentação no entorno ou nas entradas do dispositivo para a dissipação da energia da água; quando não se utiliza o material, a força da água irá carrear o substrato, terra e a vegetação, danificando o canteiro ao longo do tempo.

Vegetação: absorvem nutrientes e água que fluem para o jardim de chuva e liberam vapor de água de volta à atmosfera através do processo de transpiração. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos são ideais; a vegetação indicada está listada no Passo 3 deste Catálogo. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

Definição das tipologias de SbN
- Jardim de Chuva-

JARDIM DE CHUVA

Projeto implantado em
CONTAGEM - MG

Figura 14 - Jardim de chuva. Foto: Meridiano. Fonte: Projeto Guajava.

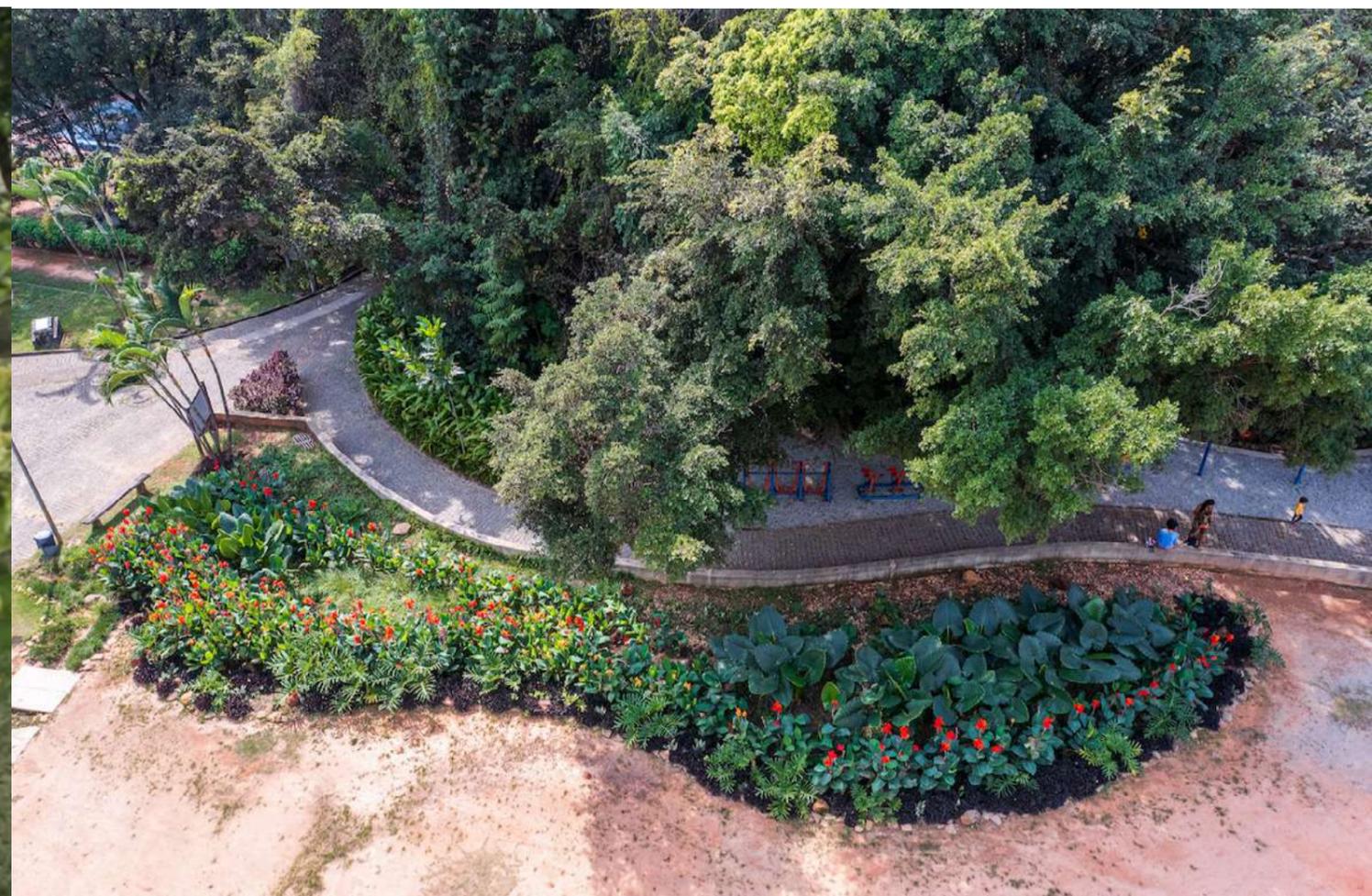


Definição das tipologias de SbN
- Jardim de Chuva-

JARDIM DE CHUVA

Projeto implantado em
**PARQUE MUNICIPAL LAGOA DO NADO
- PAMPULHA, BELO HORIZONTE - MG**

Figura 15 - Jardim de chuva. Foto: Nereu Jr. Fonte: Projeto Guajava.

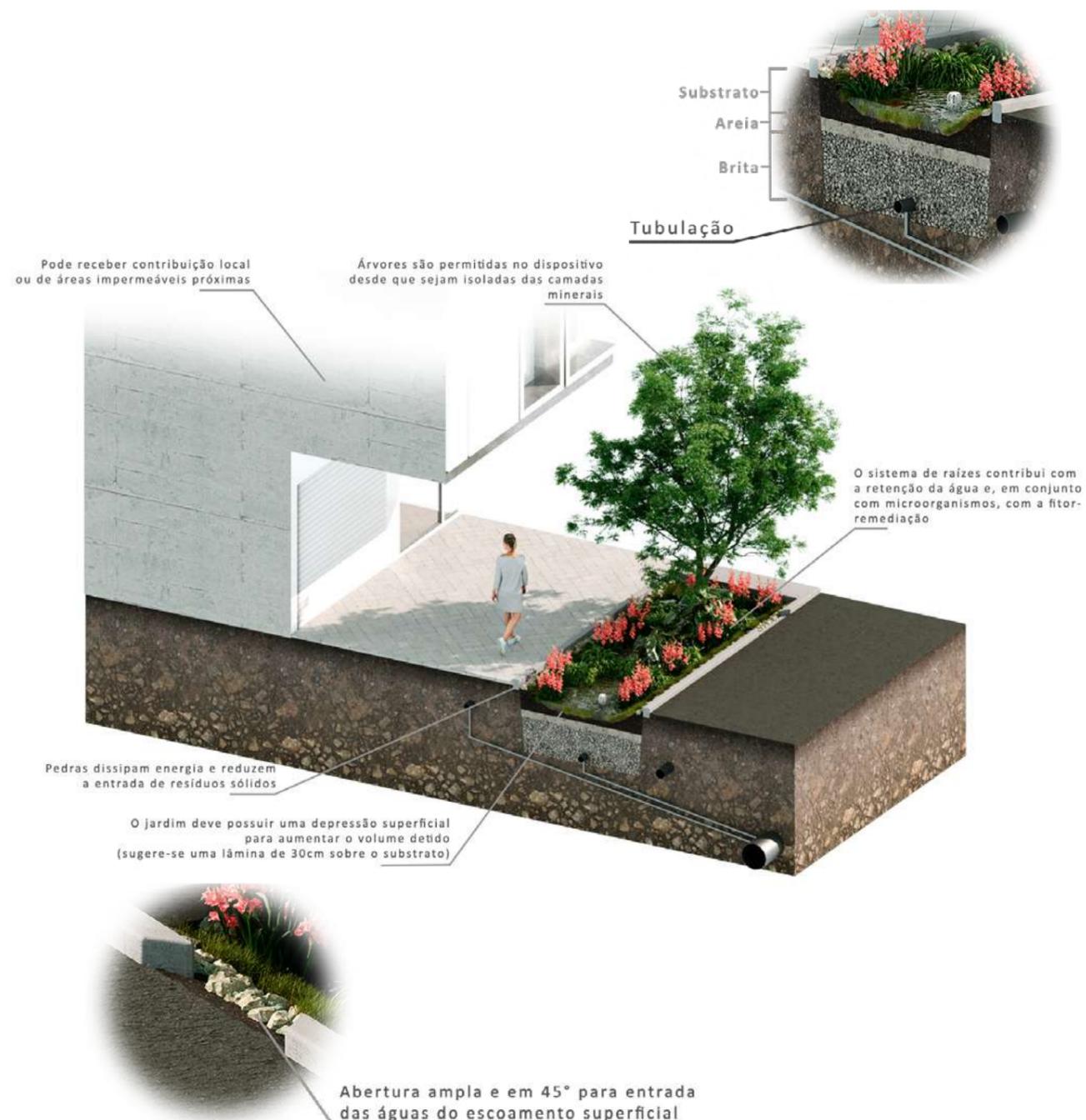


Definição das tipologias de SbN - Canteiro Pluvial -



localização estratégica

Sistema viário, principalmente, em calçadas, vagas de estacionamento em vias e estacionamento.



Definição das tipologias de SbN

- Canteiro Pluvial-



manutenção

Atenção deve ser dada ao acúmulo de sedimentos e resíduos além da substituição de vegetação quando necessário.

Previsão de quantidade de mudas adicional de 2 a 5% do valor total para mitigar perdas iniciais, por mudas que possam morrer no período de adaptação logo após o plantio (ação pontual na implementação);

Remoção de resíduos manualmente¹¹ (ação recorrente);

Recuperação das camadas filtrantes por colmatagem do dispositivo (ação pontual quando o dispositivo não estiver infiltrando)



custos da implantação

Variação¹² entre R\$400,00 a R\$800,00 por m²

Canteiro pluvial é a nomenclatura técnica utilizada para jardim de chuva que foi compactado em um pequeno espaço urbano disponível (CORMIER; PELLEGRINO, 2008), com a mesma função de realizar a coleta e absorção de escoamento superficial de superfícies impermeáveis.

A água coletada para o interior do canteiro pluvial deve ser drenada poucas horas após um evento de chuva leve a moderada e entre 24 a 72 horas após um evento de tempestade para que não haja a proliferação de insetos, algas e bactérias no local.

Os canteiros pluviais podem ser estanques e se necessário, conterem um extravasor (para auxiliar no controle de transbordo do dispositivo) e um duto de conexão com a drenagem convencional existente (para direcionamento do excedente de água captada). Utiliza-se, ainda, pedras para dissipação de energia da água na entrada do dispositivo.

¹¹ A ser feito por órgão responsável pela manutenção e limpeza e/ou por pessoa civil. Indica-se o incentivo à adoção de áreas verdes urbanas para auxílio na manutenção dos mesmos.

¹² De acordo com a área, projeto e configuração do dispositivo, materiais, mão de obra, vegetação.

Figura 16 - Canteiro Pluvial. Perspectiva isométrica com detalhe. Fonte: Guajava, 2023 .

Definição das tipologias de SbN
- Canteiro Pluvial-

Na **Tabela 3** são apresentadas as características de cinco possibilidades de concepção projetual para os canteiros pluviais, considerando as variáveis combinadas:

VARIÁVEIS DO CANTEIRO			CARACTERÍSTICAS DO SOLO
PAREDES LATERAIS	LAJE DE FUNDO DO JARDIM	TUBULAÇÃO/DUTO DE CONEXÃO COM DRENAGEM CONVENCIONAL	
Não	Não	Não	Solo arenoso, infiltração maior que 30mm/h
			Lençol freático baixo (menos que 1 metro o nível máximo do lençol freático deve ser de até 1 metro abaixo do fundo do dispositivo de infiltração)
Não	Não	Sim	Solo franco arenoso, infiltração entre 20-30mm/h
			Lençol freático baixo (menos que 1 metro) o nível máximo do lençol freático deve ser de até 1 metro abaixo do fundo do dispositivo de infiltração; verificar condição do solo (impermeável <10mm/h)

Definição das tipologias de SbN
- Canteiro Pluvial-

Tabela 3 - Características de cinco possibilidades de concepção projetual para os canteiros pluviais, detalhadas nas figuras 4 a 8.

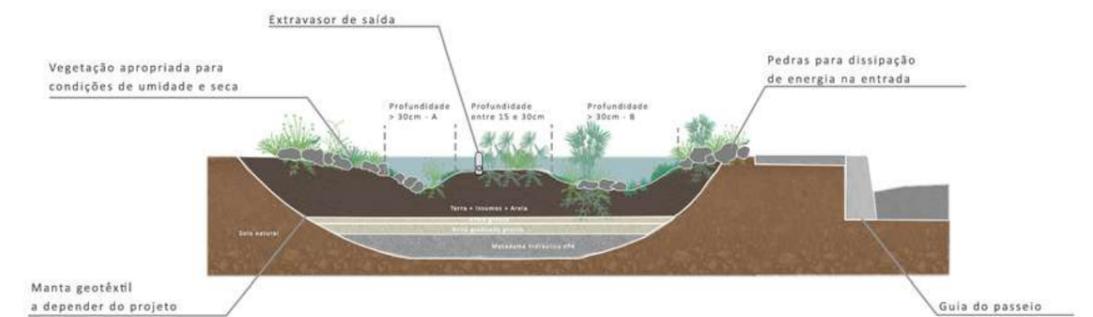


Figura 17 - Canteiro pluvial sem paredes laterais e laje de fundo, sem tubulação/duto de conexão sem drenagem convencional existente (Fonte: Guajava, 2023)

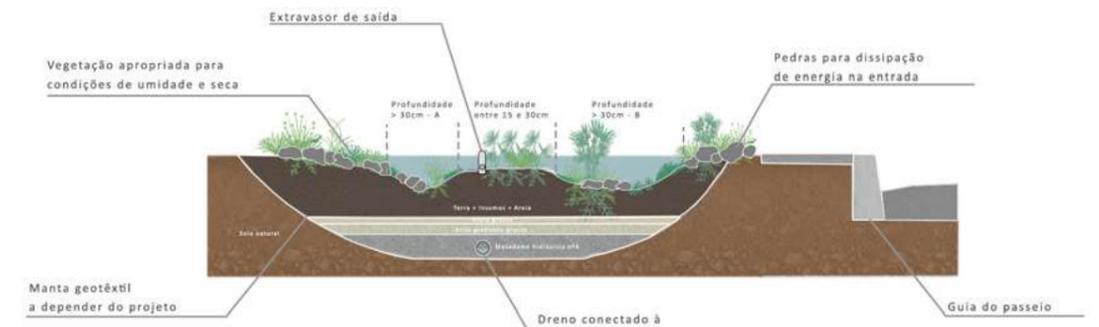


Figura 18 - Canteiro pluvial sem paredes laterais e sem laje de fundo, com tubulação/duto de conexão com drenagem convencional existente (Fonte: Guajava, 2023)

Definição das tipologias de SbN
- Canteiro Pluvial-

Sim	Não	Não	Solo franco, infiltração entre 10-20mm/h
			Edificação próxima a menos de 2 metros, fora da planície aluvial
Sim	Não	Sim	Solo franco argiloso, infiltração entre 5-10mm/h
			Edificação próxima a menos de 2 metros, fora da planície aluvial, verificar condição do solo (impermeável <10mm/h)
Sim	Sim	Sim	Solo argiloso, infiltração menor que 5mm/h
			Planície aluvial (lençol freático alto), independente da proximidade de edificações

Definição das tipologias de SbN
- Canteiro Pluvial-

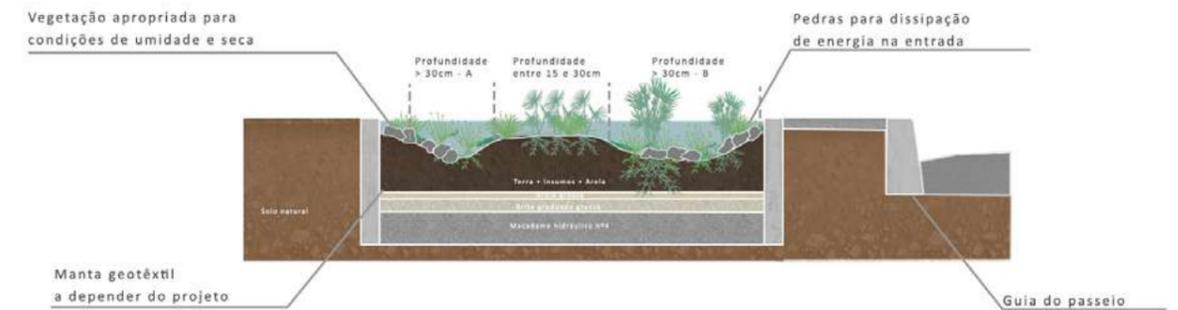


Figura 19 - Canteiro pluvial com paredes laterais e sem laje de fundo, sem tubulação/duto de conexão sem drenagem convencional existente (Fonte: Guajava, 2023)



Figura 20 - Canteiro pluvial com paredes laterais sem laje de fundo, com tubulação/duto de conexão com drenagem convencional existente (Fonte: Guajava, 2023)

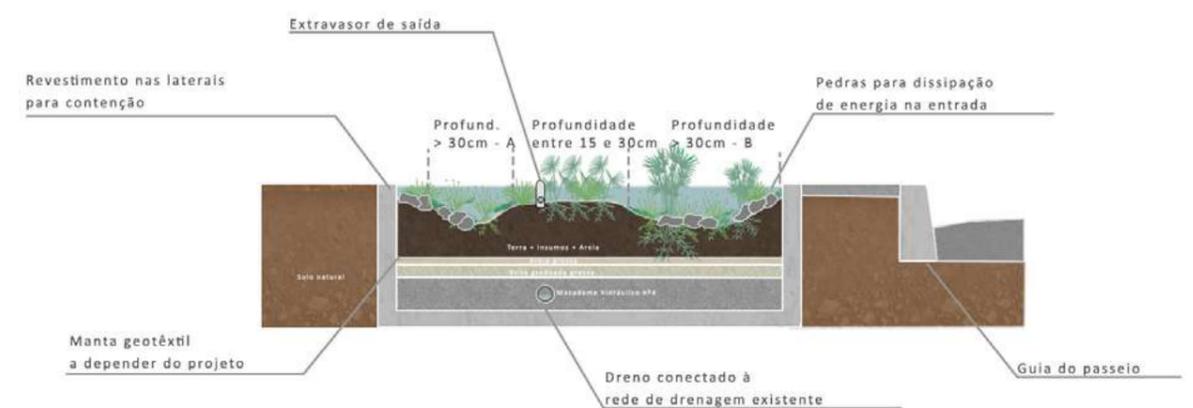


Figura 21 - Canteiro pluvial com paredes laterais e laje de fundo, com tubulação/duto de conexão com drenagem convencional existente (Fonte: Guajava, 2023)

Definição das tipologias de SbN - Canteiro Pluvial-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: dificuldade em obter informações prévias das instalações subterrâneas, interferindo, muitas vezes, na revisão do projeto após o início das obras.

Colmatção: contratação de manutenção para os dispositivos entre 5 a 10 anos após a implementação para recuperação da sua capacidade infiltrativa.

Vegetação adequada: disponibilidade de espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos.

Qualificação de técnicos: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para análise correta de todas as informações e posterior acompanhamento na execução.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): para que o sistema de drenagem alcance bons resultados na absorção de água, é necessário realizar ensaios de caracterização do solo, como por exemplo o ensaio de análise granulométrica, que determinará a porcentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada, fornecendo então a parcela de argila, silte, areia e pedregulho presente em uma determinada amostra. A fração grossa do solo (pedregulho e areia) é muito mais permeável do que a fração fina (argila e silte); e por isso é preferível na composição das SbN para possibilitar a infiltração de um volume de água pluvial a taxas adequadas e contribuir na mitigação de inundações a jusante. A permeabilidade do solo influenciará diretamente na escolha da estanqueidade do canteiro pluvial.

Declividade: não devem ser implantadas em terrenos com declividade superior a 5% para que se obtenha o melhor aproveitamento do dispositivo. Quando em terreno plano ou de inclinação até 5% a área destinada à captação e absorção de água é mais eficiente por permitir

Definição das tipologias de SbN - Canteiro Pluvial-

que a água permaneça no local e seja absorvida adequadamente pelo dispositivo, quanto em terreno com inclinação maior, parte da água passará através do dispositivo e não será absorvido, diminuindo assim seu potencial aproveitamento.

Carga de sedimentos: o aporte de sólidos no sistema é baixo nas cinco situações ilustradas para canteiros pluviais e sistemas de infiltração quando utiliza-se guias acima do nível do passeio.

Tipos de Solo: O sistema se adequa com maior eficácia em solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração e em solos contendo moderada taxa de infiltração e bem drenados, Grupos A e B, respectivamente inseridos no Grupos Hidrológicos de Solos, conforme Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos.

Características do terreno: a implementação desta tipologia, principalmente quando inserida em áreas urbanas consolidadas, exige que seja averiguada a presença de quaisquer instalações antes do início das obras; ou ainda, se possível, durante a fase de projeto, verificar se podem ser realocadas ou readequadas à configuração do projeto. A análise pode ser realizada in loco ou por meio de documentação dos órgãos responsáveis. O mesmo ocorre para a implantação das tipologias em terrenos amplos destinados a parques urbanos e/ou lineares. Neste caso, a cooperação entre secretarias e órgãos para troca de documentação e informações é essencial para um bom planejamento da drenagem sustentável do projeto. Deve-se analisar ainda, a presença de arborização existente no local; é necessário certificar-se de que a árvore seja de uma espécie adaptada às condições de solos úmidos, caso contrário, ela pode sofrer por estas alterações no solo e ter sua saúde prejudicada.

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: para se definir o tempo de retorno do dispositivo, é necessário realizar os cálculos de acordo com normas municipais considerando o índice de galeria de águas pluviais públicas a qual o dispositivo estará correlacionado.

Nível do lençol freático: : em locais onde o nível do lençol freático é alto, a eficácia do sistema será comprometida devido à baixa absorção, sendo assim, sugere-se a utilização de tubulação para conectar à rede convencional de drenagem; o canteiro pluvial, neste caso, também deve ser estanque, ou seja, com paredes nas laterais e fundo do sistema, evitando que a água do lençol adentre na estrutura.

Drenagem e escoamento das águas: possuem como principal

Definição das tipologias de SbN

- Canteiro Pluvial-

característica de regulação hídrica a detenção, e também de infiltração quando o sistema não for estanque. São projetados para que em, no máximo, 72 horas¹³ não haja mais água parada na superfície do canteiro independente da escolha projetual.

Sugere-se download da família BIM disponível link: www.guajava.com.br/bim



materiais necessários

A seguir estão descritos os materiais necessários para as camadas filtrantes do canteiro pluvial em ordem de aplicação no dispositivo e materiais para dissipação de energia da água:

Brita ou pedra de mão: a camada de brita, preferencialmente nº 5, ou a utilização de pedra de mão ou ainda resíduos de concreto removidos in loco (sem a presença de componentes contaminantes para o lençol freático) denominada como a camada de armazenamento e de transferência, onde a água é temporariamente acumulada antes de ser destinada ao abastecimento do lençol freático ou direcionada ao sistema de drenagem convencional. Camada principal para armazenamento da água, portanto deve ser destinada maior espessura possível para este material, respeitando a necessidade mínima de substrato para a vegetação.

Geotêxtil: este geossintético tem sido largamente empregado para a composição de sistemas drenantes e filtrantes, podendo ser classificado em função do seu processo de fabricação em tecido, não tecido e tricotado. Para que cumpra a função de filtro, deve-se utilizar o tipo não tecido, produto que apresenta suas fibras dispostas em orientação aleatória, o que impede a livre passagem de água através do geossintético. Os geotêxteis são de fácil instalação, baixo custo, pequena espessura e possibilitam o controle de qualidade permitindo propriedades hidráulicas adequadas, características essas que endossam a utilização deste material em sistemas filtrantes.

Areia: a camada de areia visa o aumento da infiltração e redistribuição

Definição das tipologias de SbN

- Canteiro Pluvial-

da água no solo. Através da utilização da areia, aumenta-se a porosidade e aeração, auxiliando que a água penetre por esta camada. A camada de areia deve ter ao menos 10 cm de espessura, quando houver disponibilidade de área, para aumento da permeabilidade e infiltração do dispositivo.

Substrato/terra: composto por terra preta e húmus de minhoca na proporção de 1:1. Pode ser misturado com traço de areia para aumentar sua permeabilidade. A camada de substrato deve ter ao menos 25 cm de espessura para um bom desenvolvimento das plantas.

Vegetação: absorvem nutrientes e água que fluem para o jardim de chuva e liberam vapor de água de volta à atmosfera através do processo de transpiração. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos são ideais; a vegetação indicada está listada no Passo 3 deste catálogo. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

Pedras no entorno do dispositivo: pode-se utilizar pedra de mão, paralelepípedos, materiais residuais ou de ornamentação no entorno (quando houver guias) ou nas entradas do dispositivo para a dissipação da energia da água; quando não se utiliza o material, a força da água irá carrear o substrato, terra e a vegetação, danificando o canteiro ao longo do tempo.

Definição das tipologias de SbN
- Canteiro Pluvial-

CANTEIRO PLUVIAL

Projeto implantado em
ARIZONA - EUA

Figura 22 - Canteiro Pluvial. Fonte: Pima Association of Governments.



Definição das tipologias de SbN
- Canteiro Pluvial-

CANTEIRO PLUVIAL

Projeto implantado na
CIDADE UNIVERSITÁRIA USP - SP

Figura 23 - Canteiro Pluvial. Projeto idealizado por Maria Cristina S. Pereira e Lucas Gobatti junto com seus orientadores Rodolfo Scarati e Brenda Chaves.
Foto: Sarah Daher



Definição das tipologias de SbN

- Biovaleta -



localização estratégica

Em canteiros centrais e estacionamentos, locais estreitos para condução da água ou ainda locais amplos associados a jardins de chuva, canteiros pluviais, pôlder, entre outros.

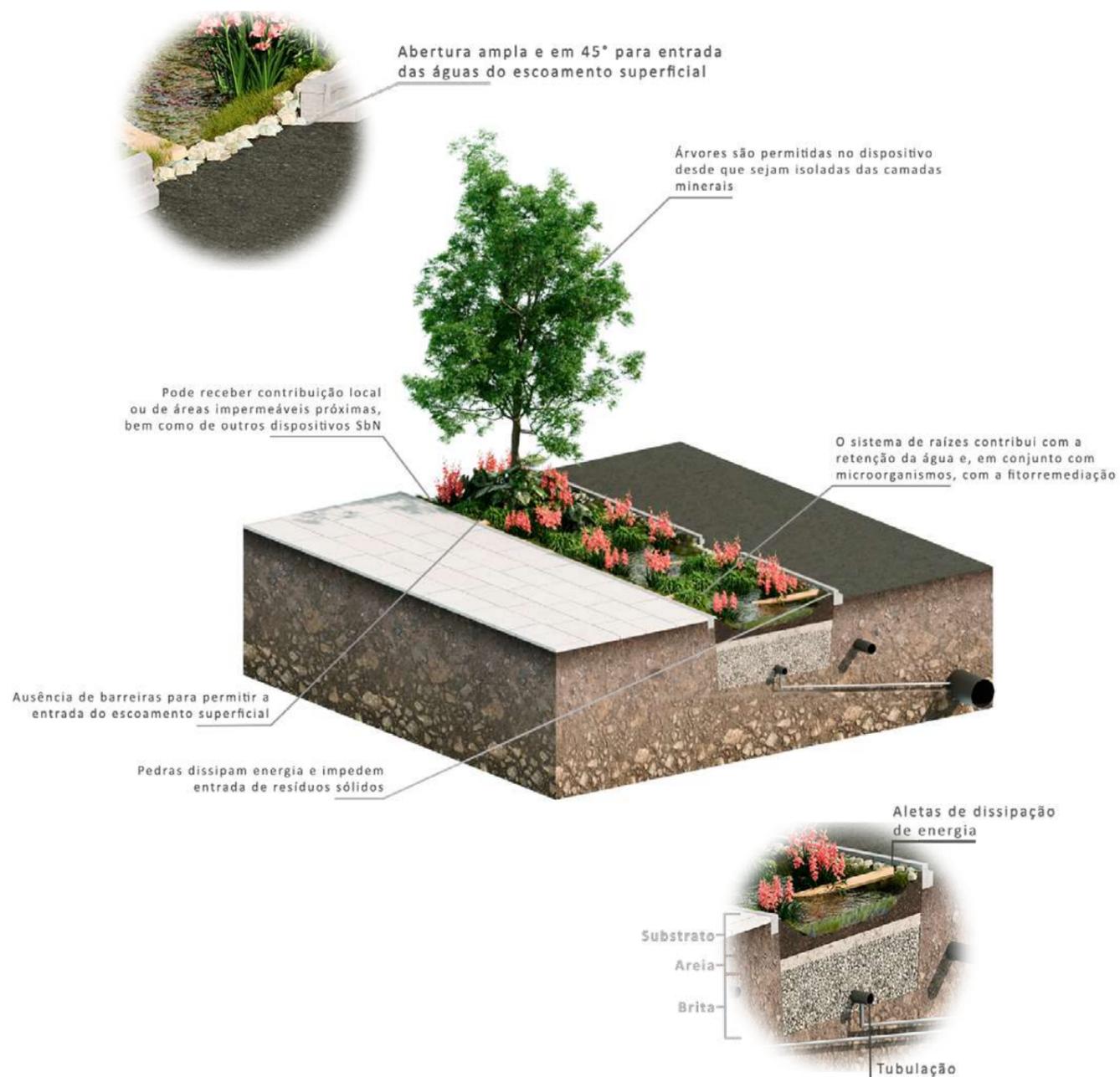


Figura 24 - Biovaleta. Perspectiva isométrica com detalhe. Fonte: Guajava, 2023

Definição das tipologias de SbN

- Biovaleta-



manutenção

Prever quantidade adicional de mudas de 2 a 5% do valor total para mitigar perdas iniciais, por mudas que possam morrer logo após o plantio no período de adaptação (ação pontual na implementação);

Remover manualmente resíduos que impeçam o fluxo de água¹⁴ (ação recorrente);

Recuperar camadas filtrantes por colmatagem do dispositivo (ação pontual quando o dispositivo não estiver infiltrando).



custos da implantação

Varição¹⁵ entre R\$200,00 a R\$500,00 por m²

Biovaleta, ou vala de biorretenção vegetada, são depressões rasas vegetadas (CORMIER; PELLEGRINO, 2008) com laterais inclinadas de configuração linear. O dispositivo é projetado para coletar, tratar e infiltrar o escoamento de águas pluviais superficiais e ainda pode contribuir para direcionar e conduzir a água para outro sistema (convencional ou sustentável) através da inclinação do terreno. Em áreas mais íngremes, deve-se utilizar barragens (aletas e soleiras) dentro da biovaleta para reduzir a velocidade de escoamento da água, ou ainda outros dispositivos como escadas hidráulicas vegetadas.

As inclinações laterais graduadas, como os taludes, permitem maior flexibilidade no projeto e no plantio em comparação com os dispositivos de biorretenção com paredes verticais fixas, como canteiro pluvial e terraço de chuva. Na maioria dos casos, as biovaletas são rasas e não necessitam profundidade maior que 60 cm.

¹⁴ Por órgão responsável pela manutenção e limpeza ou pessoa civil. Indica-se incentivo à adoção de áreas verdes urbanas.

¹⁵ De acordo com a área, projeto e configuração do dispositivo, materiais, mão de obra, vegetação.

Definição das tipologias de SbN

- Biovaleta-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: dificuldade em obter informações prévias das instalações subterrâneas, interferindo, muitas vezes, na revisão do projeto após o início das obras.

Vegetação adequada: disponibilidade de espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos.

Qualificação de técnicos: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para análise correta de todas as informações e posterior acompanhamento na execução.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): não influencia diretamente enquanto um critério para a biovaleta, uma vez que ela atua, principalmente, na condução do escoamento superficial das águas pluviais.

Declividade: Quando implantadas em terrenos com inclinação de até 5%, a eficácia do dispositivo quanto à detenção e condução das águas estará com melhor aproveitamento, porém quando inseridos em terrenos com inclinação superior a 5%, é necessário o uso de barramentos para reduzir a velocidade de condução da água e manter sua eficácia elevada sem carrear vegetação e solo. Já para o grau de inclinação das laterais da biovaleta (taludes), o mesmo deve ser definido de acordo com a taxa de erosão do solo; ou ainda, requisitos e preocupações contextuais específicas do local como, por exemplo, a existência ou não de meio fio e demais especificidades projetuais. Os taludes podem ser diferentes de um lado em relação ao outro.

Carga de sedimentos: O aporte de sólidos no sistema é baixo.

Tipos de solo: O sistema se adequa com maior eficácia em solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração e em solos contendo moderada taxa de infiltração e bem drenados, Grupos A e B, respectivamente inseridos no Grupos Hidrológicos de Solos, conforme Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (SCS-USDA).

Definição das tipologias de SbN

- Biovaleta-

Características do terreno: A implementação desta tipologia, principalmente quando inseridas em áreas urbanas consolidadas, exige que seja averiguada a presença de quaisquer instalações antes do início das obras ou ainda, se possível, durante a fase de projeto, verificando se as mesmas podem ser realocadas ou readequadas à configuração do projeto. A análise pode ser realizada in loco ou por meio de documentação dos órgãos responsáveis. O mesmo ocorre para a implantação das tipologias em terrenos amplos destinados a parques urbanos e/ou lineares.

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: para se definir o tempo de retorno do dispositivo, é necessário realizar os cálculos de acordo com normas municipais considerando o índice de galeria de águas pluviais públicas a qual o dispositivo estará correlacionado.

Nível do lençol freático: em locais onde o nível do lençol freático é alto, a eficácia do sistema será comprometida devido à baixa absorção, sendo assim, sugere-se a utilização de tubulação para conectar à rede convencional de drenagem; a tipologia neste caso também deve ser estanque, ou seja, com paredes nas laterais e fundo do sistema, evitando que a água do lençol adentre na estrutura.

Drenagem e escoamento das águas: possuem como principais características de regulação hídrica a detenção e condução das águas, além da infiltração. Podem estar em associação a tubulações de drenagem convencionais ou outros dispositivos de SbN como jardins de chuva, canteiros pluviais, pôlder, entre outros. O sistema deve estar livre do acúmulo de água em, no máximo, 72h após ocorrência de chuva.

Definição das tipologias de SbN

- Biovaleta-



materiais necessários

Brita ou pedra de mão: a camada de brita, preferencialmente nº 5, ou a utilização de pedra de mão ou ainda resíduos de concreto removidos in loco (sem a presença de componentes contaminantes para o lençol freático). denominada como a camada de armazenamento e de transferência, onde a água é temporariamente acumulada antes de ser destinada ao abastecimento do lençol freático ou direcionada ao sistema de drenagem convencional. Camada principal para armazenamento da água, portanto deve ser destinada maior espessura possível para este material, respeitando a necessidade mínima de substrato para a vegetação.

Geotêxtil: este geossintético tem sido largamente empregado para a composição de sistemas drenantes e filtrantes, podendo ser classificado em função do seu processo de fabricação em tecido, não tecido e tricotado. Para que cumpra a função de filtro, deve-se utilizar o tipo não tecido, produto que apresenta suas fibras dispostas em orientação aleatória, o que impede a livre passagem de água através do geossintético. Se executa com a manta separando a camada de solo da camada drenante abaixo, o que evita do solo ser carregado e também a precoce colmatção do sistema. Os geotêxteis são de fácil instalação, baixo custo, pequena espessura e possibilitam o controle de qualidade permitindo propriedades hidráulicas adequadas, características essas que endossam a utilização deste material em sistemas filtrantes. Em casos que houver um fundo de concreto para conduzir o fluxo de água, há a possibilidade de se revestir esse fundo com uma geomembrana para gerar estanqueidade e evitar ao máximo a força de punção das raízes no concreto caso passem pelo geotêxtil.

Areia: a camada de areia visa o aumento da infiltração e redistribuição da água no solo. Através da utilização da areia, aumenta-se a porosidade e aeração, auxiliando que a água penetre por esta camada. A camada de areia deve ter ao menos 10cm de espessura, quando houver disponibilidade de área, para aumento da permeabilidade e infiltração do dispositivo.

Substrato/terra: composto por terra preta e húmus de minhoca na proporção de 1:1. Pode ser misturado com traço de areia para aumentar sua permeabilidade. A camada de substrato deve ter ao menos 25cm de espessura para um bom desenvolvimento das plantas.

Vegetação: absorvem nutrientes e água que fluem para a biovaleta e liberam vapor de água de volta à atmosfera através do processo de transpiração. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos são ideais; a

Definição das tipologias de SbN

- Biovaleta-

vegetação indicada está listada no Passo 3 deste Catálogo. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

Pedras do entorno do dispositivo: pode-se utilizar pedra de mão, paralelepípedos, materiais residuais ou de ornamentação no entorno (quando não houver guias) ou nas entradas do dispositivo para a dissipação da energia da água, quando não se utiliza o material, a força da água irá carrear o substrato, terra e a vegetação, danificando o canteiro ao longo do tempo.

Aletas de dissipação de energia: quando inseridas em terrenos com inclinação superior a 5%, é necessário o uso de barramentos para reduzir a velocidade de condução da água e manter sua eficácia elevada sem carregar vegetação e solo presentes no dispositivo. Estes barramentos podem ser executados com pedras, tijolos ou outro material que execute a função de barragem.

Tubulação: utiliza-se tubo-dreno ao longo de toda a extensão da biovaleta com inclinação de 0,1% no sentido da caixa de drenagem para condução da água.

Definição das tipologias de SbN
- Biovaleta-

BIOVALETA

Projeto implantado

Figura 25 - Biovaleta. Fonte: Beckley Sanitary Board.



Definição das tipologias de SbN
- Biovaleta-

BIOVALETA

Projeto implantado em
LAGOA DO NADO - MG

Figura 26 - Biovaleta. Foto: Meridiano. Fonte: Projeto Guajava.



Definição das tipologias de SbN - Terraços de Chuva -



localização estratégica

Em qualquer tipo de talude, trazendo benefícios estruturais mesmo em locais de alta declividade.

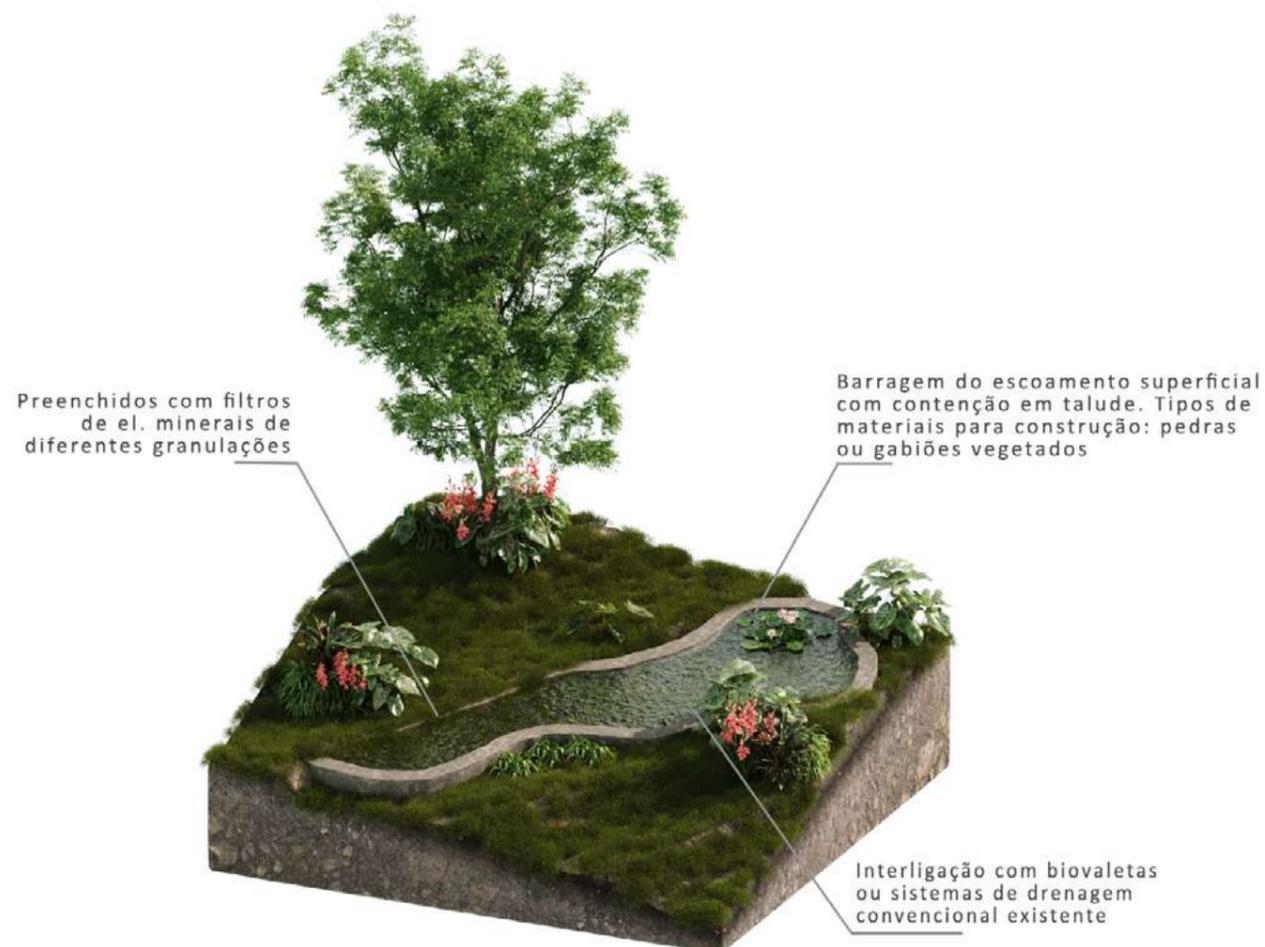


Figura 27 - Terraços de Chuva em Taludes. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava, 2023

Definição das tipologias de SbN

- Terraços de Chuva -



manutenção

Na implantação, deve-se prever uma quantidade de mudas adicional de 2 a 5% do valor total para mitigar perdas iniciais, por mudas que possam morrer logo após o plantio no período de adaptação;

Deve-se conferir periodicamente a drenagem dos terraços após períodos de grandes chuvas, garantindo o funcionamento dos extravasores e das possíveis biovaletas conectadas ao sistema;

Deve-se conferir periodicamente se há danos nas estruturas de pedras ou gabiões que formam os terraços e fazer reforços estruturais quando necessários, impedindo futuros deslizamentos de terra;

Deve-se remover periodicamente os resíduos que impeçam o fluxo de água manualmente¹⁶.



custos da implantação

Estruturas das paredes: pedra argamassada: R\$ 250,00/m² ;
gabião: R\$ 250/m² e R\$ 350/m²
Filtros e jardins: Variação¹⁷ entre R\$375,00/m² a R\$800,00/m².

Terraços de chuva são estruturas côncavas, implantadas transversalmente ao sentido do declive do terreno, encravadas em trechos de taludes, construídas com paredes de pedra ou pequenos gabiões vegetados e preenchidos com filtros de elementos minerais de diferentes granulações, semelhantes aos jardins de chuva.

Trata-se de um dispositivo de SbN desenvolvido pela Guajava Arquitetura da Paisagem e Urbanismo junto à equipe da Fundação do Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) e da Prefeitura de São Paulo, inspirada nos terraceamentos agrícolas chineses. Foram desenvolvidos como uma tipologia que cumpre com a finalidade de coletar e absorver o escoamento superficial das águas pluviais; contribuindo assim para a redução significativa da quantidade de água direcionada à região abaixo

¹⁶ Ação a ser feita por órgão responsável pela manutenção e limpeza ou pessoa civil. Indica-se incentivo à adoção de áreas verdes.

¹⁷ De acordo com a área, projeto e configuração do dispositivo, materiais, mão de obra, vegetação.

Definição das tipologias de SbN

- Terraços de Chuva-

do talude, geralmente um curso d'água ou galeria de águas pluviais; ao mesmo tempo em que favorece a estabilidade de taludes em áreas de margens de rios, córregos e riachos.

A sua eficiência na contribuição de captação de água se dá por meio dos espaços de armazenamento das cavidades criadas, pelo solo existente (caso permita esta absorção) e pela rede convencional de drenagem (quando houver conexão). Outra vantagem é a de estabilizar o talude, criando degraus vegetados por onde as águas escoam com menor velocidade enquanto recarregam o lençol freático.



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: dificuldade em obter informações prévias das instalações subterrâneas, interferindo, muitas vezes, na revisão do projeto após o início das obras, bem como é importante um levantamento planialtimétrico para desenho da estrutura.

Comatação: contratação de manutenção para os dispositivos entre 5 a 10 anos após a implementação para recuperação da sua capacidade infiltrativa.

Vegetação adequada: disponibilidade de espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos.

Qualificação de técnicos: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para análise correta de todas as informações e posterior acompanhamento na execução. Bem como para o cálculo do volume de água a ser retido nas estruturas com desenho não geométrico é necessário conhecimento técnico em modelagem.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano.

Definição das tipologias de SbN

- Terraços de Chuva-



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): para que o sistema de drenagem alcance bons resultados na absorção de água, é necessário realizar ensaios de caracterização do solo, como por exemplo o ensaio de análise granulométrica, que determinará a porcentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada, fornecendo então a parcela de argila, silte, areia e pedregulho presente em uma determinada amostra. A fração grossa do solo (pedregulho e areia) é muito mais permeável do que a fração fina (argila e silte); e por isso é preferível na composição das SbN para possibilitar a infiltração de um volume de água pluvial a taxas adequadas e contribuir na mitigação de inundações à jusante. É necessário incluir barreiras no talude para permitir que a água seja absorvida.

Declividade: os terraços devem ser construídos em seções transversais ao sentido do maior declive do terreno, e podem ser construídos em taludes com declive de até 18%¹⁸ (MACHADO; WADT, 2021), sendo que, quanto maior a declividade, maior a necessidade de reforço nas estruturas das paredes construídas.

Carga de sedimentos: o aporte de sólidos no sistema é baixo.

Tipos de solo: para instalação dos terraços de chuva é muito importante averiguar as condições de estabilidade do talude, pois são estruturas que vão armazenar água periodicamente e este fator não pode causar riscos de deslizamentos. Para escolher os melhores materiais a serem utilizados na estrutura, sejam eles pedras, gabiões ou troncos, é necessário conferir a estabilidade natural do solo através de estudos geotécnicos de resistência dos solos.

Características do terreno: a implementação desta tipologia, principalmente quando inseridas em áreas urbanas consolidadas, exige que seja averiguada a presença de quaisquer instalações antes do início das obras ou ainda, se possível, durante a fase de projeto, verificando se podem ser realocadas ou readequadas à configuração do projeto. A análise pode ser realizada in loco ou por meio de documentação dos órgãos responsáveis. O mesmo ocorre para a implantação das tipologias em terrenos amplos destinados a parques urbanos e/ou lineares. Deve-se analisar no local de implantação das tipologias quanto à presença de arborização existente no local. É necessário certificar-se de que a arborização é uma espécie adaptada às condições de solos úmidos, caso contrário, ela pode sofrer por estas alterações no solo e ter sua saúde

Definição das tipologias de SbN

- Terraços de Chuva-

prejudicada.

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: para se definir o tempo de retorno do dispositivo, é necessário realizar os cálculos de acordo com normas municipais considerando o índice de galeria de águas pluviais públicas a qual o dispositivo estará correlacionado.

Nível do lençol freático: em locais onde o nível do lençol freático é alto, a eficácia do sistema será comprometida devido à baixa absorção, sendo assim, sugere-se a utilização de tubulação para conectar à rede convencional de drenagem caso o objetivo principal do terraço de chuva seja a infiltração; a tipologia neste caso também deve ser estanque, ou seja, com paredes nas laterais e fundo do sistema, evitando que a água do lençol adentre na estrutura.

Drenagem e escoamento das águas: possuem como principais características de regulação hídrica a detenção e infiltração das águas. Podem estar em associação a tubulações de drenagem convencionais ou outros dispositivos de SbN como biovaletas, canteiros pluviais, entre outros. Assim, se o objetivo for diminuir a velocidade de escoamento superficial para áreas da bacia à jusante, sugere inserir mais de um terraço de chuva e conectá-los por meio de biovaletas. O sistema deve estar livre do acúmulo de água em, no máximo, 72h após ocorrência de chuva.



materiais necessários

Brita ou Pedra de mão: a camada de brita, preferencialmente nº 5, ou a utilização de pedra de mão ou ainda resíduos de concreto removidos do local (sem a presença de componentes contaminantes para o lençol freático) é denominada como a camada de armazenamento e de transferência, onde a água é temporariamente acumulada antes de ser destinada ao abastecimento do lençol freático ou direcionada ao sistema de drenagem convencional.

Areia: a camada de areia visa o aumento da infiltração e redistribuição da água no solo. Através da utilização da areia, aumenta-se a porosidade e aeração, auxiliando que a água penetre por esta camada.

Materiais necessários para a estrutura dos terraços: pedras que possam ser alinhadas e argamassadas gerando paredes ou muros estruturais ou

Definição das tipologias de SbN

- Terraços de Chuva-

gabiões que possam ser vegetados, a escolha varia conforme o tipo e resistência do solo.

Vegetação adequada: vegetação e substrato adequados para cada tipo de região, que possuam raízes fortes para contribuir na estabilização de taludes e resistentes a períodos de alta umidade. A vegetação indicada está listada no Passo 3 deste Catálogo.

Definição das tipologias de SbN

- Escada Hidráulica Vegetada -



localização estratégica

Em vias, taludes e margens de alta declividade, para condução das águas pluviais; de preferência em locais associados a jardins de chuva, canteiros pluviais, entre outros. Canais de microdrenagem em áreas de alta declividade onde não seja possível implantar biovaletas.



Figura 28 - Escada Hidráulica Vegetada. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava, 2023

Definição das tipologias de SbN

- Escada Hidráulica Vegetada-



manutenção

Deve-se prever quantidade de mudas adicional de 2 a 5% do valor total para mitigar perdas iniciais, por mudas que possam morrer logo após o plantio no período de adaptação (ação pontual na implementação);

Conferir se há danos nas estruturas de pedras ou gabiões e fazer reforços estruturais quando necessários, impedindo futuros deslizamentos de terra (ação recorrente);

Remover manualmente resíduos que impeçam o fluxo de água¹⁹ (ação recorrente).



custos da implantação

Variação²⁰ entre R\$600,00 a R\$1.200,00 por m²

As escadas hidráulicas vegetadas são estruturas construídas em áreas de alta declividade com a intenção de conduzir e reduzir a velocidade de escoamento das águas pluviais. Os degraus funcionam como dissipadores de energia e, quando vegetados, colaboram ainda no aumento da rugosidade do trecho e proporcionam um aumento da qualidade das águas que percolam através da vegetação.

O material adequado para este tipo de estrutura são os gabiões que possuem a capacidade de adaptação geométrica da estrutura, permitem assumir diferentes dimensões e capacidade de implementar vegetação, especialmente forrações. No gabião, menos elementos são necessários para a implantação da escada, sendo necessário apenas pedra, a tela do gabião, e o maquinário para a escavação. O regime de escoamento pode acontecer imediatamente após a construção. Pode-se também utilizar paredes de concreto e piso permeável ou semipermeável, estruturado com pedras ou mesmo gabiões.

¹⁹ Por órgão responsável pela manutenção e limpeza ou pessoa civil. Indica-se incentivo à adoção de áreas verdes urbanas.

²⁰ De acordo com a área, projeto e configuração do dispositivo, materiais, mão de obra, vegetação.

Definição das tipologias de SbN

- Escada Hidráulica Vegetada-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: dificuldade em obter informações prévias das instalações subterrâneas, interferindo, muitas vezes, na revisão do projeto após o início das obras.

Vegetação adequada: disponibilidade de espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos.

Qualificação de técnicos: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para análise correta de todas as informações e posterior acompanhamento na execução.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): não influencia diretamente enquanto um critério para a escada, uma vez que ela atua, principalmente, na condução do escoamento superficial das águas pluviais.

Declividade: sugerida para implantação em terrenos com inclinação maior que 5%, pois cumprirá a função de encaminhamento de vazões onde outras soluções não consigam vencer trechos com declividade acentuada.

Carga de sedimentos: o aporte de sólidos admissível para influenciar na qualidade da água é baixo em função da alta declividade do terreno, que acarreta altas velocidades do escoamento e baixo tempo para infiltração na estrutura.

Tipos de Solo: o sistema se adequa com maior eficácia em solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração, e em solos contendo moderada taxa de infiltração e bem drenados, Grupos A e B, respectivamente inseridos nos Grupos Hidrológicos de Solos, conforme o Serviço de Conservação do Solo - Estados Unidos.

Definição das tipologias de SbN

- Escada Hidráulica Vegetada-

Características do terreno: a implementação desta tipologia, principalmente quando inserida em áreas urbanas consolidadas, exige que seja averiguada a presença de quaisquer instalações antes do início das obras ou ainda, se possível, durante a fase de projeto, verificando se as mesmas podem ser realocadas ou readequadas à configuração do projeto. A análise pode ser realizada in loco ou por meio de documentação dos órgãos responsáveis. O mesmo ocorre para a implantação das tipologias em terrenos amplos destinados a parques urbanos e/ou lineares. Neste caso, a cooperação entre secretarias e órgãos para troca de documentação e informações é essencial para um bom planejamento da drenagem sustentável do projeto.

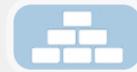
Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: é importante seguir cálculos e normas estabelecidas para escadas hidráulicas convencionais, e implantar paredes e contenções seguras. Isso garantirá o escoamento adequado das águas em talvegues interceptados pela terraplenagem, ao mesmo tempo em que assegura a segurança dessas áreas e reduz possíveis danos causados por erosão. É essencial promover a dissipação das velocidades para permitir o escoamento em condições favoráveis até os pontos de deságue, previamente determinados.

Nível do lençol freático: em locais onde o nível do lençol freático é alto, sugere-se a estanqueidade dos degraus.

Drenagem e escoamento das águas: possuem como principais características de regulação hídrica a detenção e condução das águas. Podem estar em associação a tubulações de drenagem convencionais ou outros dispositivos de SbN como jardins de chuva, canteiros pluviais, pôlder, entre outros.

Definição das tipologias de Sbn
- Escada Hidráulica Vegetada-



materiais necessários

Substrato/terra: composto por terra preta e húmus de minhoca na proporção de 1:1. Pode ser misturado com traço de areia para aumentar sua permeabilidade. A camada de substrato deve ter ao menos 25cm de espessura para um bom desenvolvimento das plantas.

Vegetação: absorvem nutrientes e água e liberam vapor de água de volta à atmosfera através do processo de transpiração. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos são ideais para a escada. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

Gabião: permitem a adaptação dos degraus da escada a diversas situações de talude, bem como o plantio de forrações.

Blocos de concreto ou tijolo: é possível fazer paredes de concreto associadas a piso permeável ou semipermeável, com base de pedras ou gabiões. Os materiais de revestimento devem proporcionar um ambiente propício ao crescimento da vegetação.

Estrutura de base: podem ser utilizadas rochas, pedra argamassa e concreto armado como base estrutural da escada hidráulica. Elas devem ser duráveis e resistentes para suportar a carga hidráulica e a vegetação.

Pedras para dissipação de energia: pode-se utilizar pedra de mão, paralelepípedos, materiais residuais ou de ornamentação onde a água cai para a dissipação da energia; quando não se utiliza o material, a força da água irá carrear o substrato, terra e a vegetação, danificando o canteiro ao longo do tempo.

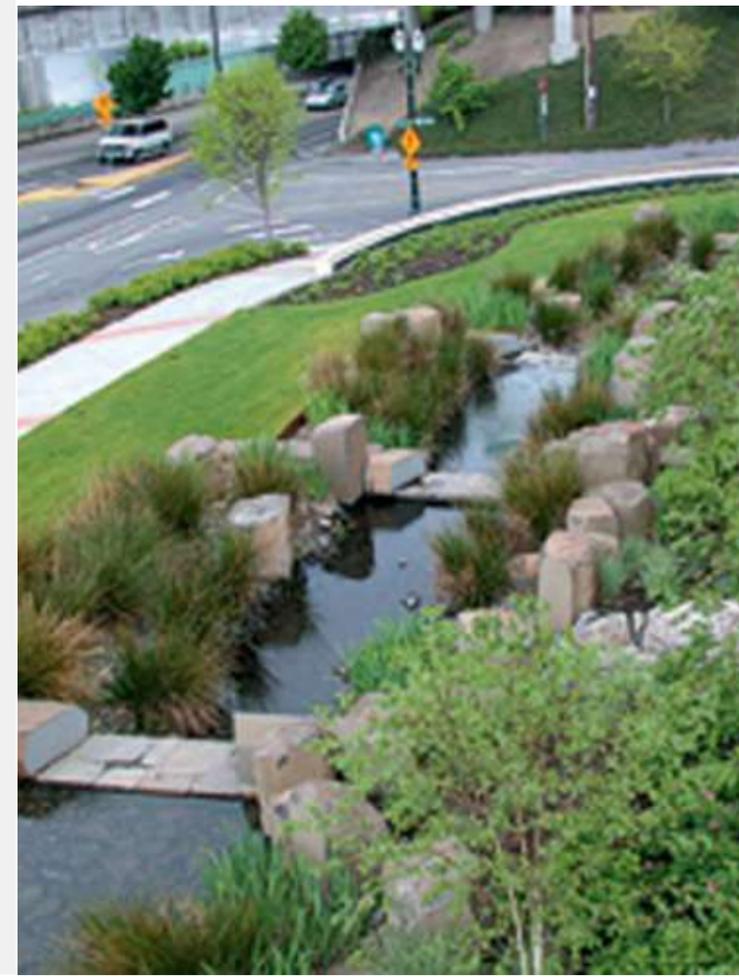
Definição das tipologias de Sbn
- Escada Hidráulica Vegetada-

ESCADA HIDÁULICA VEGETADA

Projeto implantado em PORTLAND - EUA

Figura 29 -Escada hidráulica vegetada em Portland.
Fonte: Pacific horticulture

Figura 30 -Escada hidráulica vegetada com gabião.
Fonte: Belgoengenharia



Definição das tipologias de SbN - Poço de Infiltração -



localização estratégica

Preferencialmente sob calçadas, ruas e avenidas.

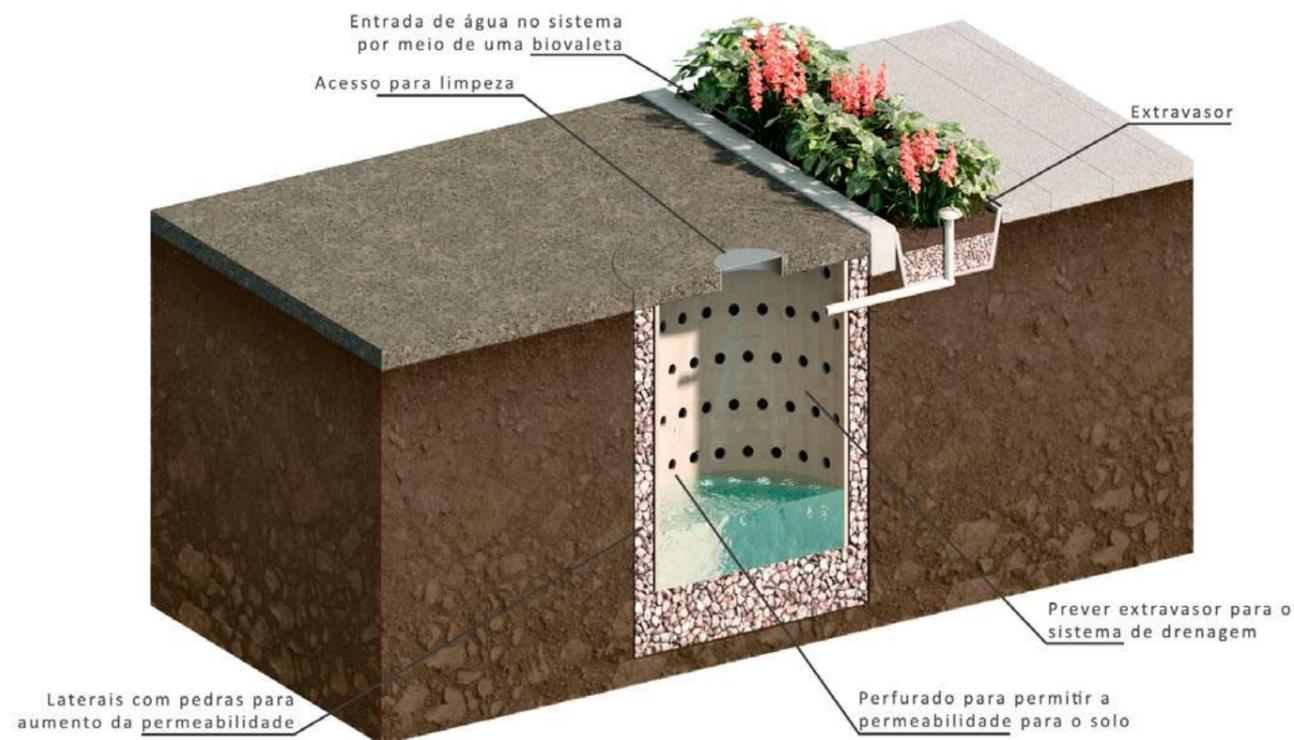


Figura 31 - Poço de Infiltração. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava, 2023

Definição das tipologias de SbN

- Poço de Infiltração -



manutenção

Atenção deve ser dada ao acúmulo de sedimentos e resíduos. Recomenda-se verificar a caixa de inspeção para liberação da canalização em caso de entupimento.



custos da implantação

Varição²¹ entre R\$350,00 a R\$650,00 por m²

Poço de infiltração é um sistema de retenção de águas pluviais denominado pontual por atuar em pequena área, o qual visa mitigar os efeitos decorrentes de escoamentos superficiais direto da fonte, realizando a captação e infiltração das águas pluviais no solo. Visa amortecer os picos de vazão que possam atingir o sistema de drenagem convencional, reduzir o volume de escoamento superficial pela infiltração do volume excedente de chuva no solo, e ainda, contribuir para o abastecimento dos aquíferos.

O sistema consiste em um poço escavado no solo revestido por tubos de concreto perfurados, permitindo o contato da água com o solo e, assim, garantindo a infiltração. Os poços de infiltração podem ser envolvidos por manta geotêxtil, tanto nas laterais quanto no fundo do poço. Na camada inferior, são utilizados, ainda, agregados graúdos, mais usualmente a brita, permitindo uma maximização da vazão infiltrada. Assim como outras tipologias, os poços de infiltração trabalham em cooperação com a drenagem 'cinza' auxiliando para que a mesma não entre em colapso.

Definição das tipologias de SbN

- Poço de Infiltração -



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: Dificuldade em obter informações prévias do tipo de solo, interferindo na avaliação prévia de infiltração; interferências no subsolo que não estejam mapeadas podem ser um dificultador no momento de realizar as escavações nos locais planejados no projeto de drenagem com poços de infiltração;

Qualificação de técnicos: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para análise correta de todas as informações e posterior acompanhamento na execução.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): quanto mais permeável o solo, maior a capacidade de infiltração da estrutura. Em solos argilosos, a capacidade de infiltração é menor quando comparada à capacidade de infiltração dos solos arenosos.

Declividade: não há restrições quanto à declividade do terreno, uma vez que os poços são escavados. Da mesma forma, não há restrições para a declividade da área que irá contribuir para a estrutura, uma vez que são escavados, contudo, na fase de projeto, deve-se levar em consideração que terrenos de elevada declividade produzem escoamento com alta velocidade. O dispositivo não deve ser utilizado em solos colapsíveis²².

Carga de sedimentos: em áreas com alta produção de sedimentos ou resíduos, devem ser instaladas estruturas de gradeamento ou sedimentação a montante ou na entrada da estrutura. Nesse caso, deve-se também adotar uma frequência maior na limpeza e manutenção daquelas estruturas.

Tipos de Solo: o sistema se adequa com maior eficácia em solos com moderada e alta taxa de infiltração e bem drenados, grupos A e B, conforme a classificação de Grupos Hidrológicos de Solos do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (classificação adaptada para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS por SARTORI et al. (2005). A utilização em solos do Grupo C, com baixa taxa de infiltração, é tolerada, porém, deve-se atentar prioritariamente ao volume de água

Definição das tipologias de SbN

- Poço de Infiltração -

armazenado, sendo que o sistema terá eficácia inferior em solos dos grupos A e B.

Características do Terreno: O sistema não necessita de áreas amplas, mas de profundidade. Deve-se efetuar o levantamento e a identificação das instalações subterrâneas e adjacentes, existentes ou projetadas. Os projetos deverão considerar as devidas adequações ou proteções dessas estruturas.

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: dispositivo de pequeno porte capaz de armazenar temporariamente médios volumes de chuvas com períodos de retorno elevados (TR > 10 anos). O armazenamento deve ocorrer em tempo relativamente curto, pois o poço deve ser esvaziado em até 24h, a fim de estar pronto para receber os volumes excedentes do próximo evento de chuva intenso. Para tanto, é necessário o correto dimensionamento das estruturas de saída do poço.

Nível do lençol freático: em locais onde o nível do lençol freático é alto, a infiltração no sistema será comprometida devido à baixa absorção. E, portanto, deve-se evitar seu uso.

Drenagem e escoamento das águas: contribuem com o processo de detenção das águas pluviais.



materiais necessários

Tubo de concreto perfurado: tubos de concretos pré-moldados com furos para facilitar o contato com o solo;

Manta geotêxtil: manta permeável com propriedades mecânicas e hidráulicas, utilizada para envolver o poço, e fazer com que o solo obtenha uma máxima infiltração;

Extravasador: canalização responsável por destinar para o sistema de drenagem pública a água que excede quando o poço de infiltração está cheio;

Definição das tipologias de SbN

- Poço de Infiltração -

Tubulação de drenagem conectora: também chamado de conduto horizontal, serve para a destinação das águas pluviais captadas por edificação ao poço drenante;

Camada de agregado graúdo: camada utilizada ao fundo do poço, geralmente com brita nº3;

Caixa de Inspeção: serve para inspecionar o sistema de drenagem para que não haja entupimento na canalização/extravasor.

Definição das tipologias de SbN

- Poço de Infiltração -

POÇO DE INFILTRAÇÃO

Projeto implantado em
SÃO CARLOS - SP

Figura 32 e 33 -Poço de infiltração. Fonte: Thays Santos Ferreira.

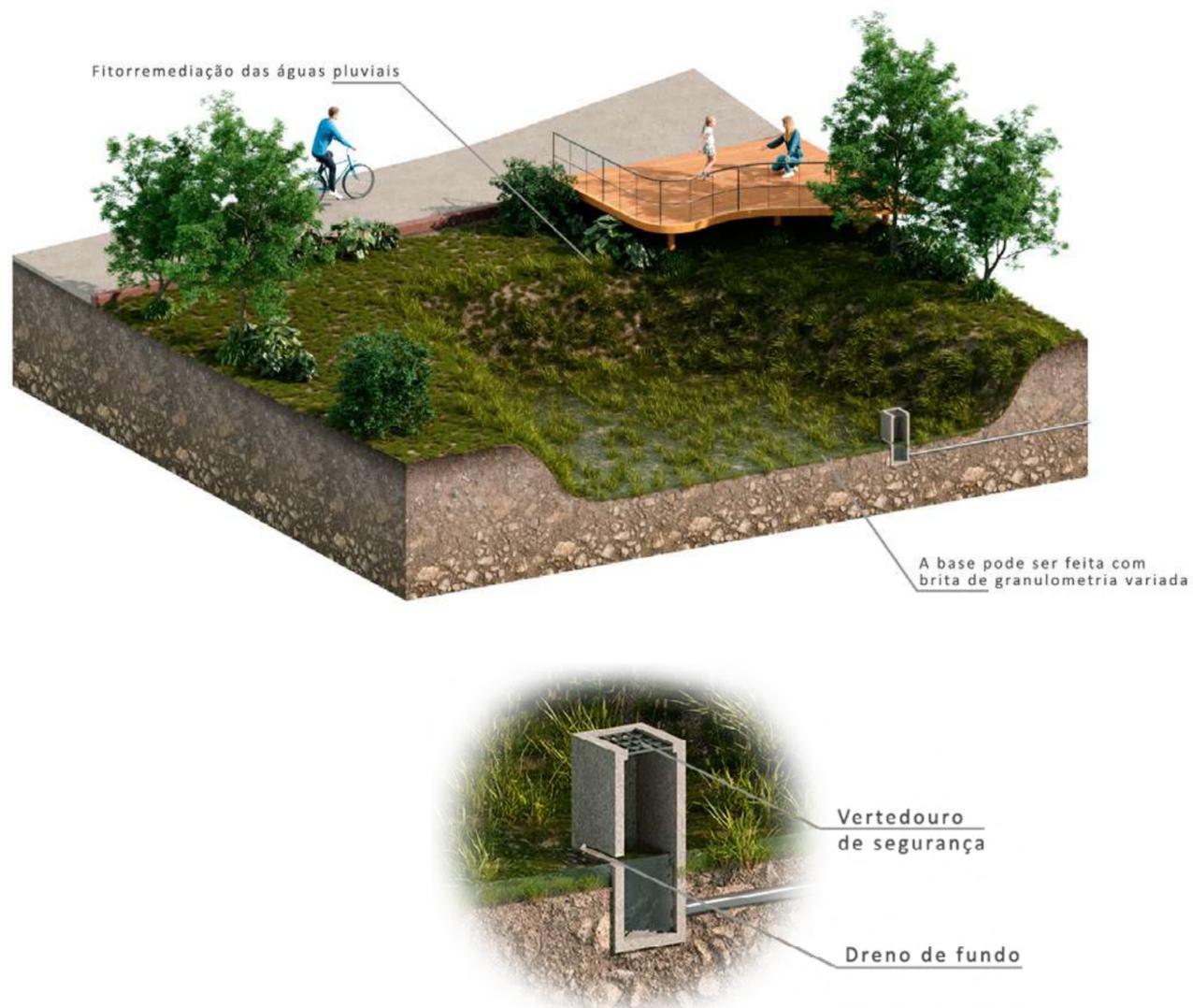


Definição das tipologias de SbN - Bacia de Detenção -



localização estratégica

A jusante da bacia de contribuição, na macrodrenagem.



Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Detenção-



manutenção

Limpeza e desassoreamento para retirada de sedimentos e resíduos.

Manutenção da vegetação, quando necessário.

Limpeza e desobstrução dos dispositivos de entrada e saída da estrutura, bem como do sistema de drenagem que capta e conduz a água para a bacia.



custos de implantação²³

Custo de aquisição da área para implantação da estrutura.
Custo de implantação: R\$ 700,00/m³
Custo de implantação de infraestrutura verde e equipamentos públicos: R\$ 300,00/m²

A bacia de detenção é uma estrutura de acumulação temporária das águas pluviais, permitindo a transferência de vazões compatíveis com o limite tolerado pela rede de drenagem ou curso d'água existente a jusante da estrutura (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Processos de infiltração e evapotranspiração também podem ser atribuídos a essas bacias a depender das condições de permeabilidade do solo local e da existência ou não de vegetação em seu interior. Esse tipo de estrutura pode ser descrito como uma depressão no terreno, que pode ser revestida ou não, dotada de dispositivos de entrada e de saída, que permitem o acúmulo de volumes de chuva em seu interior. Nos períodos sem chuva essa estrutura permanece seca e pode ser utilizada para outras finalidades como áreas verdes, quadras esportivas e praças públicas. Seu esvaziamento completo deve se dar idealmente em até 24 horas. Os projetos devem incorporar múltiplos

Figura 34 - Bacia de Detenção. Perspectiva isométrica com detalhe. Fonte: Guajava, 2023

Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Detenção-

benefícios além do controle de cheias, prevendo-se a implantação em parques, espaços livres e outras áreas de lazer e recreação (CITY OF PORTLAND, 2020).

As bacias de detenção podem ser classificadas como in line ou off line a depender de sua configuração em relação ao curso d'água. Essa escolha depende, principalmente, da disponibilidade de área e do volume de armazenamento necessário, uma vez que a configuração off line é capaz de armazenar volumes maiores, pois o fundo do reservatório pode ser bem mais profundo que o leito do rio, necessitando, neste caso, de um sistema de bombeamento para o esvaziamento da estrutura (ABCP, 2015). Já na opção in line a reservação se dá ao longo do próprio leito do córrego e o acúmulo das águas se dá pela implantação de estrutura de controle de vazão na seção transversal do corpo hídrico, essa estrutura é dotada de uma abertura junto ao fundo do leito do rio que permite a passagem da vazão de base e restringe a passagem da onda de cheia.



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: as bacias de detenção requerem grandes áreas para sua implantação (> 100 m²) o que dificulta a sua implementação em áreas densamente ocupadas, requerendo espaços livres para sua implantação. Em áreas menores, é aconselhado dispersar os dispositivos.

Vegetação adequada: seleção e disponibilidade de espécies vegetais adequadas para as condições de seca e cheia.

Qualificação de técnicos: os projetos devem ser desenvolvidos por equipe técnica formada por engenheiro, arquitetos e outros profissionais. Devem ser elaborados estudos hidrológicos e hidráulicos para o dimensionamento da estrutura e avaliação do impacto de sua implantação na bacia hidrográfica. Além de levantamentos topográficos e estudos geotécnicos da área. É necessário, portanto, a formação de mão de obra qualificada para projeto, implantação, operação e manutenção destes sistemas.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano. A aceitação da tecnologia deve considerar aspectos sanitários e estéticos para aceitação dos moradores.

Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Detenção-



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): quanto mais permeável o solo, maior a capacidade de infiltração da estrutura. Em solos argilosos, a capacidade de infiltração é menor quando comparada à capacidade de infiltração dos solos arenosos. Bacias de detenção implantadas em solo com altas taxas de permeabilidade poderão agregar a capacidade de infiltração no abatimento das cheias, já em solos pouco permeáveis ela atuará somente no processo de detenção.

Declividade: não devem ser implantadas em terrenos com declividade superior a 5%. Em terrenos com declividade maior que 5% deverá ser previsto seu nivelamento para a implantação da estrutura. Não há restrições para a declividade da área que irá contribuir para a estrutura, contudo, na fase de projeto, deve-se levar em consideração que terrenos de elevada declividade produzem escoamento com alta velocidade.

Carga de sedimentos: em áreas com alta produção de sedimentos ou resíduos devem ser instaladas estruturas de sedimentação a montante ou na entrada da estrutura. Nesse caso, deve-se também adotar uma frequência maior na limpeza e manutenção das estruturas.

Tipos de solo: por se tratar de uma estrutura de detenção o projeto deverá ser adaptado para se tratar de uma estrutura de detenção o projeto deverá ser adaptado às condições de solo local, podendo, então, ser implantado em solos dos Grupos A, B, C e D caracterizados pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. Como a infiltração não é o objetivo central desta estrutura, o sistema pode se adequar tanto a solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração, quanto a solos contendo baixa a moderada taxa de infiltração.

Características do terreno: levantamento e identificação das instalações subterrâneas e adjacentes, existentes ou projetadas, na fase de projeto deverão apontar as devidas adequações ou proteções dessas estruturas.

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: as bacias são dispositivos de médio e grande porte capazes armazenar temporariamente grandes volumes de chuvas com períodos de retorno elevados (TR > 10 anos). O armazenamento deve ocorrer em tempo relativamente curto, pois a bacia deve ser esvaziada em até 24h, a fim de estar pronta para receber os volumes excedentes do próximo evento de chuva intenso.

Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Detenção-

Para tanto, é necessário o correto dimensionamento das estruturas de saída. As bacias apresentam as funções de amortecer os picos das cheias e eventual redução de volumes do escoamento superficial por processos de infiltração, quando existentes. As bacias são projetadas para armazenar grandes volumes de chuva, desta forma, se bem dimensionadas podem ser implantadas em áreas suscetíveis à inundações e alagamentos com o objetivo de, justamente, acomodar os volumes excedentes. Devendo-se evitar áreas permanentemente alagadas.

Nível do lençol freático: em locais onde o nível do lençol freático é alto a estrutura deverá ser revestida e impermeabilizada, evitando que a água do lençol adentre na estrutura diminuindo sua capacidade de armazenamento.

Drenagem e escoamento das águas: contribuem com o processo de detenção das águas pluviais, os processos de infiltração e evapotranspiração também podem ser atribuídos às bacias, a depender das condições de permeabilidade do solo local e da existência ou não de vegetação em seu interior.



materiais necessários

Terra: A depender das condições do solo e topografia da área de implantação da estrutura, deverá ser previsto o fornecimento de terra para a compactação das paredes da estrutura;

Revestimento: materiais para a construção das estruturas de entrada e saída do dispositivo e de revestimento, caso seja necessário.

Pedras do entorno do dispositivo: pode-se utilizar pedra de mão, paralelepípedos, materiais residuais ou de ornamentação no entorno (quando não houver guias) ou nas entradas do dispositivo para a dissipação da energia da água; quando não se utiliza o material, a força da água irá carrear o substrato, terra e a vegetação, danificando o canteiro ao longo do tempo.

Vegetação: absorve nutrientes que fluem para a bacia e libera vapor de água de volta à atmosfera através do processo de transpiração. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos são ideais. Deve-se atentar às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Detenção-

BACIA DE DETENÇÃO

Projeto implantado em PRAÇA JUCA MULATO - SP

Figura 35 e 36 - Bacia de detenção. Fonte: FCTH.

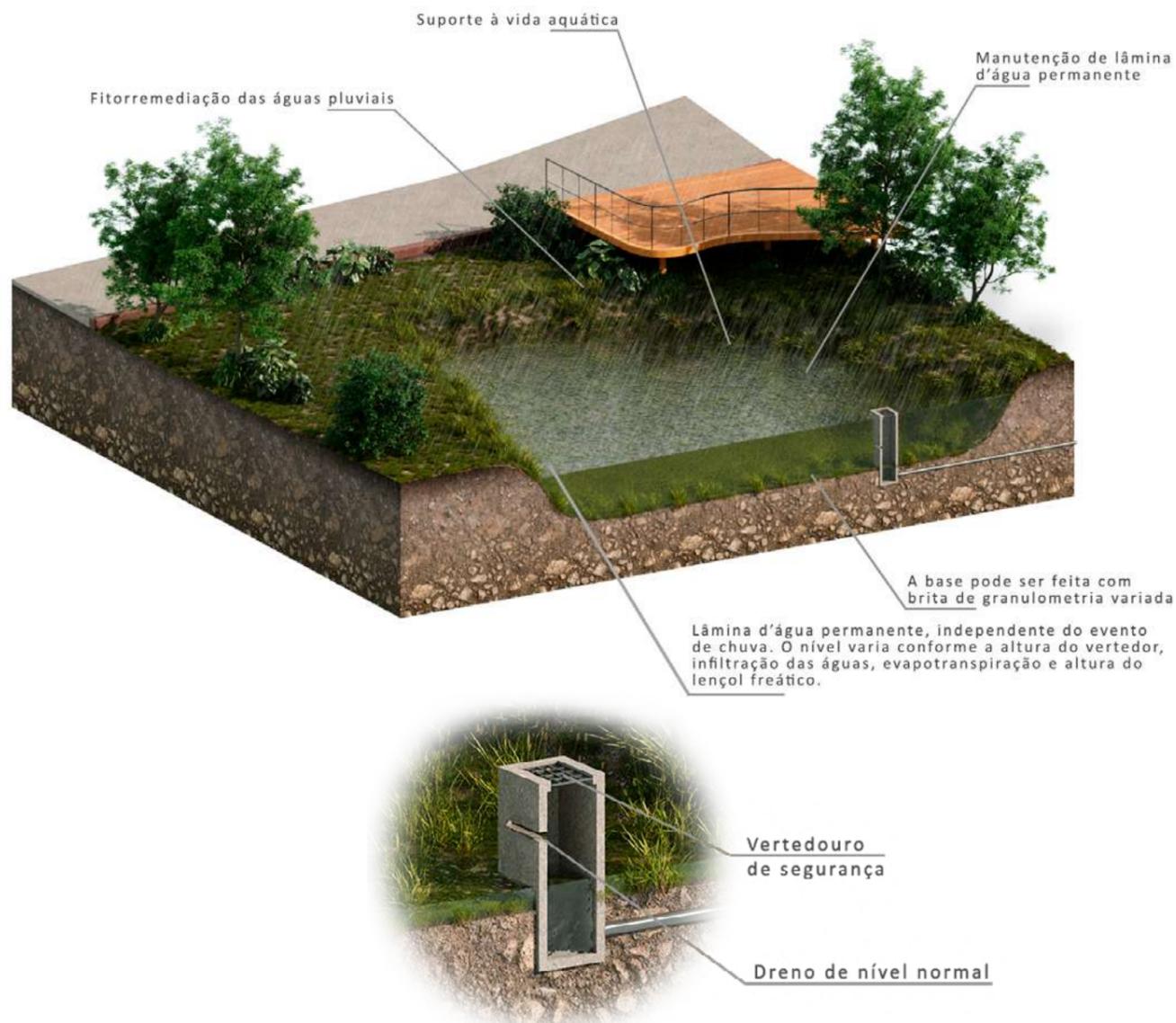


Definição das tipologias de SbN - Bacia de Retenção -



localização estratégica

A jusante da bacia de contribuição, na macrodrenagem.



Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Retenção-



manutenção

Limpeza e desassoreamento para retirada de sedimentos e resíduos;

Manutenção da vegetação do entorno para assegurar um meio equilibrado de vida aquática, bem como de seu entorno;

Limpeza e desobstrução dos dispositivos de entrada e saída da estrutura, bem como do sistema de drenagem que capta e conduz a água para a bacia.



custos da implantação²⁴

Custo de implantação: R\$ 700,00/m²

Custo de implantação de infraestrutura verde e equipamentos públicos: R\$ 300,00/m²

Bacia de retenção é uma estrutura de armazenamento que possui uma lâmina d'água permanente, possibilitando seu uso integrado, junto a parques e outras áreas verdes, e permitindo a utilização do espaço para lazer e contemplação. A água fica armazenada por longos períodos, possibilitando a decantação de partículas sólidas e consequente redução de cargas poluentes por meio de processos biológicos e sedimentação. Uma grande vantagem desse tipo de estrutura é a presença de vida aquática, e para tanto devem ser tomados os devidos cuidados de manutenção para sustentar um meio equilibrado (UACDC, 2010). Uma bacia de retenção é composta por um vertedor para manutenção da vazão de base, e um extravasor para vazões que excedem a capacidade da estrutura. O volume de retenção obtido corresponde à sobre-elevação do nível do lago entre o nível d'água permanente, mantido pelo vertedor de nível normal, e o nível d'água máximo, admitido pelo

Figura 37 - Bacia de Retenção. Perspectiva isométrica com detalhe. Fonte: Guajava, 2023

Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Retenção-

vertedouro de segurança. A altura do nível d'água permanente (da ordem de 1 m de profundidade) deve ser dimensionada de forma a preservar a vida aquática, promover a redução da poluição difusa e permitir o armazenamento adicional para o controle das cheias.

As bacias de retenção podem conter também ilhas filtrantes com o objetivo de ampliar os processos de fitorremediação e incrementar os aspectos paisagísticos do sistema.



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: as bacias de retenção requerem grandes áreas para sua implantação (> 100 m²) o que dificulta a sua implementação em áreas densamente ocupadas, necessitando de áreas livres.

Dimensionamento adequado: devem ser elaborados estudos hidrológicos e hidráulicos para o dimensionamento da estrutura e avaliação do impacto de sua implantação na bacia hidrográfica. Além de levantamentos topográficos e estudos geotécnicos da área.

Vegetação adequada: seleção e disponibilidade de espécies vegetais adequadas para as condições de seca e cheia nas margens da bacia.

Qualificação de técnicos: os projetos devem ser desenvolvidos por equipe técnica formada por engenheiro, arquitetos e outros profissionais. É necessário, portanto, a formação de mão de obra qualificada para projeto, implantação, operação e manutenção destes sistemas.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano. A aceitação da tecnologia deve considerar aspectos sanitários e estéticos para aceitação dos moradores.

Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Retenção-



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): quanto mais permeável o solo maior a capacidade de infiltração da estrutura, em solos argilosos, a capacidade de infiltração é menor quando comparado a capacidade de infiltração dos solos arenosos. As bacias de retenção, se implantadas em solos com altas taxas de permeabilidade e baixos índices pluviométricos, ou ainda, onde o lençol freático é profundo, não será possível manter uma lâmina d'água permanente em período de estiagem. No caso de áreas muito permeáveis é possível realizar a compactação do solo, ou mesmo, a adoção de uma camada mais argilosa no fundo da estrutura.

Declividade: não devem ser implantadas em terrenos com declividade superior a 5%. Em terreno com declividade maior que 5% deverá ser previsto seu nivelamento para a implantação da estrutura. Não há restrições para a declividade da área que irá contribuir para a estrutura, contudo, na fase de projeto, deve-se levar em consideração que terrenos de elevada declividade produzem escoamento com alta velocidade.

Carga de sedimentos: em áreas com alta produção de sedimentos ou resíduos devem ser instaladas estruturas de sedimentação a montante ou na entrada da estrutura. Nesse caso, deve-se também adotar uma frequência maior na limpeza e manutenção das estruturas.

Tipos de solo: em solos com altas taxas de permeabilidade deverá ser previsto compactação ou adoção de uma camada de solo mais argiloso no fundo da estrutura, adaptando o projeto às condições de solo local, permitindo, então, a implantação em solos dos Grupos A, B, C e D caracterizados pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (SCS-USDA).

Características do terreno: levantamento e identificação das instalações subterrâneas e adjacentes, existentes ou projetadas. Os projetos deverão apontar as devidas adequações ou proteções dessas estruturas.

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: as bacias são dispositivos de médio e grande porte capazes armazenar temporariamente grandes volumes de chuvas com períodos de retorno elevados (TR > 10 anos). O armazenamento deve ocorrer em tempo relativamente curto, pois a bacia deve ser esvaziada em até 24h, a fim de estar pronta para receber os volumes excedentes do próximo evento de chuva intenso. Para tanto, é necessário o correto dimensionamento

Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Retenção-

das estruturas de saída. As bacias apresentam as funções de amortecer os picos das cheias e eventual redução de volumes do escoamento superficial por processos de infiltração, quando existentes. As bacias são projetadas para armazenar grandes volumes de chuva, desta forma, se bem dimensionadas podem ser implantadas em áreas suscetíveis à inundações e alagamentos com o objetivo de, justamente, acomodar os volumes excedentes. Devendo-se evitar áreas permanentemente alagadas.

Nível do lençol freático: : se implantada em locais onde o lençol freático é profundo não será possível manter uma lâmina d'água permanente em período de estiagem, quando cessam as contribuições de escoamentos para a estrutura.

Drenagem e escoamento das águas: contribuem com o processo de retenção das águas pluviais, o processo de evapotranspiração também pode ser atribuídos às bacias de retenção a depender da existência ou não de vegetação em suas margens.



materiais necessários

Solo: A depender das condições do solo e topografia da área de implantação da estrutura, deverá ser previsto o fornecimento de terra para a compactação das paredes da estrutura;

Revestimento: Materiais para a construção das estruturas de entrada e saída do dispositivo, e de revestimento caso seja necessário.

Pedras do entorno do dispositivo: pode-se utilizar pedra de mão, paralelepípedos, materiais residuais ou de ornamentação no entorno (quando não houver guias) ou nas entradas do dispositivo para a dissipação da energia da água; quando não se utiliza o material, a força da água irá carrear o substrato, terra e a vegetação, danificando o canteiro ao longo do tempo.

Vegetação: absorvem nutrientes que fluem para a bacia e liberam vapor de água de volta à atmosfera através do processo de transpiração. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos são ideais; a vegetação indicada está listada no Passo 3 deste Catálogo. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

Os materiais a serem utilizados variam conforme o projeto da tipologia.

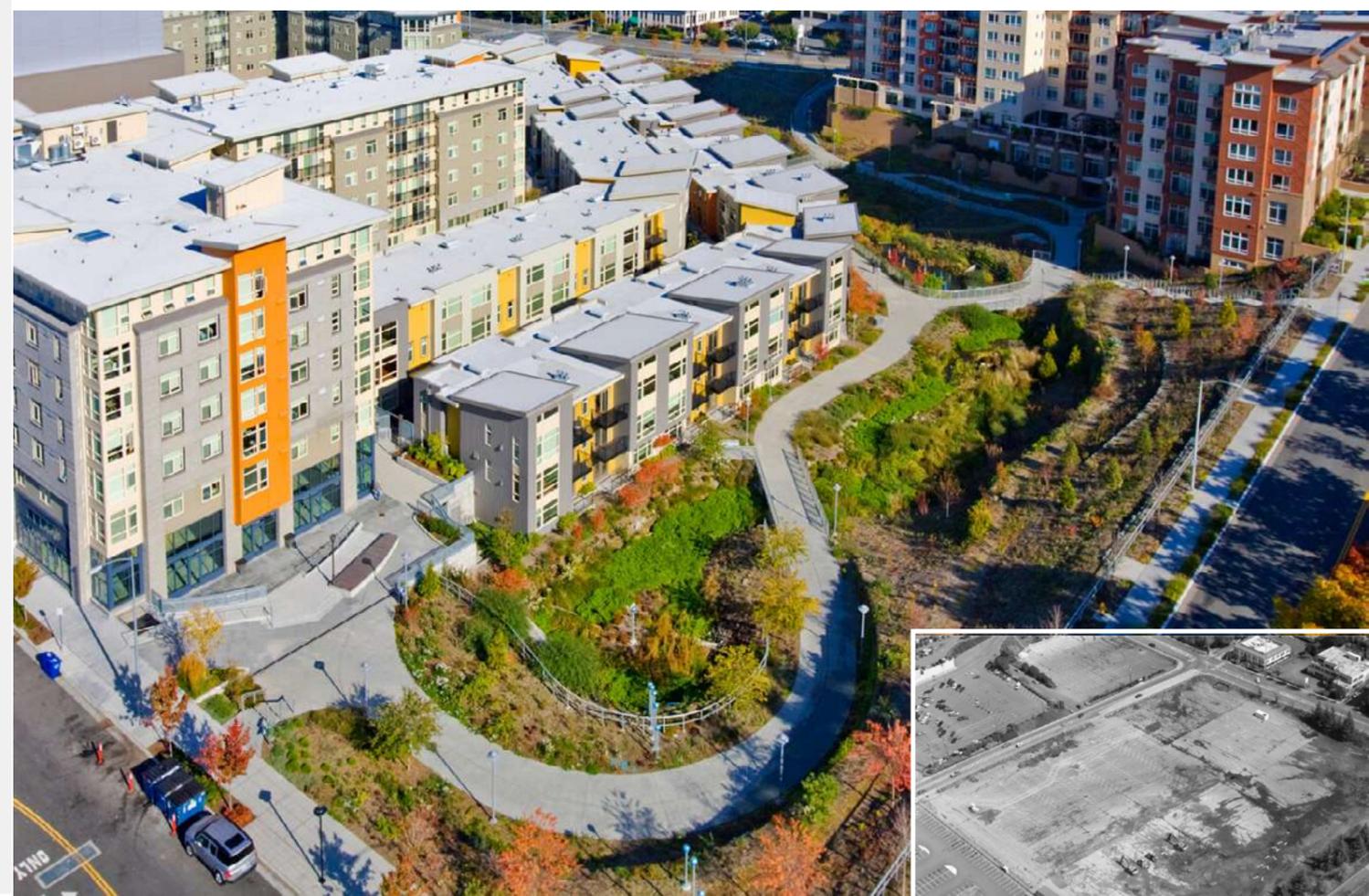
Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Retenção-

BACIA DE RETENÇÃO

Projeto implantado em SEATTLE 2 - EUA

Figura 38 e 39 - Bacia de retenção. Fonte: Governo de Seattle.



Definição das tipologias de SbN - Bacia de Infiltração -



localização estratégica

A jusante da bacia de contribuição, na macrodrenagem.

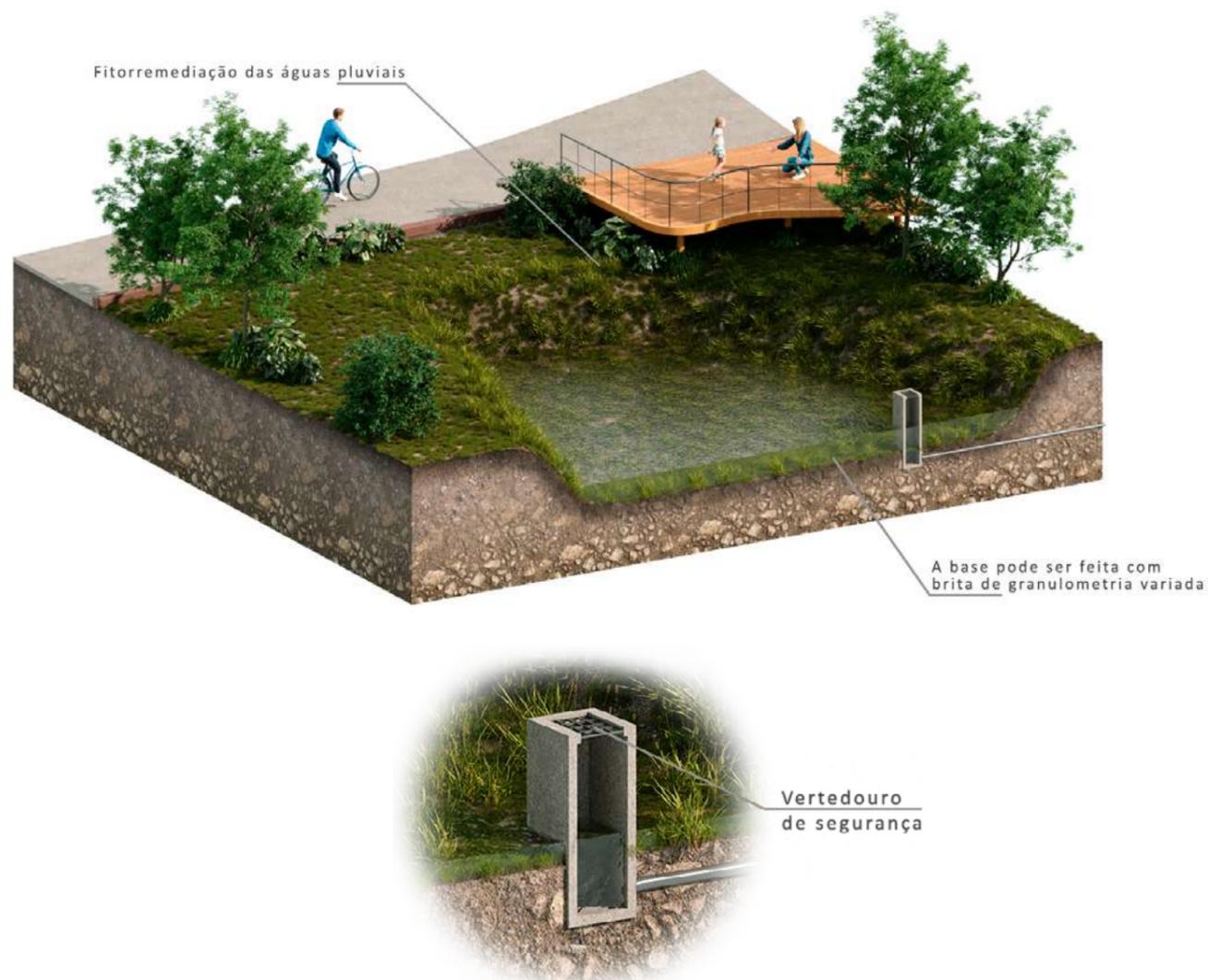


Figura 40 - Bacia de Infiltração. Perspectiva isométrica com detalhe. Fonte: Guajava, 2023

Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Infiltração -



manutenção

Limpeza e desassoreamento para retirada de sedimentos e resíduos;

Manutenção da vegetação do entorno quando necessário;

Limpeza e desobstrução dos dispositivos de entrada e saída da estrutura, bem como do sistema de drenagem que capta e conduz a água para a bacia.



custos da implantação²⁵

Custo de aquisição da área para implantação da estrutura
Custo de implantação: R\$ 700,00/m³
Custo de implantação de infraestrutura verde e equipamentos públicos: R\$ 300,00/m²

Bacias de infiltração são depressões rasas no terreno construídas com o intuito de deter e otimizar o processo de infiltração das águas pluviais, desempenhando funções simultâneas de armazenamento temporário e infiltração. Esse tipo de estrutura não possui lâmina d'água permanente e deve ser implantada em áreas onde o solo apresenta altas taxas de permeabilidade (maiores que 3,6 mm/h). Também não possuem dispositivos hidráulicos de saída, com exceção de um vertedor de segurança que é utilizado quando a capacidade, para a qual a bacia foi dimensionada, é superada (SMDU, 2012).

A melhoria da qualidade da água e a recarga de aquíferos subterrâneos são outros aspectos positivos propiciados pelas bacias de infiltração. A remoção dos poluentes se dá por processos de filtração e de fitorremediação das águas das chuvas. Essas funções são semelhantes aos jardins de chuva e outras medidas fitorremediadoras, contudo as bacias de infiltração podem ser implantadas para receber contribuições de áreas bem maiores.

Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Infiltração-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: as bacias de infiltração requerem grandes áreas para sua implantação (> 100 m²) o que dificulta a sua implementação em áreas densamente ocupadas, requerendo espaços livres para sua implantação.

Dimensionamento adequado: Devem ser elaborados estudos hidrológicos e hidráulicos para o dimensionamento da estrutura e avaliação do impacto de sua implantação na bacia hidrográfica. Além de levantamentos topográficos e estudos geotécnicos da área.

Vegetação adequada: seleção e disponibilidade de espécies vegetais (nativas locais) adequadas para as condições de seca e cheia.

Qualificação de técnicos: : os projetos devem ser desenvolvidos por equipe técnica formada por engenheiro, arquitetos e outros profissionais. É necessário, portanto, a formação de mão de obra qualificada para projeto, implantação, operação e manutenção destes sistemas.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano. A aceitação da tecnologia deve considerar aspectos sanitários e estéticos para aceitação dos moradores.

Definição das tipologias de SbN

- Bacia de Infiltração-



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): quanto mais permeável o solo maior a capacidade de infiltração da estrutura, em solos argilosos, a capacidade de infiltração é menor quando comparado a capacidade de infiltração dos solos arenosos. Bacias de infiltração devem ser implantadas sobre solos onde a permeabilidade mínima é de 3,6 mm/h.

Declividade: : não devem ser implantadas em terrenos com declividade superior a 5%. Em terreno com declividade maior que 5% deverá ser previsto o nivelamento do terreno para a implantação da estrutura. Não há restrições para a declividade da área que irá contribuir para a estrutura, contudo, na fase de projeto, deve-se levar em consideração que terrenos de elevada declividade produzem escoamento com alta velocidade.

Carga de sedimentos: uma vez que a principal causa de falha de bacias de infiltração está relacionada ao acúmulo de sedimentos (colmatação) e conseqüente diminuição, ou até mesmo, interrupção dos processos de infiltração, é extremamente recomendável que em áreas com alta produção de sedimentos ou resíduos devem ser instaladas estruturas de sedimentação a montante ou na entrada da estrutura. Deve-se também adotar uma frequência maior na limpeza e manutenção das estruturas desse sistema.

Tipos de solo: solos com alta ou moderada taxa de infiltração, Grupos A e B, respectivamente inseridos no Grupos Hidrológicos de Solos, conforme Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos.

Características do terreno: levantamento e identificação das instalações subterrâneas e adjacentes, existentes ou projetadas. Os projetos deverão apontar as devidas adequações ou proteções dessas estruturas.

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: as bacias são dispositivos de médio e grande porte capazes de serem utilizadas para abatimento de cheias com períodos de retorno elevados (TR > 10 anos). As bacias de infiltração desempenham funções de armazenamento temporário e infiltração das águas pluviais, o que contribui para o amortecimento dos picos das cheias e redução de volumes do escoamento superficial. As bacias são projetadas para armazenar grandes volumes de chuva, desta forma, se bem dimensionadas podem ser implantadas em áreas suscetíveis à inundações e alagamentos com o

Definição das tipologias de SbN
- Bacia de Infiltração-

objetivo de, justamente, acomodar os volumes excedentes. Devendo-se evitar áreas permanentemente alagadas.

Nível do lençol freático: não é adequado em locais onde o lençol freático é alto.

Drenagem e escoamento das águas: contribuem com o processo de retenção e infiltração das águas pluviais, o processo de evapotranspiração também podem ser atribuídos às bacias de retenção a depender da existência ou não de vegetação em suas margens.



materiais necessários

Terra: A depender das condições do solo e topografia da área de implantação da estrutura, deverá ser previsto o fornecimento de terra para a compactação das paredes da estrutura;

Revestimento: Materiais para a construção das estruturas de entrada e saída do dispositivo, e de revestimento caso seja necessário.

Pedras do entorno do dispositivo: pode-se utilizar pedra de mão, paralelepípedos, materiais residuais ou de ornamentação no entorno (quando não houver guias) ou nas entradas do dispositivo para a dissipação da energia da água; quando não se utiliza o material, a força da água irá carrear o substrato, terra e a vegetação, danificando o canteiro ao longo do tempo.

Vegetação: absorvem nutrientes que fluem para a bacia e liberam vapor de água de volta à atmosfera através do processo de transpiração. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos são ideais; a vegetação indicada está listada no Passo 3 deste Catálogo. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

Os materiais a serem utilizados variam conforme o projeto da tipologia.

Definição das tipologias de SbN
- Bacia de Infiltração-

BACIA DE INFILTRAÇÃO

Em Projeto para CÓRREGO PONTE RASA - SP

Figura 41 e 42 - Bacia de infiltração. Fonte: FCTH e Guajava.



Definição das tipologias de SbN - Wetland Construído -

localização estratégica

Áreas sem acesso ou com acesso restrito à rede de coleta de esgoto. Tratamento dos efluentes provenientes de equipamentos sanitários e/ou quiosques instalados em parques ou praças onde haja área verde disponível. Áreas onde é identificado o descarte irregular de esgoto e haja disponibilidade de área. Após desemboque de galerias ou córregos com alta carga orgânica, os wetlands podem ser integrados na paisagem e tratar essa contribuição antes que este seja despejado no corpo hídrico principal. Novas edificações e loteamentos onde wetlands construídos podem ser planejados para integrar a arquitetura e a engenharia a paisagem.



Figura 43 - Wetland Híbrido. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava, 2023

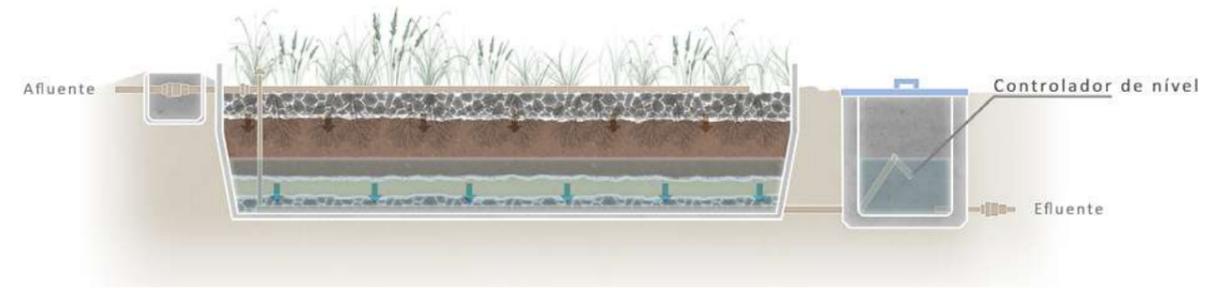


Figura 44 - Wetland Híbrido. Corte vertical. Fonte: Guajava, 2023

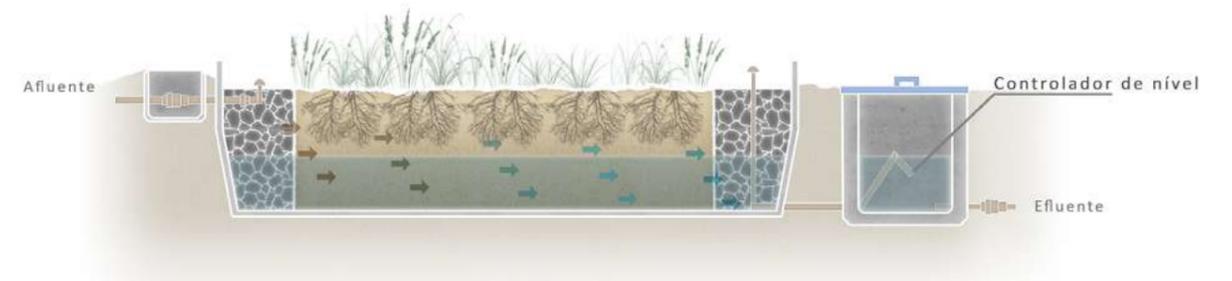


Figura 45 - Wetland Híbrido. Corte horizontal. Fonte: Guajava, 2023

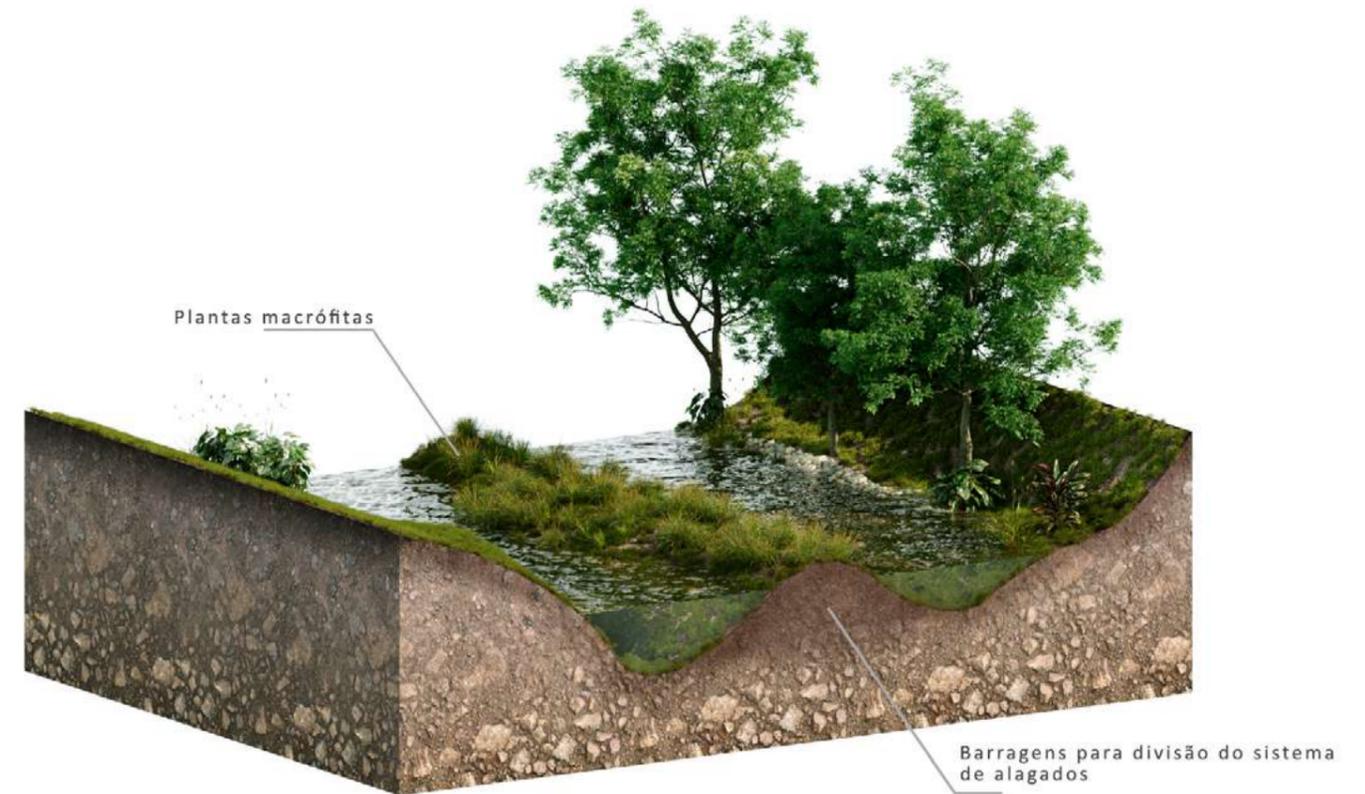


Figura 46 - Zona de raízes. Perspectiva Isométrica. Fonte: Guajava, 2023

Definição das tipologias de SbN - Wetland Construído-



manutenção

Apesar de serem conhecidos por um menor custo de operação e manutenção, para garantir o sucesso do sistema conforme especificado em projeto é necessário o controle operacional, que engloba:

Manejo das macrófitas: poda periódica da parte aérea da vegetação de acordo com o ciclo de vida de cada espécie e o controle de pragas. A poda estimula o crescimento da planta e favorece a remoção de poluentes e matéria orgânica do efluente.

Controle de espécies invasoras que podem ser prejudiciais ao sistema.

Limpeza do gradeamento, onde se acumulam os detritos sólidos.

Manter o bom funcionamento de equipamentos quando existentes (e.g. motobombas, válvulas, registros, etc).

Monitoramento do desempenho de funcionamento do sistema pode ser feito com a coleta e análise de qualidade de água de amostras do efluente de entrada e de saída, seguindo metodologias de análise de qualidade da água especificados na Wastewater analysis - Standard Methods pela American Public Health Association (APHA), de acordo com a aceitação da ABNT pelo decreto 8468/76 - artigo 16.

O período mais intensivo de manutenção é durante o período de estabelecimento da vegetação, onde pode ser necessário o replantio. O manejo correto das plantas, favorece um melhor desempenho do sistema além de proporcionar aspectos positivos em relação ao paisagismo ambiental.



custos da implantação

Variação²⁶ entre R\$1.200,00 a R\$2.000,00 por m²

Definição das tipologias de SbN - Wetland Construído-

Wetland Construído é uma tecnologia natural que pode tratar diferentes tipos de água poluída. Também conhecido como wetland de tratamento, alagado construído ou jardim filtrante, este dispositivo imita as áreas alagadas naturais que funcionam como “rins da terra” (SHARIFI et al, 2013) por terem capacidade de filtrar e purificar a água.

É uma tecnologia que otimiza a capacidade das plantas de fitorremediação da água, as quais associadas ao material de apoio e microrganismos, são capazes de absorverem nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, decompor contaminantes e diminuir a população de agentes patogênicos, por meio de processos físicos, químicos e biológicos. O diferencial dessa tipologia é que ela permite que o esgoto passe a ser considerado uma nova fonte de recursos trazendo benefícios econômicos para a população local, aliado ao embelezamento paisagístico.

Os Wetlands Construídos são categorizados em dois grupos de acordo com a forma de escoamento do efluente.

Wetlands Construídos de Fluxo Superficial (efluente aparente): assemelham-se a alagados naturais por apresentarem lâmina d'água aparente. Estes exigem uma maior área de superfície e comportam menor carga de poluentes, se comparados aos wetlands construídos de fluxo subsuperficial. São mais usados para gestão de águas pluviais urbanas com o objetivo de mitigar a poluição difusa (RUSSEL, 2021). É recomendada sua construção alinhada à rede de infraestrutura de drenagem urbana para interceptar o escoamento poluído e oferecer um tratamento antes que este chegue ao corpo hídrico mais próximo, de forma a melhorar a qualidade das águas superficiais. Sugere-se que o dimensionamento seja de 1 a 5% da área de captação (RUSSEL, 2021). Quanto mais a jusante da área de captação, maior a carga de poluentes coletados, portanto, é importante que sejam posicionados de maneira estratégica para tratar a maior carga de poluentes possível.

Wetlands Construídos de Fluxo Subsuperficial (efluente não aparente): o efluente escoava abaixo do nível do substrato e apresentam maior eficiência na remoção de poluentes por área. São mais utilizados para tratamento de efluentes com maior carga de poluentes. De acordo com a direção do escoamento dentro de cada unidade de tratamento podem ser classificados como de escoamento vertical ou horizontal. Também podem funcionar de forma híbrida, somando os dois sistemas

Definição das tipologias de SbN - Wetland Construído-

para atingir um melhor nível de tratamento. Cada módulo apresenta suas especificidades e benefícios.

Por tratar-se de uma tecnologia flexível, pode compor diferentes arranjos tecnológicos (SEZERINO et al, 2018) para tratar diferentes tipos de efluentes: residenciais, industriais, agrícolas, lixiviados de aterros sanitários, lodos, escoamento de águas pluviais e na recuperação de corpos d'água poluídos. Dadas as múltiplas variáveis deste sistema, se faz aqui um recorte das principais tipologias de wetlands construídos para tratamento de águas residuárias provenientes do esgotamento sanitário, que podem ter aplicação em diferentes escalas, desde a escala do lote unifamiliar ou coletivo, até a escala de bairro e município. Todas elas são alternativas competitivas ao saneamento convencional que apresentam bom custo-benefício de implantação e operação (ZHAO et al, 2020), além dos benefícios inerentes à presença da vegetação²⁷.

No geral, os sistemas são constituídos de um ou mais módulos escavados no solo ou construídos sob este (ou ambos), os quais devem ser impermeabilizados nas laterais e no fundo, dotados de dispositivo de entrada e de saída e preenchidos com materiais filtrantes onde será estabelecida a vegetação.

Nos Wetlands Construídos de Fluxo Horizontal a tubulação de alimentação fica em uma extremidade e a de coleta do esgoto tratado na face oposta, proporcionando um escoamento longitudinal e horizontal favorecido por uma declividade de fundo e plantado com macrófitas emergentes (SEZERINO; PELISSARI, 2021). A alimentação do tanque é feita constantemente, criando um ambiente saturado, portanto anaeróbio, o que favorece a desnitrificação.

Nos Wetlands Construídos de Fluxo Vertical o efluente se move verticalmente pelo sistema onde a tubulação de alimentação fica assentada sob a superfície do meio filtrante. O efluente despejado na superfície percola verticalmente até o fundo do tanque onde a tubulação de coleta está assentada no fundo. A alimentação do tanque é feita de maneira intermitente por bateladas (motobomba ou sifão) o que permite um maior arraste de ar para os interstícios das camadas do meio filtrante. A maior oxigenação do sistema contribui para a oxidação

²⁷ O tratamento é realizado por processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem principalmente pela sinergia entre material filtrante, a vegetação (macrófitas) e os microrganismos que formam o biofilme, fazendo com que a matéria orgânica, os poluentes e patógenos presentes no efluente sejam degradados em sua maioria ao percorrer o sistema. A qualidade do tratamento irá variar de acordo com a destinação do efluente tratado e pautado pela legislação vigente (e.g. Resolução CONAMA Nº 357 de 2005 e CONAMA 430/2011).

Definição das tipologias de SbN - Wetland Construído-

da matéria orgânica e a nitrificação. Nesta tipologia se encaixa o Sistema Francês com capacidade para tratar o esgoto bruto.

Nos Wetlands Híbridos, normalmente se inicia pelo sistema de fluxo vertical (aeróbio) onde ocorre a oxidação da matéria orgânica e a nitrificação, para depois passar para o sistema de fluxo horizontal (aeróbio e anóxico) que favorece a remoção de matéria orgânica e a desnitrificação (SEZERINO et al, 2018). Essa combinação sequencial permite um tratamento avançado do esgoto. Caso haja disponibilidade de área pode-se utilizar um wetland de fluxo superficial onde ainda ocorre a desinfecção pelos raios solares UV e é possível contemplar a eficiência do tratamento a partir da paisagem com uma lagoa plantada e com peixes.



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: os wetlands construídos requerem uma maior área comparada a tecnologias convencionais - como o reator anaeróbio de fluxo ascendente, também chamado de UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ou lodo ativado - o que dificulta a sua implementação em centros urbanos, mas que pode ser contornado utilizando áreas verdes existentes ou na criação de parques de wetlands construídos.

Colmatação: escolha correta dos materiais do meio filtrante é essencial para retardar o processo de colmatação. Recomenda-se a lavagem prévia do material filtrante para a remoção de partículas que possam acelerar este processo.

Vegetação adequada: escolha de espécies vegetais nativas, locais e adequadas para o tipo de água residuária é fundamental para o sucesso do tratamento.

Taludes: em casos de escavação em taludes deve-se atentar para que sejam construídos para suportar o peso do material filtrante e do volume tratado sem colapsar.

Contaminação: no caso de efluentes contaminados com metais pesados se estes podem ser incorporados ao tecido da planta o material da poda deve ser descartado adequadamente de acordo com a legislação vigente.

Qualificação de técnicos: os projetos devem ser desenvolvidos

Definição das tipologias de SbN

- Wetland Construído-

por equipe técnica formada por engenheiro, arquitetos e outros profissionais. Devem ser elaborados estudos hidrológicos e hidráulicos para o dimensionamento da estrutura e avaliação do impacto de sua implantação na bacia hidrográfica. Além de levantamentos topográficos e estudos geotécnicos da área. É necessário, portanto, a formação de mão de obra qualificada para projeto, implantação, operação e manutenção destes sistemas.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano. A aceitação da tecnologia deve considerar aspectos sanitários e estéticos para aceitação dos moradores.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): os wetlands construídos para tratamento esgoto são estruturas estanques que podem ser instaladas em diferentes tipos de solo onde a capacidade de infiltração não interfere no funcionamento do sistema.

Declividade: podem ser implantados em terrenos com diferentes declividades. No caso da associação de vários reatores a declividade do terreno pode ajudar para que o sistema funcione por gravidade sem necessidade de aporte de energia. Quando em terreno plano, pode ser necessário o uso de motobomba para a alimentação dos reatores instalados a jusante do sistema. Quanto em terreno com inclinação até 18%, pode ser feito o terraceamento do talude para conformação dos dispositivos, sendo que quanto maior a declividade, maior a necessidade de reforço nas estruturas das paredes construídas.

Carga de sedimentos: os Wetlands Construídos podem funcionar como um dispositivo para retenção de sedimentos (SEZERINO et al., 2018). Já o aporte de sólidos grosseiros no sistema deve ser evitado para que não ocorra o entupimento das tubulações e danifique, caso haja, motobombas submersas ou outros equipamentos. Isso pode ser feito a partir de um sistema de gradeamento a montante do sistema. Já a carga de poluentes que o sistema comporta pode variar de baixo a alto, sendo um sistema flexível e adaptável às características do efluente.

Tipos de solo: por ser um sistema estanque o tipo de solo não interfere

Definição das tipologias de SbN

- Wetland Construído-

diretamente no funcionamento do sistema, mas pode impor condicionantes no sistema construtivo a ser utilizado.

Características do terreno: a implementação desta tipologia, principalmente quando inseridas em áreas urbanas consolidadas, exige que seja averiguada a presença de quaisquer instalações antes do início das obras ou ainda, se possível, durante a fase de projeto, verificando se as mesmas podem ser realocadas ou readequadas à configuração do projeto. A análise pode ser realizada in loco ou por meio de documentação dos órgãos responsáveis. O mesmo ocorre para a implantação das tipologias em terrenos amplos destinados a parques urbanos e/ou lineares. Neste caso, a cooperação entre secretarias e órgãos para troca de documentação e informações é essencial para um bom planejamento do projeto. Deve-se analisar ainda, quanto à presença de arborização ou edificações existentes no local que possam causar sombreamento e diminuir a eficiência do sistema.

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: o desempenho desses sistemas depende da escolha da configuração adequada para cada tipo de água residuária, da taxa de aplicação, do tempo de detenção hidráulica e das condições climáticas locais (MATOS; MATOS, 2021). É importante a definição e o monitoramento do regime hidráulico que é definido por 3 aspectos: quantidade de esgoto aplicada em relação a área do wetlands em um determinado período de tempo e, como ele é aplicado: se há intermitência (por bateladas) e/ou alternância de módulos (se opera continuamente ou com períodos de repouso). Também por se tratar de um sistema aberto, fatores como a chuva, a evaporação e a evapotranspiração interferem no controle de massa de água no sistema (SEZERINO et al, 2018). Áreas permanentemente alagadas são wetlands naturais e devem ser como possíveis bem conservados e manejados, caso apresentem estado de degradação, deve-se consultar material referente a recuperação deste bioma e tratar o problema na fonte. Se uma das causas for a contaminação por despejo irregular de poluentes, os wetlands construídos podem ser implantados a montante. Em áreas alagáveis, os wetlands podem ser implantados, desde que haja um extravasor conectado à rede coletora. Em áreas destinadas à reservação, os Wetlands Construídos podem ajudar na redução do pico de inundação.

Nível do lençol freático: influi na escolha da estrutura e, conseqüentemente, no seu custo. Estruturas escavadas possuem menor custo (por

Definição das tipologias de SbN

- Wetland Construído-

não ter necessidade do material e da mão de obra de construção do tanque), mas nem sempre são recomendáveis, como no caso de locais onde lençol freático é muito raso.

Drenagem e escoamento das águas: as características de regulação hídrica e tratamento de águas (pluviais e residuais) dos wetlands construídos contribuem para a despoluição e o reabastecimento de corpos hídricos. O efluente tratado pode ser reutilizado (para fins não potáveis) e colaborar para a segurança hídrica do município, armazenando temporariamente as águas pluviais e ajudando a reduzir os fluxos de pico (EISENBERG et al., 2022). Ainda contribui com a evaporação e a evapotranspiração.



materiais necessários

Elementos Construídos: para sistemas construídos sob o solo, pode-se considerar alvenaria estrutural, com blocos de concreto preenchidos com concreto e armadura, ou estruturas pré- moldadas em fibra de vidro.

Impermeabilização: para sistemas de alvenaria, pode-se utilizar aditivo impermeabilizante no reboco da parte interna, não se recomenda a utilização de manta asfáltica (SEZERINO et al., 2018). Para sistemas escavados, pode ser feita a utilização de geomembrana PEAD (Polietileno de Alta Densidade) de 0,8mm, com a utilização de geotêxtil (e.g. manta bidim) para sua proteção mecânica instalada abaixo e acima desta, formando um sanduíche.

Material Filtrante: nos wetlands construídos, o material filtrante desempenha um papel fundamental, onde além de filtrar de maneira física, também contribui nos processos bioquímicos, já que proporciona o meio de desenvolvimento tanto do sistema radicular das macrófitas como do biofilme microbiano, além de realizar o processo de adsorção de poluentes, que consiste na retenção por atração química de alguns compostos sobre a superfície dos grãos do material filtrante (SEZERINO et al. 2018). O material filtrante deve apresentar uma boa condutividade hidráulica (boa permeabilidade) para manter as condições adequadas de fluxo e promover a adsorção de compostos inorgânicos, minimizando o risco de colmatação. Os materiais mais utilizados são o cascalho, a brita, a areia e o solo, no entanto estão sendo estudados uma série de

Definição das tipologias de SbN

- Wetland Construído-

materiais alternativos para a redução de custos e para a reutilização resíduos sólidos descartados de outras atividades podendo ser resíduos da construção civil, conchas, garrafas PET, lascas de pneu (SEZERINO; PELISSARI, 2021).

Vegetação: as plantas são um fator fundamental para o funcionamento de wetlands construídos, pelo qual se inclui um tópico adicional específico para esta tipologia (vide mais informações no Passo 3 deste Catálogo).

Definição das tipologias de SbN
- Wetland Construído-

WETLAND CONSTRUÍDO

Projeto Guajava e Vertical Garden

Figura 47 - Wetland Construído. Foto: Sarah Daher.



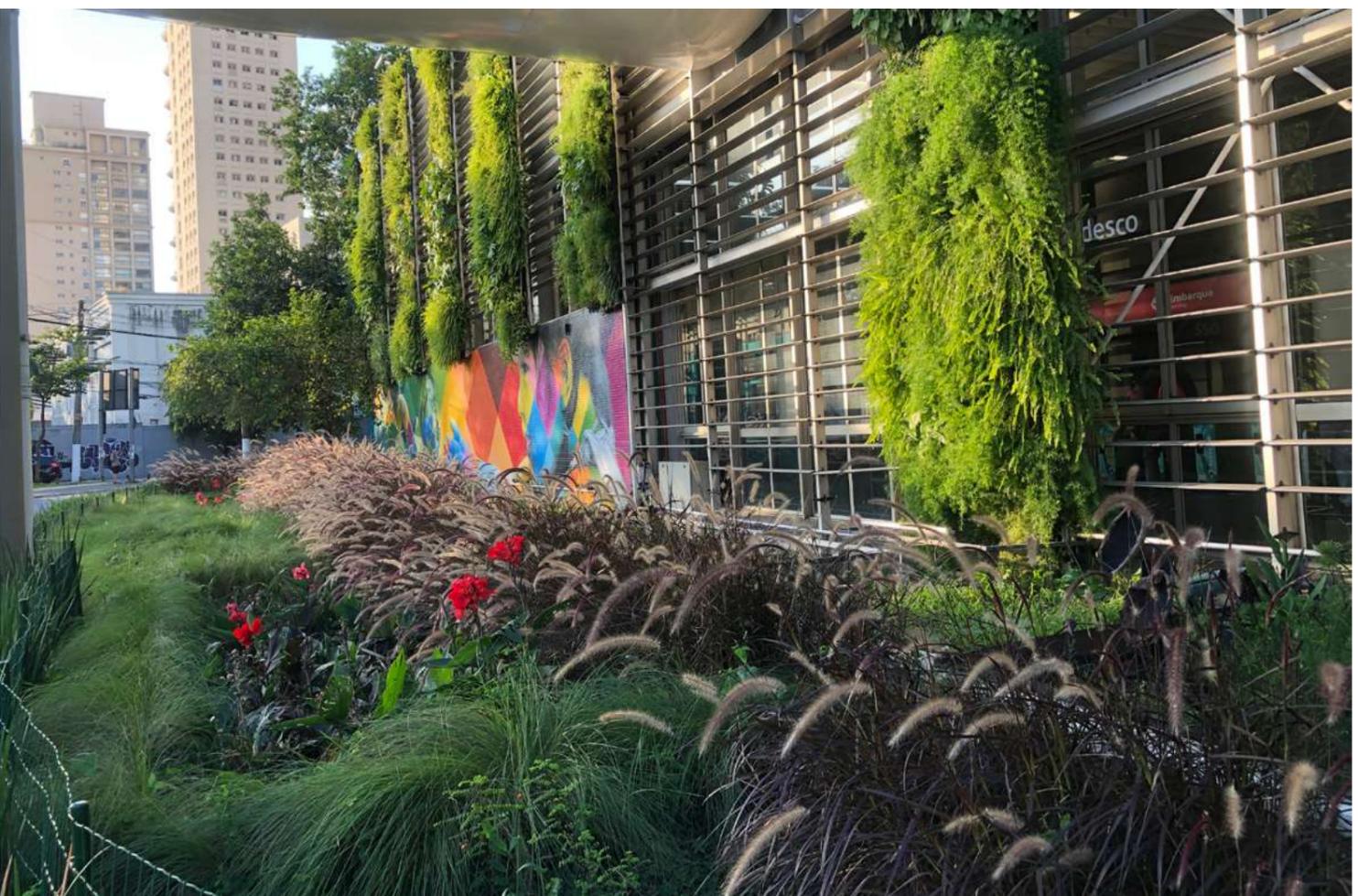
Definição das tipologias de SbN
- Wetland Construído-

ESTAÇÃO CIDADE JARDIM CPTM - SP

VERTICAL GARDEN

Projeto implantado

Figura 48 - Wetland Construído. Foto: Sarah Daher.



Definição das tipologias de SbN - Ilhas Filtrantes Flutuantes -



localização estratégica

Foram desenvolvidas principalmente para reduzir a poluição causada por excesso de nutrientes e poluentes, portanto são recomendadas para: lagos e lagoas eutrofizados, rios e córregos contaminados por águas residuais, bacias de retenção para tratamento de águas pluviais e em mananciais para melhoria da qualidade da água.

São recomendadas para águas de fluxo lento, embora possam tolerar flutuações no fluxo e na profundidade da água.

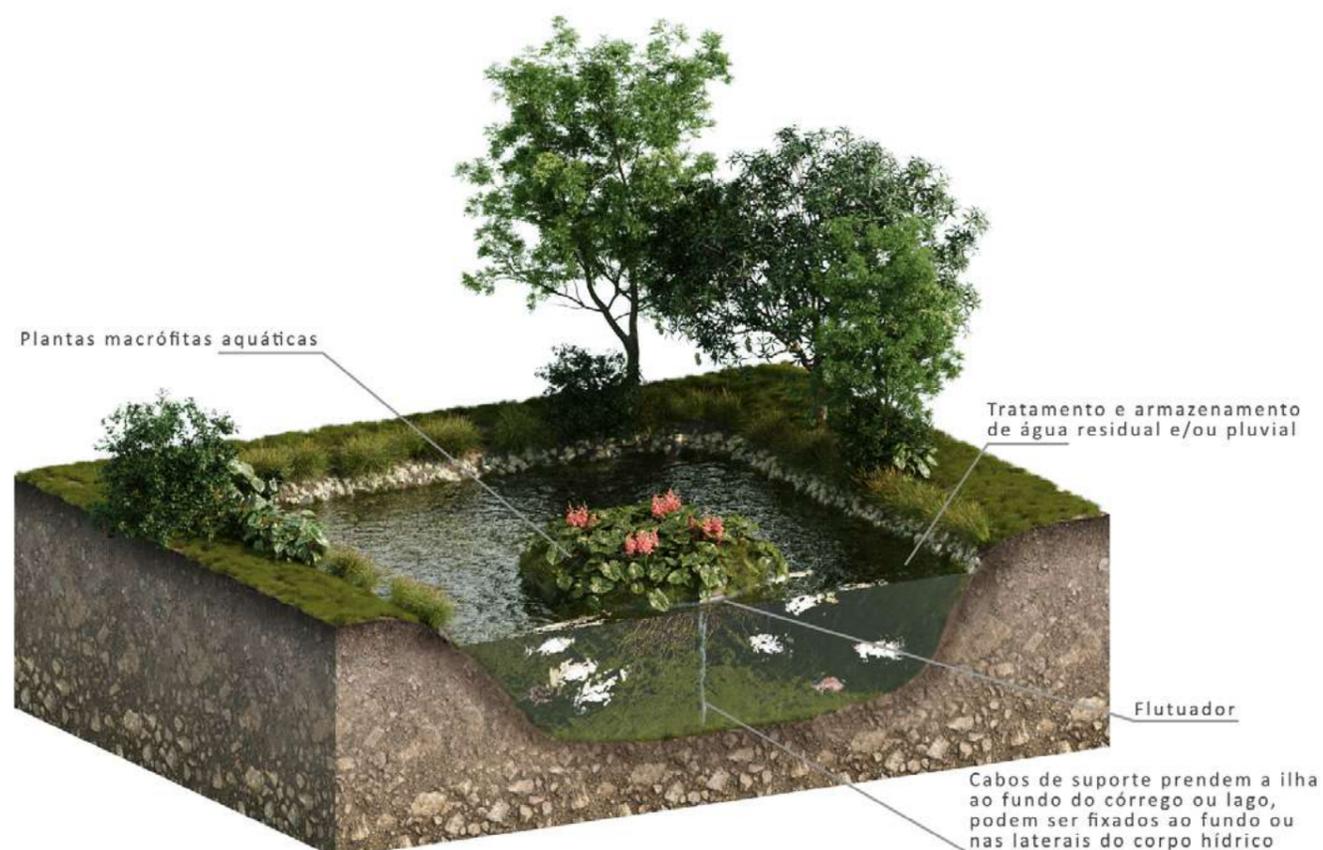


Figura 49 - Ilhas filtrantes. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava, 2023

Definição das tipologias de SbN

- Ilhas Filtrantes Flutuantes -



manutenção

Manejo das macrófitas: poda periódica da parte aérea da vegetação de acordo com o ciclo de vida de cada espécie e o controle de pragas. A poda estimula o crescimento da planta e favorece a remoção de poluentes e matéria orgânica do corpo hídrico e evita que o nitrogênio e o fósforo armazenados entrem na água quando as plantas morrem e se decompõem.

Controle de espécies invasoras que podem ser prejudiciais ao sistema.

A manutenção pode ser feita deslocando-se até a Ilha Filtrante Flutuante, ou puxando-a para a costa caso esteja ancorada na lateral e seu tamanho permita movimentação.

Monitoramento da saúde das plantas inclusive do sistema radicular.

Monitoramento do desempenho de funcionamento do sistema pode ser feito com a coleta e análise de qualidade de água de amostras do efluente de entrada e de saída, seguindo metodologias de análise de qualidade da água especificados pela American Public Health Association, de acordo com a aceitação da ABNT pelo decreto 8468/76 - artigo 16.



custos da implantação

Variação²⁸ entre R\$ 200,00 a R\$ 700,00 por m²
Podem ser construídas ou adquiridas por empresas especializadas que oferecem o produto e diferentes tamanhos, formatos, sistemas modulares e até mesmo tamanhos personalizados.

As Ilhas Filtrantes Flutuantes ou Wetlands Flutuantes consistem em uma infraestrutura flutuante, sobre a qual a vegetação emergente é estabelecida e onde as partes superiores da vegetação se desenvolvem

Definição das tipologias de SbN - Ilhas Filtrantes Flutuantes -

principalmente acima da lâmina d'água, enquanto as raízes se estendem para baixo na coluna d'água. As plantas crescem em um sistema hidropônico, desenvolvendo um extenso sistema radicular capaz de absorver nutrientes diretamente da coluna d'água (PAVLINERI et al, 2017).

Se diferem dos demais Wetlands construídos por serem implementadas diretamente ao corpo hídrico de águas superficiais, com fácil instalação e abstendo-se da necessidade de aquisição de terreno (SHAHID et al, 2019). São considerados uma alternativa eficiente e de baixo custo, utilizadas comumente em lagos, lagoas, rios, córregos, mananciais e até mesmo em ambientes marinhos (TAKAVAKOGLU et al., 2021).

As ilhas filtrantes flutuantes fornecem um habitat artificial para plantas emergentes. Podem ser construídas de diferentes materiais flutuantes ou adquiridas por empresas que vendem o sistema já pronto em módulos. As raízes ficam submersas na água onde o desenvolvimento de um sistema radicular denso é fundamental para o desempenho do sistema (PAVLINERI et al, 2017). As raízes e o meio de suporte poroso oferecem hábitat para microorganismos que formam o biofilme, onde ocorre a maior parte da absorção e degradação de nutrientes. As ilhas podem ficar livres ou ser ancoradas ao fundo ou na borda do corpo d'água.



desafios possíveis no planejamento e execução:

Nível de água: para que funcionem, as Ilhas Filtrantes Flutuantes requerem água permanente para manter a vegetação. Deve-se considerar uma profundidade de 0.8 a 1.5m de profundidade para que as raízes não se fixem ao fundo do corpo hídrico.

Vegetação: devem ser consideradas espécies nativas locais com base nas características do corpo hídrico local. O crescimento das raízes é de 0.4 a 0.8m de profundidade sendo que algumas espécies podem chegar até 1.5m de profundidade.

Ancoragem: a ancoragem nem sempre é necessária, mas há o risco de o vento embocar a ilha ou esta ser dirigida para a costa e perder suas características de ilha. É necessário definir qual tipo de ancoragem com base nas características do corpo hídrico a ser tratado, deve permitir

Definição das tipologias de SbN - Ilhas Filtrantes Flutuantes -

variações no nível da água levando em consideração a velocidade do fluxo projetada e a manutenção.

Qualificação de técnicos: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para análise correta de todas as informações e posterior acompanhamento na execução.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): não se aplica, uma vez que é colocada em corpos hídricos.

Declividade: segue a declividade do corpo hídrico.

Carga de sedimentos: Podem ser utilizadas para tratar diferentes tipos de água poluída, e apresentam uma boa eficiência na remoção de nutrientes, sólidos suspensos, algas e metais. Podem tratar desde águas pluviais, esgotos e águas residuais agrícolas, industriais e aquicultura.

Tipos de Solo: não se aplica.

Características do Terreno: preferencialmente instaladas em corpos hídricos com baixa vazão e velocidade da água. Ilhas flutuantes são capazes de resistir a inundações e eventos de chuva extremos. Os módulos podem estar ancorados no fundo ou na lateral sendo capazes de subir e descer de acordo com o nível da água. Caso não esteja ancorada e haja mudança no nível da água esta pode se mover para a costa e enraizar perdendo assim suas propriedades de ilha flutuante.

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: são recomendadas para águas de fluxo lento, com uma profundidade mínima de 0.8m para que as raízes não se fixem ao fundo do corpo hídrico (HEADLY e TANNER, 2008).

Serviço Ecosistêmico: melhoram a transparência e evitam o crescimento de algas verdes, o biofilme que se forma nas raízes e no substrato ajudam na remoção da poluição, lodos e excesso de nutrientes.

Definição das tipologias de SbN
- Ilhas Filtrantes Flutuantes -

Fornecem habitat seguro para peixes, pássaros e outros animais como tartarugas e insetos polinizadores.



materiais necessários

Materiais Flutuantes: podem ser utilizados canos de PVC, materiais recicláveis como garrafas PET, materiais naturais como o bambu, chapas ou espumas plásticas.

Substrato de Plantio: pode-se usar fibra de coco, algumas empresas que comercializam Ilhas Filtrantes Flutuantes oferecem um mix de plantio próprio.

Sistema de Ancoragem: pode ser feito com blocos, âncoras helicoidais ou postes.

Vegetação Adequada: escolha de espécies vegetais nativas, locais e adequadas para o tipo de água residuária é fundamental para o sucesso do tratamento.

Definição das tipologias de SbN
- Ilhas Filtrantes Flutuantes -

ILHAS FILTRANTES FLUTUANTES

Projeto implantado em

RIO MANZANARES - MADRID, ESPANHA

Figura 50 - Ilhas Filtrantes. Foto: Adriana Sandre.



Definição das tipologias de SbN - Reservatório Anfíbio -



localização estratégica

O reservatório anfíbio é desenvolvido para substituir a necessidade de reservatórios convencionais e deve ser implantado de acordo com os critérios de engenharia hidráulica, conforme a necessidade de controle das cheias.

A implantação de um reservatório de retenção de águas pluviais deve ser analisada por engenheiros hidráulicos, devidamente especializados em áreas de contenção de chuvas, pois necessita de cálculos de vazão, resistência, impactos ambientais, urbanísticos e estruturais.



Figura 51 e 52 - Reservatório anfíbio vazio e cheio, vista externa. Perspectiva isométrica. Fonte: FCTH, 2021.

Definição das tipologias de SbN

- Reservatório Anfíbio -



manutenção

Manter o plantio da vegetação nativa permanente, evitando a degradação causada pelo desmatamento ou pela presença de espécies invasoras.

Conferir a drenagem dos sistemas de microdrenagem, acoplados a macrodrenagem do reservatório, após períodos de grandes chuvas, garantindo o funcionamento dos extravasores e das tipologias de SbN conectadas ao sistema.

Garantir a limpeza do reservatório anfíbio após seu funcionamento em períodos de cheias e a desinfecção, quando do aporte de águas poluídas.

Criar um cronograma de manutenção do acesso de limpeza e do sistema de bombas do reservatório.



custos da implantação

Custo de aquisição da área para implantação da estrutura
Custo de implantação: R\$ 700,00/m³ ²⁹
Custo de implantação de infraestrutura verde e equipamentos públicos: R\$ 300,00/m²

O Reservatório Anfíbio é um sistema de reservatório de águas pluviais, desenvolvido pela Guajava Arquitetura da Paisagem e Urbanismo, em conjunto com a Fundação do Centro Tecnológico de Hidráulica e a Prefeitura de São Paulo, como solução em substituição aos reservatórios tradicionais.

Ele se difere dos conhecidos “piscinões” ao apresentar uma proposta contemporânea que integra a função de lazer integrada a ações de recuperação da paisagem: como contemplar a abertura de um trecho

Definição das tipologias de SbN

- Reservatório Anfíbio -

de um córrego urbano canalizado e a restauração de sua várzea; e em diferentes momentos, fitorremediar as águas pluviais e fluviais por meio de ilhas filtrantes, além de cumprir com a função de reservação. O nome anfíbio advém da funcionalidade tanto em períodos de cheia quanto de seca, tal qual algumas de nossas rãs e sapos. É uma estrutura complexa, que abarca também diferentes tipologias de SbN que contribuem com a melhoria ambiental, atuando no tratamento das águas pluviais, infiltração e reabastecimento do lençol freático, bem como na recomposição vegetal.

Neste sistema, a vazão das águas pluviais e fluviais (caso o córrego seja aberto dentro do reservatório in line) encaminha-se por diferentes trechos de tratamento. Inicialmente, são retidos possíveis resíduos sólidos em um sistema de grelhas que facilitam a manutenção e limpeza junto a uma bacia de sedimentação na entrada do reservatório. No trecho seguinte, o aumento da rugosidade das margens do córrego, com o plantio de espécies tolerantes a alagamentos, permite a diminuição da velocidade do escoamento e possibilita o processo de fitorremediação e deposição de sedimentos finos nas pequenas ilhas formadas pela ramificação das águas. Em chuvas de grandes vazões, o reservatório é preenchido, em toda a sua capacidade, funcionando como um reservatório comum, com uso de mecanismos de controle adequados. Ao final, as águas são direcionadas, novamente, à galeria e faz-se a posterior limpeza do reservatório, como nos casos tradicionais.



desafios possíveis no planejamento e execução:

Área: os reservatórios anfíbios requerem grandes áreas para sua implantação (> 100 m²) o que dificulta a sua implementação em áreas densamente ocupadas, requerendo espaços livres para sua implantação. Criar áreas de lazer conectadas ao sistema de modo a trazer benefícios paisagísticos e sociais ao meio urbano.

Dimensionamento Adequado: os projetos devem ser desenvolvidos por equipe técnica formada por engenheiro, arquitetos e outros profissionais. Devem ser elaborados estudos hidrológicos e hidráulicos para o dimensionamento da estrutura e avaliação do impacto de sua implantação na bacia hidrográfica. Além de levantamentos topográficos e estudos geotécnicos da área.

Vegetação Adequada: seleção e disponibilidade de espécies vegetais

Definição das tipologias de SbN

- Reservatório Anfíbio -

(autóctones) adequadas para as condições de seca e cheia.

Qualificação de técnicos: os projetos devem ser desenvolvidos por equipe técnica formada por engenheiro, arquitetos e outros profissionais. Devem ser elaborados estudos hidrológicos e hidráulicos para o dimensionamento da estrutura e avaliação do impacto de sua implantação na bacia hidrográfica. Além de levantamentos topográficos e estudos geotécnicos da área. É necessário, portanto, a formação de mão de obra qualificada para projeto, implantação, operação e manutenção destes sistemas.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano. A aceitação da tecnologia deve considerar aspectos sanitários e estéticos para aceitação dos moradores.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): quanto mais permeável o solo maior a capacidade de infiltração da estrutura, por se tratar de uma estrutura de detenção de cheias esse parâmetro é pouco expressivo.

Declividade: não devem ser implantadas em terrenos com declividade superior a 5%, ou deverá ser previsto o nivelamento do terreno para a implantação da estrutura.

Carga de sedimentos: em áreas com alta produção de sedimentos ou resíduos devem ser instaladas estruturas de sedimentação a montante ou na entrada da estrutura. A implantação de reservatório anfíbio em córregos com altas cargas de poluentes deve ser considerada com cautela, devendo ser previstos sistemas de controle da poluição a montante do reservatório.

Tipos de Solo: por se tratar de uma estrutura de detenção esse parâmetro é pouco expressivo.

Características do Terreno: levantamento e identificação das instalações subterrâneas e adjacentes, existentes ou projetadas, na fase de projeto deverão apontar as devidas adequações ou proteções dessas estruturas.

Definição das tipologias de SbN

- Reservatório Anfíbio -

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: como área de destinação das águas pluviais, a criação de um reservatório anfíbio deve ter capacidade semelhante à calculada para um reservatório convencional, que pode ser melhorado por uma rede de microdrenagem composta por tipologias de SbN como biovaletas, jardins de chuva e outras que possam contribuir para a redução da vazão, velocidade de escoamento e aumento da infiltração e qualidade das águas antes que cheguem ao reservatório.

Nível do lençol freático: em locais onde o nível do lençol freático é alto a estrutura deverá ser revestida e impermeabilizada, evitando que as águas do lençol adentrem na estrutura.

Drenagem e escoamento das águas: contribuem com o processo de detenção das águas pluviais, os processos de infiltração e evapotranspiração também podem ser atribuídos às bacias a depender das condições de permeabilidade do solo local e da existência ou não de vegetação em seu interior.

CRITÉRIOS ESPECÍFICOS DESTA TIPOLOGIA:

Sistema de bombeamento das águas pluviais do reservatório para a rede de drenagem existente após seu funcionamento ou em caso de extravasamento do sistema.

Criação de áreas de circulação, redes de acesso e equipamentos públicos dentro e no entorno do reservatório para que o mesmo possa contribuir com a função de contemplação e lazer da população usuária, bem como um tratamento paisagístico que contribua com a melhoria ambiental da região.



materiais necessários

Para o reservatório anfíbio, além dos materiais, são necessários três tipos de sistemas

Sistema construtivo para quando as paredes do reservatório forem de concreto e materiais para criação de um reservatório naturalizado, como solo drenante e vegetação adequada para áreas alagadiças.

Sistema de bombas hidráulicas e área de instalação e funcionamento

Definição das tipologias de SbN

- Reservatório Anfíbio -

(casa de bombas), no caso de dispositivos offline.

Sistema de acesso para limpeza do reservatório (via para acesso de veículo de limpeza).

Materiais necessários para o sistema de microdrenagem: verificar as especificações detalhadas neste Catálogo para cada tipologia, como:

Brita ou Pedra de mão: a camada de brita, preferencialmente nº 5, ou a utilização de pedra de mão ou ainda resíduos de concreto removidos in loco (sem a presença de componentes contaminantes para o lençol freático) é denominada como a camada de armazenamento e de transferência, onde a água é temporariamente acumulada antes de ser destinada ao abastecimento do lençol freático ou direcionada ao sistema de drenagem convencional.

Areia: a camada de areia visa o aumento da infiltração e redistribuição da água no solo. Através da utilização da areia, aumenta-se a porosidade e aeração, auxiliando que a água penetre por esta camada.

Vegetação Adequada: vegetação e substrato adequados para cada tipo de região, que possuam raízes fortes para contribuir na estabilização de paredes ou taludes (caso o reservatório não seja com paredes de concreto armado), e resistentes a períodos de alta umidade.

Definição das tipologias de SbN - Polder Vegetado -



localização estratégica

Em áreas urbanizadas baixas, próximo ao curso de rio, córrego ou mar.

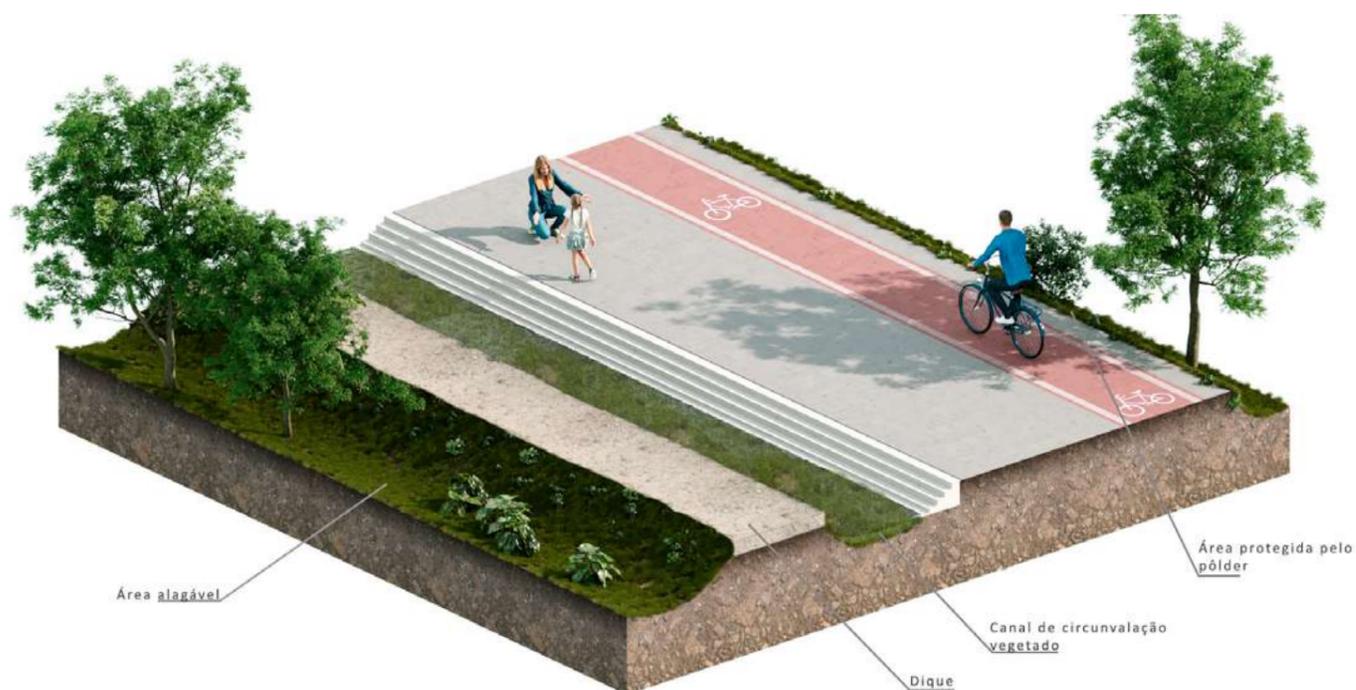


Figura 53 - Polder vegetado. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava, 2018.

Definição das tipologias de SbN

- Polder Vegetado -



manutenção

Prever quantidade de mudas adicional de 2 a 5% do valor total para mitigar perdas iniciais, por mudas que possam morrer logo após o plantio no período de adaptação (ação pontual na implementação);

Conferir a drenagem do solo após períodos de grandes chuvas, garantindo o funcionamento dos extravasores e da biovaleta conectada ao sistema (ação recorrente);

Remover manualmente resíduos que impeçam o fluxo de água³⁰ (ação recorrente);

Criar um cronograma de manutenção do acesso de limpeza e do sistema de bombas do reservatório;

Conferir se há danos nas estruturas do dique e fazer reforços estruturais quando necessários.



custos da implantação

Construção do dique: R\$14.000,00/m²

Construção da biovaleta: Variação³¹ entre R\$200,00 a R\$500,00 por m²

Construção do reservatório bombeamento: R\$ 3.200,00/m³

A solução convencional de construção de um sistema de polder é composta por: um dique; um reservatório de detenção; uma rede de galerias e canaletas para a coleta e condução das águas pluviais para o reservatório; e um sistema constituído por bombas, que retornam a água acumulada no reservatório para o rio. Neste cenário, a bacia de contribuição da região interna ao polder tem sua drenagem conduzida ao reservatório, cujas dimensões, pequenas se comparadas a um

³⁰ Por órgão responsável pela manutenção e limpeza ou por pessoa civil. Indica-se incentivo à adoção de áreas verdes.

³¹ De acordo com a área, projeto e configuração do dispositivo, materiais, mão de obra, vegetação.

Definição das tipologias de SbN

- Polder Vegetado -

reservatório de detenção convencional, justificam-se em decorrência da função desta estrutura, servindo apenas como uma caixa de passagem para o volume de cheia a ser bombeado.

Este mesmo sistema pode ser mais eficiente e ecológico se for construído em conexão com as SbN, de modo a se tornar uma infraestrutura híbrida, sendo, portanto, importante fazer as seguintes alterações, pensadas pela equipe de técnicos da Guajava Arquitetura da Paisagem e Urbanismo:

O dique deve ser construído com materiais naturais, permitindo o plantio de vegetação nativa e com potencial de fitorremediação, desde que possua um núcleo impermeável de argila compactada, o que impede a percolação de água do corpo hídrico para dentro da área baixa, para a qual o dique foi projetado para isolar. Pode-se também imaginar uma ciclovia no topo do dique e passarelas de conexão com o entorno e circulação, áreas de mirantes e espaços de lazer contíguos. O reservatório também deve ser impermeável, de modo que o corpo hídrico principal não encha essa estrutura através da percolação da água pelo solo.

A rede de microdrenagem para a constituição de uma SbN deve preferencialmente ser composta por biovaletas, jardins de chuva, canteiros pluviais, bacias de retenção vegetadas e outras tipologias cabíveis, de acordo com as sugestões apontadas anteriormente, e a canaleta paralela ao dique deve ser substituída por uma grande biovaleta que conduzirá as águas pluviais ao reservatório anfíbio. O reservatório tradicional pode ser substituído por um reservatório anfíbio, conforme detalhado neste Catálogo.



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: dificuldade em obter informações prévias das instalações subterrâneas, interferindo, muitas vezes, na revisão do projeto após o início das obras.

Colmatação: contratação de manutenção para os dispositivos entre 5 a 10 anos após a implementação para recuperação da sua capacidade infiltrativa.

Vegetação Adequada: disponibilidade de espécies vegetais (autóctones)

Definição das tipologias de SbN

- Polder Vegetado -

adequadas para solos úmidos.

Qualificação de técnicos: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para análise correta de todas as informações e posterior acompanhamento na execução. A implantação deve ser analisada por engenheiros hidráulicos especializados em áreas de contenção de chuvas, pois se trata de sistema de grande impacto na paisagem ao longo de rios e para as populações que convivem com as suas cheias.

Políticas Públicas: ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): a biovaleta é a única parte do sistema de polder que é permeável. Para que o sistema de drenagem alcance bons resultados na absorção de água, é necessário realizar ensaios de caracterização do solo, como o de análise granulométrica, que determina a porcentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. Assim se identifica a parcela de argila, silte, areia e pedregulho presentes em uma determinada amostra. A fração grossa do solo (pedregulho e areia) é muito mais permeável do que a fração fina (argila e silte), e por isso é preferível na composição de medidas infiltrantes. Por outro lado, os diques devem ser impermeáveis, sendo constituídos de argila ou silte compactados.

Declividade: o dique e o reservatório não têm limitações quanto a declividade; já para a biovaleta projetada, quando implantada em terreno com inclinação de até 5%, a eficácia do dispositivo quanto à infiltração e condução das águas estará com melhor aproveitamento, porém quando inseridos em terrenos com inclinação superior a 5%, é necessário o uso de barramentos para reduzir a velocidade de condução da água e manter sua eficácia elevada sem carrear vegetação e solo. Já para o grau de inclinação das laterais da biovaleta (taludes), o mesmo deve ser definido de acordo com a taxa de erosão do solo ou ainda requisitos e preocupações contextuais específicas do local como por exemplo a existência ou não meio fio e demais especificidades

Definição das tipologias de SbN

- Polder Vegetado -

projetuais. Os taludes podem ser diferentes de um lado em relação ao outro. O dique deve ter suas cotas inicial e final amarradas no terreno, e ao longo de todo o trecho a ser protegido. Ele deve seguir a declividade natural do terreno longitudinalmente, garantindo a proteção de áreas baixas com as cotas de inundação abaixo da crista do dique em toda a sua extensão.

Carga de sedimentos: o aporte de sólidos no sistema é alto e demanda limpeza a cada evento de chuva.

Tipos de Solo: o sistema se adequa com maior eficácia em solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração e em solos contendo moderada taxa de infiltração e bem drenados, Grupos A e B, respectivamente inseridos nos Grupos Hidrológicos de Solos, cf. Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (SCS-USDA).

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: para se definir o tempo de retorno do dispositivo, é necessário realizar os cálculos de acordo com normas municipais considerando o índice de galeria de águas pluviais públicas a qual o dispositivo estará correlacionado.

Nível do lençol freático: em locais onde o nível do lençol freático é alto, a eficácia do sistema será comprometida devido à baixa absorção, sendo assim, sugere-se que o dique seja estanque, evitando que a água do lençol adentre na estrutura.

Drenagem: as diversas tipologias de SbN detalhadas neste Catálogo podem ser aplicadas ao sistema de polder vegetado, devendo-se seguir as recomendações de conexão com os sistemas de drenagem existentes e as necessidades de atendimento às vazões calculadas.

CRITÉRIOS ESPECÍFICOS DESTA TIPOLOGIA:

Construção do dique de barramento: a base do dique deve seguir os modos construtivos tradicionais de um sistema de engenharia, sendo previstas fundações, estruturas e materiais de resistência necessários. Já no que tange ao acabamento superficial, sugere-se aplicação de uma cobertura de terra natural com substratos necessários para plantio de espécies vegetais rasteiras e herbáceas de baixo e médio porte, com a finalidade de reter umidade, reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais, manter a contenção natural dos taludes e criar uma paisagem agradável que favoreça a biodiversidade local.

Definição das tipologias de SbN

- Polder Vegetado -

Biovaleta para condução das águas pluviais ao reservatório: em substituição ao canal de concreto tradicional, deve-se projetar biovaletas estruturadas de acordo com a vazão calculada para o sistema, contemplando largura, profundidade e rugosidade suficientes para o devido escoamento das águas drenadas da área baixa, a ser isolada com medidas estanques, e ainda garantindo a máxima permeabilidade do solo e fitorremediação proporcionada pela vegetação ideal. Seguir orientações sobre biovaletas indicadas neste Catálogo, considerando as devidas proporções necessárias para a vazão calculada para o sistema.

Reservatório: como estrutura de destinação das águas pluviais do sistema de polder vegetado, sugere-se a criação de um reservatório anfíbio, de estrutura impermeável, com capacidade reduzida em comparação a um volume de reservatório convencional, pois deve ser dimensionado considerando o sistema de bombeamento em pleno funcionamento.

Sistema de bombeamento das águas pluviais do reservatório para o curso d'água durante o evento da cheia. Diferentemente do reservatório de detenção convencional, que é apenas esvaziado após o evento de precipitação, os polders devem funcionar tão logo seus reservatórios de passagem comecem a encher.



materiais necessários

Materiais necessários para a estrutura do dique: Os materiais são definidos em projeto a depender da situação local, sendo preferencialmente de solo compactado (argila ou silte) ou de concreto, para o efetivo isolamento hidráulico da área baixa a ser protegida.

Vegetação adequada: vegetação e substrato adequados para cada tipo de região, que possuam raízes fortes para contribuir na estabilização de taludes e resistentes a períodos de alta umidade.

Sistema de extração do volume armazenado: Sistema de bombas hidráulicas e área de instalação e funcionamento (casa de bombas).

Definição das tipologias de SbN - Step Pool -



localização estratégica

O sistema é projetado para ser instalado em cursos d'água que necessitem de redução de velocidade de escoamento; também possuam dimensão para geração das piscinas (que garantam o armazenamento da vazão aumentada em períodos de fortes chuvas), e taludes firmes que não sejam danificados com a criação das áreas escavadas.

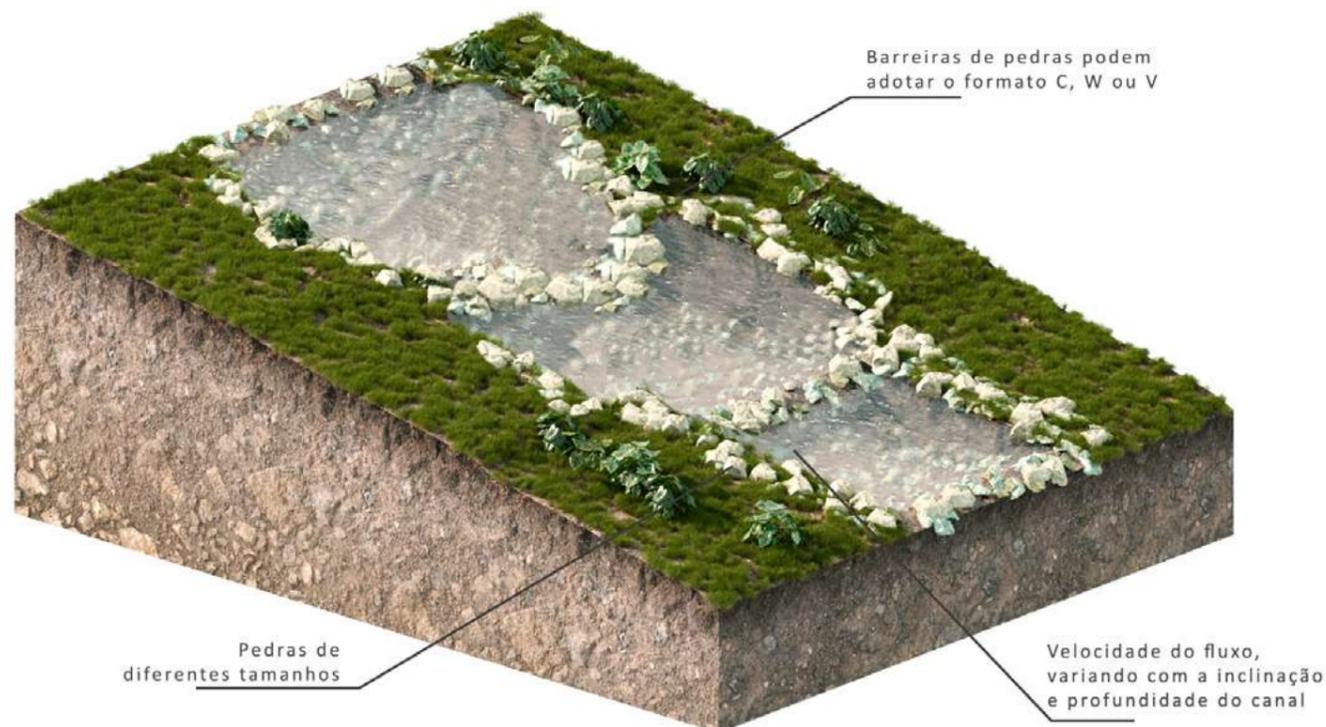


Figura 54 - Step Pool. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava, 2021.

Definição das tipologias de SbN

- Step Pool -



manutenção

Os cuidados com a manutenção devem ser focados no acúmulo de sedimentos e resíduos, além da substituição de vegetação quando necessário.

Prever quantidade de mudas adicional de 2 a 5% do valor total para mitigar perdas iniciais, por mudas que possam morrer logo após o plantio no período de adaptação (ação pontual na implementação);

Remover resíduos manualmente³² (ação recorrente);

Conferir se há danos nas estruturas de pedras que formam as barragens e fazer reforços estruturais quando necessários, impedindo futuros deslizamentos de pedra ou solo (ação recorrente).



custos da implantação

Varição³³ entre R\$400,00 a R\$700,00 por m².

Step pool são piscinas com degraus regenerativos para transporte de águas pluviais (AACG, 2010). Essa tipologia de SbN consiste na construção de uma sequência alternada de piscinas que desempenham um papel crucial na redução dos riscos de desestabilização de cursos d'água durante precipitações intensas, onde o escoamento chega a atingir altas velocidades, causando erosão e outros problemas estruturais. A infraestrutura cinza para drenagem de águas pluviais concentra o escoamento da chuva em tubulações, e quando estes tubos terminam no fundo de vale, o fluxo concentrado e a alta velocidade podem causar extensa erosão e contribuir para o aumento de sedimentos nos cursos d'água. Por outro lado, as Step Pools dissipam o fluxo de energia du-

³² Por órgão responsável pela manutenção e limpeza da área e/ou por pessoa civil, indica-se ainda, o incentivo à adoção de áreas verdes urbanas para auxílio na manutenção dos mesmos.

³³ Custo de implantação varia de acordo com diversos fatores, como a largura do curso d'água, dimensão e quantidade de pedras necessárias para as barragens, custo de mão de obra para alocação das mesmas, entre outros.

Definição das tipologias de SbN

- Step Pool -

rante eventos de chuvas intensas e, durante condições de baixo fluxo, funcionam como lagoas pluviais, tratando a água por meio da fitorremediação das plantas, melhorando a qualidade da água e abastecendo os reservatórios subterrâneos rasos.

A tecnologia consiste na colocação de barreiras de pedras ao longo do curso d'água, formando pequenos reservatórios entre elas. Quando necessário, essas áreas podem ser escavadas para aumentar a capacidade de reserva e contribuir na redução da velocidade das águas. Porém, a colocação das barreiras deve criar desenhos diferentes para cada tipo de local, atentando-se para as diferentes necessidades de armazenamento, redução da velocidade de escoamento e tratamento das margens. Dessa forma, os desenhos das barreiras serão personalizados para cada contexto, visando atender de forma eficiente aos objetivos desejados.

Tal tipologia oferece benefícios em relação à qualidade da água e à recuperação do canal, e melhora hidráulica sem aumentar os riscos de inundação local.



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: dificuldade em obter informações prévias do tipo de solo, interferindo na estabilidade das barragens a serem implantadas.

Vegetação Adequada: disponibilidade de espécies vegetais (nativas locais) adequadas para solos encharcados.

Qualificação de técnicos: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para análise correta de todas as informações e posterior acompanhamento na execução. **Políticas Públicas:** ausência de Políticas Públicas e Planejamento e Governança participativa para a inclusão de SbN no planejamento urbano.

Vazão: entender as variáveis de vazão de acordo com os períodos de seca e cheia e projetar as estruturas das barragens, de modo a não interferir na vazão natural do curso d'água, é um dos maiores desafios para a aplicação deste tipo de infraestrutura, pois o objetivo principal é contribuir para o controle dos fluxos a jusante, sem prejudicar a drenagem no local.

Definição das tipologias de SbN

- Step Pool -



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Permeabilidade do Solo (condutividade hidráulica em mm/h): não se aplica, uma vez que é alocada sob o leito dos riachos, córregos e rios.

Declividade: as barreiras devem ser criadas de acordo com a necessidade de redução da velocidade da vazão, sendo que, quanto maior a declividade natural, maior a necessidade de redução da velocidade, para que haja uma melhor contribuição no controle das inundações a jusante.

Carga de sedimentos: em áreas com alta produção de sedimentos ou resíduos devem ser instaladas bacias de sedimentação a montante ou na entrada da estrutura.

Tipos de Solo: por se tratar de uma estrutura para diminuição da velocidade de escoamento das águas esse parâmetro é pouco expressivo.

Hidrologia

Controle de vazão/capacidade de interceptação: : é uma variável importante, pois quando a contribuição de vazão aumenta consideravelmente em eventos de chuvas, aumenta proporcionalmente o risco de problemas de estabilidade, velocidade de escoamento e riscos de inundação ao longo do curso d'água. Sendo, portanto, uma condição que deve ser estudada para a projeção de quantidade de barreiras e profundidade de piscinas a serem executadas para que não haja impedimento ao fluxo natural e haja maior eficácia no sistema em todos os períodos.

Drenagem e escoamento das águas: contribuem com o processo de detenção das águas pluviais, os processos de infiltração e evapotranspiração também podem ser atribuídos às bacias a depender das condições de permeabilidade do solo local e da existência ou não de vegetação em seu interior.

CRITÉRIOS ESPECÍFICOS DESTA TIPOLOGIA:

Profundidade das piscinas: quanto maior a profundidade, maior o efeito de turbilhão produzido dentro das piscinas formadas pelas barreiras. As piscinas podem ser mais profundas quando há maior declividade natural, e quando não há, é possível escavar para criar áreas mais profundas

Definição das tipologias de SbN

- Step Pool -

e promover maior área de retenção da vazão.

Dimensão das margens: quanto mais largo o curso d'água, maior a variedade de formatos possíveis para alocação das pedras. É possível criar zonas de tratamento das águas entre as margens e as barragens quando tem-se maior amplitude no canal.



materiais necessários

Materiais necessários para a estrutura das barragens: pedras de diferentes tamanhos que possam garantir diferentes tipos e configurações das 'piscinas'. Elas devem ser de tamanho adequado e ter a resistência necessária para suportar o fluxo de água. As rochas também podem ser usadas para criar barreiras e desníveis entre as piscinas.

Substrato: o solo é utilizado para preencher as áreas entre as pedras e proporcionar um substrato adequado para o crescimento de vegetação. É importante utilizar um solo rico em matéria orgânica e nutrientes, que favoreça o enraizamento das plantas.

Vegetação adequada: escolha de espécies vegetais nativas, locais e adequadas para o tipo de água residuária é fundamental para o sucesso do tratamento.

Definição das tipologias de SbN

- Step Pool -

STEP POOL

Projeto implantado em LONDRINA -PARANÁ

Figura 55 - Step Pool. Foto: Meridiano. Fonte: Projeto Guajava.



**SOLUÇÕES VOLTADAS A
CONTENÇÃO DE MARGENS
DE CÓRREGOS E RIOS,
TALUDES E ENCOSTAS**

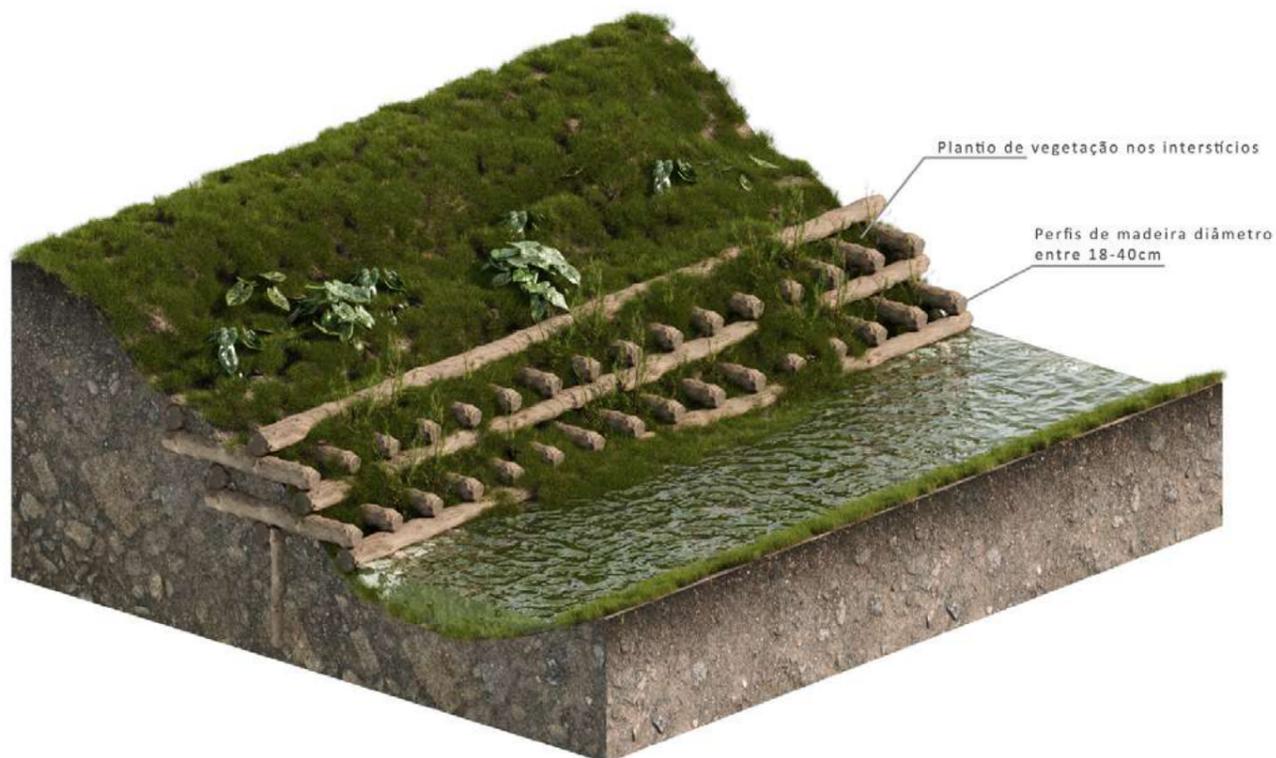
Definição das tipologias de SbN

- Muro de Suporte Vivo em Madeira Tipo Cribwall -



localização estratégica

Principalmente para a consolidação e a estabilização de margens fluviais e taludes pouco íngremes e baixos.



Definição das tipologias de SbN

- Muro de Suporte Vivo em Madeira Tipo Cribwall-



manutenção

Atenção deve ser dada à manutenção da infraestrutura em função da utilização de madeira para a execução da contenção, o que irá demandar manutenção quando ela apresentar riscos ao sistema de contenção.



custos da implantação

Variação³⁴ entre R\$800,00 a R\$1500,00 por m².

O Muro de Suporte Vivo em Madeira Tipo Cribwall é uma estrutura destinada à contenção de margens fluviais e taludes, sendo composta por um arranjo em camadas, com troncos de madeira.

Durante o enchimento do muro com material drenante, são inseridas as estacas ou as plantas lenhosas enraizadas. Devem ser colocadas de forma a sobressair do muro e percorrê-lo até atingir o terreno natural. No caso do muro usado na proteção de margens fluviais, em vez de se colocarem as estacas vivas, são usados ramos longitudinais para impedir o carregamento de sedimentos.

Figura 56 - Muro de Suporte Vivo em Madeira Tipo Cribwal. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava. Adaptado de Helgard Z., 2007.

Definição das tipologias de SbN

- Muro de Suporte Vivo em Madeira Tipo Cribwall-

Definição das tipologias de SbN

- Muro de Suporte Vivo em Madeira Tipo Cribwall-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: apesar de ser uma opção menos onerosa por possibilitar a utilização de materiais encontrados no próprio local, deve-se atentar para a altura do talude ou da margem fluvial a ser contida, e a capacidade de suporte do solo existente, demandando durante a execução maiores cuidados para a completa segurança, estabilização e consolidação do local a ser implementado.

Vegetação Adequada: disponibilidade de espécies vegetais adequadas para solos úmidos.

Qualificação de técnicos: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para a análise correta de todas as informações do projeto, e posterior acompanhamento na execução da obra.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Características do Terreno: esta solução se adequa melhor a taludes e margens fluviais, não sendo indicada a encostas devido a sua execução ser realizada em patamares.

Limites de velocidade de escoamento admitido: devido tanto ao material de suporte da contenção (madeiramento) quanto do preenchimento (solo), esta solução não suporta fluxos d'água com velocidades elevadas, pois esse fluxo causaria danos na estrutura e implicaria também no carreamento do preenchimento, sendo assim indicado para velocidades de até 1,5 m/s.

Altura Admitida: esta estrutura de contenção é indicada para taludes baixos em relação ao nível do seu pé e para margens fluviais rasas. Sugere-se uma altura limite de 5m para que os fatores de segurança possam ser atendidos.

Declividade: devido ao tipo de estrutura e do material, esta solução é mais indicada para locais com declividades mais suaves, de até 40 graus, preferencialmente.

Tipo de vegetação: a vegetação utilizada nessa solução tem a função

de criar um efeito de armadura no terreno, conferido no decorrer do desenvolvimento dos sistemas radiculares das plantas, o qual contribuirá para a estabilização conferida inicialmente pela estrutura de madeira. Para tal, são mais indicadas as espécies gramíneas e trepadeiras.



materiais necessários

Madeira: o madeiramento³⁵, com diâmetro de 18 a 40 cm, tem função estrutural e tem como objetivo assegurar a estabilidade da estrutura de contenção. Os troncos devem ser interconectados de maneira a formar uma estrutura estável e resistente em forma de “fogueira”, sendo dispostos no sentido sub-horizontal e longitudinal em relação ao curso d'água;

Tubo de drenagem: A estrutura deve incluir tubos drenos para escoar as águas pluviais e evitar erosão do solo;

Terra vegetal local: Entre as camadas deve ser aplicado solo compactado, que pode ser material retirado das margens durante a preparação das mesmas;

Vegetação: as plantas, em um primeiro momento, não possuem uma função estrutural. Após o seu desenvolvimento assumem um papel de suporte estrutural através de sua trama radicular. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais adequadas para solos úmidos são ideais. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

35 Madeira de reflorestamento comumente utilizada na construção civil (como Eucalipto ou Pinus) sendo necessário tratamento da madeira para combate a agentes biológicos.

Definição das tipologias de SbN

- Muro de Suporte Vivo em
Madeira Tipo Cribwall-

Definição das tipologias de SbN

- Muro de Suporte Vivo em
Madeira Tipo Cribwall-

MURO DE SUPORTE VIVO EM MADEIRA TIPO CRIBWALL

Projeto implantado em
PORTUGAL

Figura 57 -Muro de Suporte Vivo em Madeira Tipo Cribwall. Fonte: Empresa Ecosalix.



Definição das tipologias de SbN

- Muro de Suporte Vivo em Margens Fluviais -



localização estratégica

Principalmente para a consolidação e a estabilização de margens fluviais íngremes.

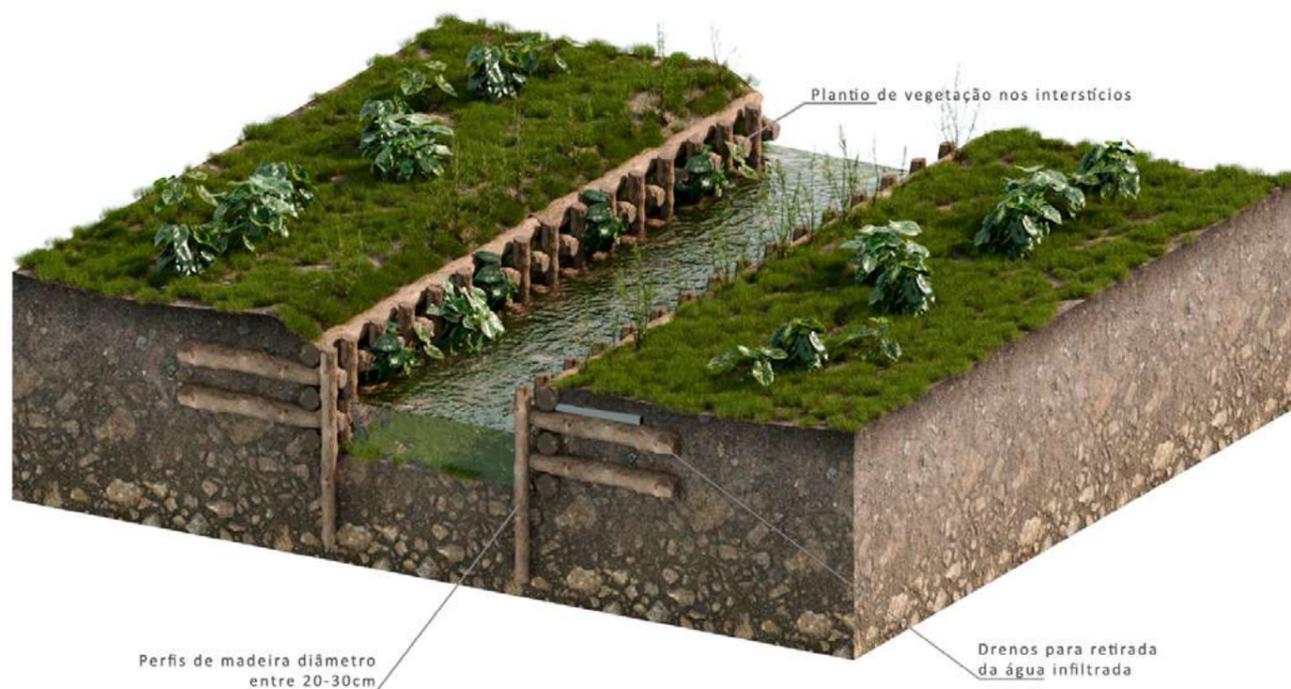


Figura 58 - Muro de Suporte Vivo em Margens Fluviais. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava. Adaptado de Helgard Z., 2007.

Definição das tipologias de SbN

- Muro de Suporte Vivo em Margens Fluviais-



manutenção

Atenção deve ser dada à manutenção da infraestrutura em função da utilização de madeira para a execução da contenção, o que irá demandar manutenção quando ela apresentar riscos ao sistema de contenção.



custos da implantação

Variação³⁶ entre R\$600,00 a R\$1.000,00 por m²

O Muro de Suporte Vivo em Margens Fluviais é uma estrutura destinada, principalmente, à estabilização de margens íngremes ou subverticais de córregos e rios, utilizando madeira como o principal elemento de contenção.

Cravam-se estacas de madeira na vertical e a estas são colocadas juntas pregadas e amarradas com arames ou cordas uma outra fiada horizontal de troncos, para garantir a estabilidade da contenção. Em seguida, cravam-se troncos perpendiculares à margem, repetindo-se o processo sucessivamente, até se proteger toda a altura da margem fluvial. Plantam-se gramíneas e trepadeiras para ajudar na retenção da camada mais superficial, fornecendo assim também um aspecto paisagístico mais agradável à margem fluvial.

Definição das tipologias de SbN

- Muro de Suporte Vivo em Margens Fluviais-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Terreno: dificuldade em obter informações prévias das instalações subterrâneas, interferindo, muitas vezes, na revisão do projeto após o início das obras.

Vegetação Adequada: é importante escolher as plantas adequadas para o clima e o solo local, garantindo que elas tenham raízes resistentes para ajudar a estabilizar o muro.

Manutenção: os muros de suporte vivo precisam de manutenção regular para garantir que as plantas continuem crescendo para auxiliar na estabilização do muro, e também para que as vigas não apresentem problemas estruturais.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Características do Terreno: esta solução se adequa melhor a margens fluviais principalmente devido a facilidade de sua execução, podendo ser realizada em calhas de córregos e rios subverticais.

Limites de velocidade de escoamento admitido: devido tanto ao material de suporte da contenção (madeiramento) quanto do preenchimento (solo), esta solução não suporta fluxos d'água com velocidades elevadas, pois esse fluxo causaria danos na estrutura e implicaria também no carreamento do preenchimento, sendo assim indicado para velocidades de até 1,5 m/s.

Altura Admitida: esta estrutura de contenção é indicada para margens fluviais rasas. Sugere-se uma altura limite de até 5m para que os fatores de segurança possam ser atendidos.

Declividade: esta solução é indicada mesmo para terrenos com grandes declividades, idealmente de até 70 graus.

Tipo de vegetação: a vegetação utilizada nessa solução tem a função de criar um efeito de armadura no terreno, conferido no decorrer do desenvolvimento dos sistemas radiculares das plantas, o qual contribuirá para a estabilização conferida inicialmente pela estrutura de madeira. Para tal, são mais indicadas as espécies gramíneas e trepadeiras.

Definição das tipologias de SbN

- Muro de Suporte Vivo em Margens Fluviais-



materiais necessários

Madeira: Troncos de madeira³⁷ com diâmetro entre 20 a 30 cm e comprimento de até 3 m, necessitando ser interconectados de maneira a formar uma estrutura estável e resistente, sendo dispostos no sentido sub-horizontal e longitudinal em relação ao curso d'água;

Tubo de drenagem: A estrutura deve incluir drenos para escoar as águas pluviais e evitar erosão do solo.

Preenchimento: debaixo da água os interstícios são preenchidos com pedras e, na parte superior, o preenchimento entre as camadas deve ser realizado com solo compactado, que pode ser feito com o material eventualmente retirado das próprias margens durante a preparação delas.

Vegetação: as plantas, em um primeiro momento, não possuem uma função estrutural, após o seu desenvolvimento assumem um papel de suporte estrutural através de sua trama radicular. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais adequadas para solos úmidos são ideais; a vegetação indicada está listada no Passo 3 deste Catálogo. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

Definição das tipologias de SbN
- Muro de Suporte Vivo em
Margens Fluviais-

MURO DE SUPORTE VIVO EM MARGENS FLUVIAIS

Projeto implantado em
CÓRREGO JUDAS
PARQUE SEVERO GOMES, SP

Figura 59 - Muro de Suporte Vivo em Margens fluviais. Fonte: Cedido por Pedro Algodal.

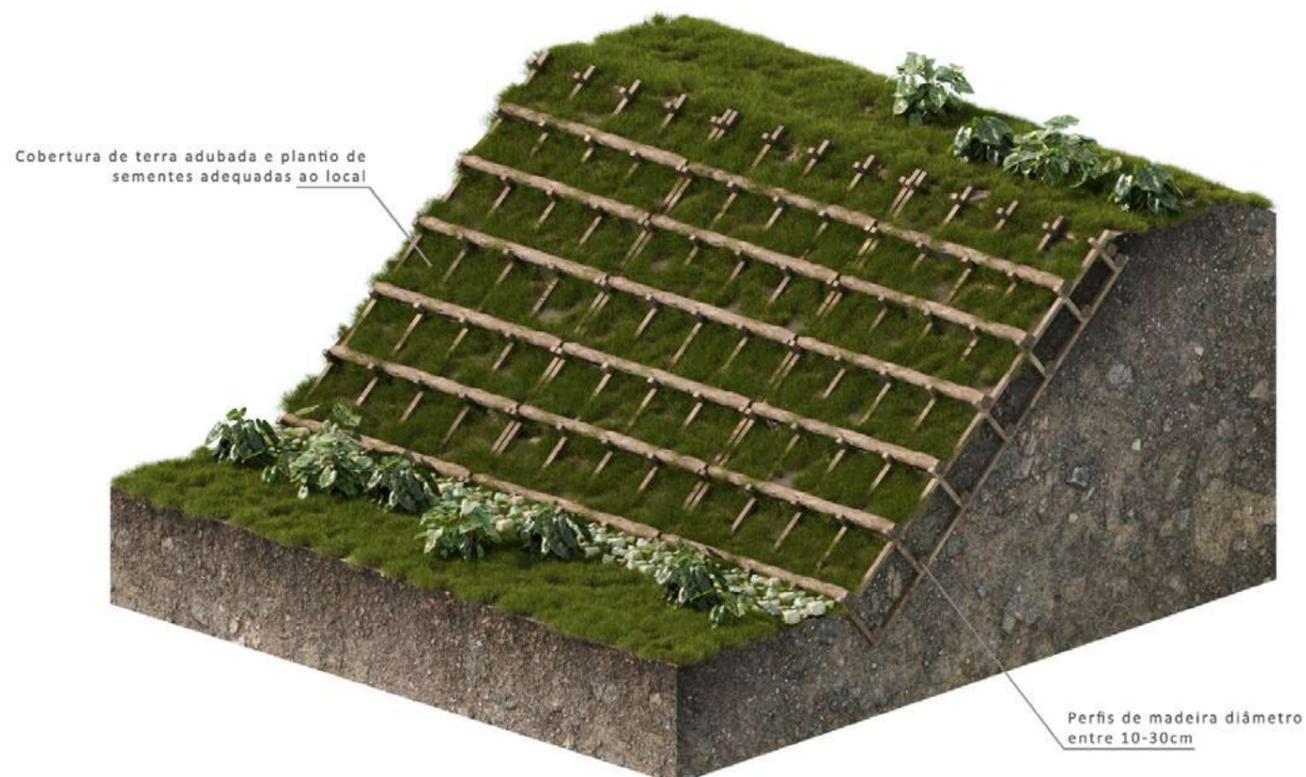


Definição das tipologias de SbN - Grade Viva -



localização estratégica

Na estabilização de encostas altas e com declives íngremes, com uma altura e uma inclinação máxima de até 20 m e 70 graus, respectivamente.



Definição das tipologias de SbN

- Grade Viva -



manutenção

Atenção deve ser dada à manutenção da infraestrutura em função da utilização de madeira para a execução da contenção, o que irá demandar manutenção quando ela apresentar riscos ao sistema de contenção.

Além disso, a manutenção regular das grades vivas, como a poda e o monitoramento do crescimento das plantas, também é essencial para garantir a sua eficácia como estruturas vivas.



custos da implantação

Variação³⁸ entre R\$500,00 a R\$600,00 por m².

As Grades Vivas são estruturas de contenção compostas por grades de madeira com parede simples ou dupla, que são opções para a estabilização de terrenos altos e com declives íngremes, com uma altura e uma inclinação máxima de até 20 m e 70 graus, respectivamente.

As grades são fixas com pregos ou outros tipos de ancoragem no terreno, como estacas de madeira, de metal, amarração de plantas com treliças, sistema de raízes, sua escolha depende do tipo de terreno e condições do local. Simultaneamente ao enchimento da grade com solo, são inseridas faixas de vegetação com ramos, plantas em torrão ou plantas transplantadas, e/ou são semeadas posteriormente à implantação de estrutura de madeira.

É importante considerar a seleção adequada de plantas e técnicas de ancoragem de acordo com as condições do local, o clima, a força do vento e outros fatores ambientais.

Figura 60 - Grade Viva. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava. Adaptado de Helgard Z., 2007.

Definição das tipologias de SbN

- Grade Viva-



desafios possíveis no planejamento e execução:

A execução de contenção em grade viva não requer maiores dificuldades na sua implantação.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Características do Terreno: esta solução tem sua principal utilização em encostas, podendo também ser utilizada em taludes íngremes ou margens fluviais verticalizadas, devido a sua estrutura suportar melhor o material a ser contido em decorrência do uso do gradil com madeiramento e a vegetação.

Limites de velocidade de escoamento admitido: devido tanto ao material de suporte da contenção (madeiramento) quanto do preenchimento (solo), esta solução não suporta fluxos d'água com velocidades elevadas, pois esse fluxo causaria danos na estrutura e implicaria também no carreamento do preenchimento, sendo assim indicado para velocidades de até 1,5 m/s.

Altura Admitida: esta estrutura de contenção é indicada para encostas altas em relação ao nível do seu pé, devido ao método executivo do conjunto da trama do madeiramento com a vegetação plantada, o que garante a viabilidade de projetos com alturas de até 20 m de contenção.

Declividade: devido ao tipo de estrutura e do material, esta solução é mais indicada para locais com alturas e declividades maiores, que podem chegar até a 70 graus de inclinação.

Tipo de vegetação: a vegetação utilizada nessa solução tem a função de criar um efeito de armadura no terreno, conferido no decorrer do desenvolvimento dos sistemas radiculares das plantas, o qual contribuirá para a estabilização conferida inicialmente pela estrutura de madeira. Para tal, são mais indicadas as espécies gramíneas e trepadeiras.

Definição das tipologias de SbN

- Grade Viva-



materiais necessários

Madeira: o madeiramento³⁹ tem função estrutural e tem como objetivo assegurar a estabilidade da estrutura até que a vegetação se desenvolva, principalmente até que se consolide a formação das raízes. Os troncos devem ser interconectados de maneira a formar uma estrutura estável e resistente em formato de “fogueira”.

Vegetação: as plantas, em um primeiro momento, não possuem uma função estrutural, após o seu desenvolvimento assumem um papel de suporte estrutural através de sua trama radicular. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos são ideais; a vegetação indicada está listada no Passo 3 deste Catálogo. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

39 Madeira de reflorestamento comumente utilizada na construção civil (como Eucalipto ou Pinus) sendo necessário tratamento da madeira para combate a agentes biológicos.

GRADE VIVA

Projeto implantado em
PORTUGAL

Figura 61 - Grade Viva. Fonte: Empresa Ecosalix.



Definição das tipologias de SbN - Muro de Contenção com Pedra -



localização estratégica

Em taludes e encostas que precisam de estabilização.



Figura 62 - Muro de Contenção com Pedras. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava. Adaptado de Helgard Z., 2007)

Definição das tipologias de SbN - Muro de Contenção com Pedra -



manutenção

Os cuidados com a manutenção devem ser dirigidos à infraestrutura do muro de contenção.

Recomenda-se realizar intervenção e manutenção no muro quando houver queda de algum bloco ou quando houver blocos soltos.



custos da implantação

Variação entre R\$200,00 a R\$300,00 por m³.

Muro de contenção com pedra é uma estrutura construída para estabilização do terreno em encostas e taludes. Constrói-se muros de suporte de até 10m de altura⁴⁰, utilizando-se preferencialmente materiais obtidos próximos ao local, auxiliando na redução de custos de transporte de materiais. Quando não se dispuser de pedras no entorno, deve-se escolher aquelas que melhor se adaptam às características da região.

As fundações devem estar abaixo da linha do solo e a drenagem tem de ser garantida para escoar o volume de água infiltrado, especialmente em épocas de grande precipitação, podendo-se utilizar soluções combinadas, seja com drenagem convencional ou com drenagem sustentável.

⁴⁰ Demanda avaliação geotécnica do local para o cálculo correto de dimensões do muro de contenção.

Definição das tipologias de Sbn

- Muro de Contenção com Pedra-



desafios possíveis no planejamento e execução:

A execução de muro de pedra não requer maiores dificuldades na sua implantação.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Características do Terreno: esta solução tem sua principal utilização em encostas e taludes, podendo até ser utilizada em margens fluviais verticalizadas devido a sua resistência.

Limites de velocidade de escoamento admitido: como maior parte do material da contenção é composto por pedras, esta solução é indicada para velocidades de até 3,0m/s.

Altura Admitida: esta estrutura de contenção é indicada para encostas altas em relação ao nível do seu pé, devido ao método executivo do conjunto da trama do madeiramento com a vegetação plantada, o que garante a viabilidade de projetos com alturas de até 20 m de contenção.

Declividade: devido ao tipo de estrutura e material esta solução é mais indicada para locais com declividades de taludes e encostas maiores, não sendo recomendada a sua utilização em terrenos mais suaves, situação na qual o custo-benefício da solução é menos atrativo em função da perda da efetividade da solução.

Tipo de vegetação: A vegetação irá se desenvolver na crista do muro, caso haja espaço para aplicação dela.

Definição das tipologias de Sbn

- Muro de Contenção com Pedra-



materiais necessários

Pedra: que possam ser alinhadas e argamassadas gerando paredes ou muros estruturais;

Tubos de drenagem: a estrutura deve incluir drenos para escoar a chuva infiltrada no solo, aliviando a estrutura de empuxos adicionais gerados pela água da chuva.

MURO DE CONTENÇÃO COM PEDRA

Projeto implantado em
SÃO RAFAEL, SÃO CARLOS - SP

Figura 63 - Muro de Contenção com Pedra. Fonte: Cedido por Pedro Algodal



Definição das tipologias de SbN - Muro de Pedra com Vegetação -



localização estratégica

Em taludes e encostas que precisam de estabilização.



Figura 64 - Muro de Pedra com Vegetação Viva. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava. Adaptado de Helgard Z., 2007)

Definição das tipologias de SbN - Muro de Pedra com Vegetação -



manutenção

Os cuidados com a manutenção devem ser dirigidos à infraestrutura do muro de contenção. Deve-se realizar intervenção e manutenção no muro quando blocos estiverem soltos ou caírem.



custos da implantação

Variação entre R\$250,00 a R\$400,00 por m³

Muros de pedra com vegetação é uma estrutura construída, principalmente, para estabilização do terreno em encostas e taludes. Constrói-se muros de suporte de até 10m de altura, utilizando-se preferencialmente materiais obtidos próximos ao local, auxiliando na redução de custos de transporte de materiais. Quando não se dispuser de pedras no entorno, deve-se escolher aquelas que melhor se adaptam às características da região. A definição da altura demanda avaliação geotécnica do local para o cálculo correto de dimensões do muro de contenção. Esta solução pode ser construída mecânica ou manualmente, conforme a dimensão das pedras, e com colocação de material vivo. Durante a construção, as pedras são colocadas em terra vegetal, enquanto plantas ou estacas são colocadas nos interstícios entre as pedras.

Definição das tipologias de SbN

- Muro de Pedra com Vegetação-



desafios possíveis no planejamento e execução:

A execução de muro de pedra com vegetação não requer maiores dificuldades na sua implantação.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Características do Terreno: esta solução tem sua principal utilização em encostas e taludes, podendo até ser utilizada em margens fluviais verticalizadas devido a sua resistência.

Limites de velocidade de escoamento admitido: como maior parte do material da contenção é composto por pedras, esta solução é indicada para velocidades de até 3,0m/s.

Altura admitida: esta estrutura de contenção é indicada para encostas com até 10m de altura atuando como um dispositivo majoritariamente utilizado em cortes. Para espessura existem várias variáveis, como tipo do solo, diâmetro das pedras, altura do muro etc. Costuma variar entre 30cm a 1m.

Declividade: devido ao tipo de estrutura e material esta solução é mais indicada para locais com declividades de taludes e encostas maiores, não sendo recomendada a sua utilização em terrenos mais suaves, situação na qual o custo-benefício da solução é menos atrativo em função da perda da efetividade da solução.

Tipo de vegetação: são plantadas espécies de trepadeiras juntamente com substrato propício durante o levantamento do muro para que estas ajudem no escoamento superficial e na infiltração. Suas raízes se desenvolvem pelos vazios deixados pelas pedras formando uma espécie de trama que ajuda na sustentação do muro e impede a passagem de material carregado vindo de trás da contenção.

Definição das tipologias de SbN

- Muro de Pedra com Vegetação-



materiais necessários

Pedras: que possam ser alinhadas e argamassadas gerando paredes ou muros estruturais.

Tubos de drenagem: a estrutura deve incluir drenos para escoar a chuva infiltrada no solo, aliviando a estrutura de empuxos adicionais gerados pela água da chuva.

Vegetação: as plantas, em um primeiro momento, não possuem uma função estrutural. Após o seu desenvolvimento assumem um papel de suporte estrutural através de sua trama radicular. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais adequadas para solos úmidos são ideais. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

Definição das tipologias de SbN

- Muro De Suporte Tipo Cribwall Pré-Fabricado Com Vegetação -



localização estratégica

Em encostas íngremes com necessidade de consolidação.

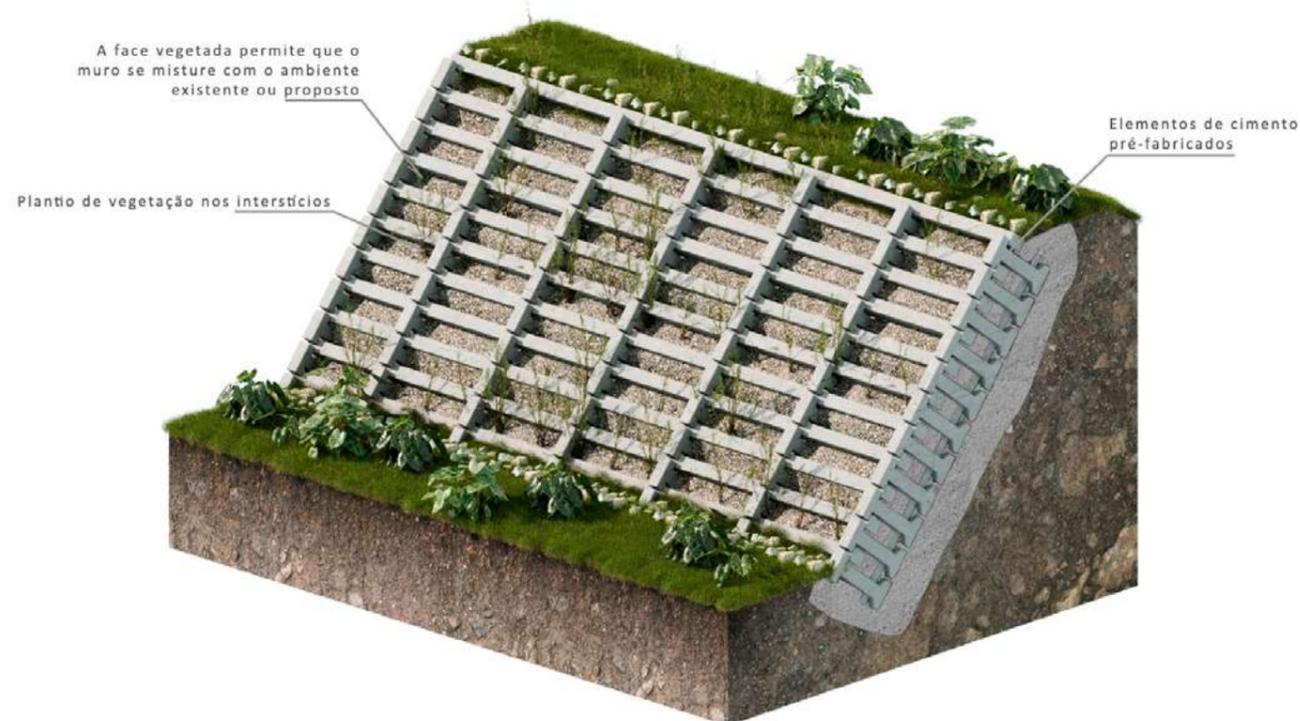


Figura 65 - Muro de suporte tipo "Cribwall" pré-fabricado com vegetação. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava. Adaptado de Helgard Z., 2007

Definição das tipologias de SbN

- Muro De Suporte Tipo Cribwall Pré-Fabricado Com Vegetação-



manutenção

Verificação de integridade estrutural: é importante regularmente verificar a integridade estrutural da estrutura do crib wall para garantir que ele esteja em boas condições e não apresente sinais de falhas, trincas ou rupturas. Caso seja necessário, é preciso realizar manutenções preventivas na estrutura.



custos da implantação

Variação⁴¹ entre R\$100,00 a R\$200,00 por m²

O Muro De Suporte Tipo Cribwall Pré-Fabricado com Vegetação geralmente é utilizado em encostas, especialmente em função de sua alta resistência. Sua estrutura pode ser simples ou dupla, feita de elementos pré-fabricados de concreto. Durante a execução, os elementos são preenchidos com material granular, podendo-se plantar nos espaços vazios plantas enraizadas com o método de faixas de vegetação com terra vegetal.

⁴¹ De acordo com a altura, área, projeto e configuração do dispositivo, materiais e mão de obra.

Definição das tipologias de SbN

- Muro De Suporte Tipo Cribwall Pré-Fabricado Com Vegetação-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Vegetação Adequada: disponibilidade de espécies vegetais (autóctones) adequadas para solos úmidos.

Qualificação dos técnicos: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para análise correta de todas as informações e posterior acompanhamento na execução.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Características do Terreno: esta solução tem sua principal utilização em encostas, podendo até ser utilizada em taludes mais íngremes, devido a sua estrutura suportar melhor o material a ser contido com o gradil e a vegetação.

Limites de velocidade de escoamento admitido: esta solução não é indicada para margens fluviais. Para os escoamentos superficiais, os fluxos d'água com velocidades elevadas são suportadas pela estrutura de concreto, porém pode ocorrer o carreamento do material de preenchimento, sendo assim indicado para velocidades de até 3,0 m/s para os elementos pré-fabricados em concreto.

Altura Admitida: esta estrutura de contenção é indicada para encostas mais altas em relação ao nível do seu pé, devido ao método executivo do conjunto da trama da estrutura pré-moldada com a vegetação plantada que garanta um fator de segurança tolerável até 20m de altura.

Declividade: devido ao tipo de estrutura e material esta solução é mais indicada para locais com declividades maiores, estas podendo chegar até a 70 graus de inclinação da encosta ou do talude.

Tipo de vegetação: a vegetação utilizada nessa solução tem a função de criar um efeito de armadura no terreno, conferido no decorrer do desenvolvimento dos sistemas radiculares das plantas, o qual contribuirá para a estabilização conferida inicialmente pela estrutura de madeira. Para tal, são indicadas as espécies gramíneas, trepadeiras e também as arbustivas.

Definição das tipologias de SbN

- Muro De Suporte Tipo Cribwall Pré-Fabricado Com Vegetação-

Demais dados técnicos:

O desenvolvimento dos sistemas radiculares das plantas irá criar um efeito de armadura no terreno, o qual contribuirá para a drenagem e estabilização do sistema;

As vigas e colunas devem ser interconectadas de maneira a formar uma estrutura estável e resistente, sendo dispostas no sentido sub-horizontal e longitudinal em relação ao talude;

Entre as camadas o preenchimento deve ser realizado com solo compactado ou material granular (pedras britadas e areia), podendo ser o material eventualmente retirado das próprias encostas durante a execução.



materiais necessários

Travessas, vigas e estacas: os elementos pré-moldados têm função estrutural e tem como objetivo assegurar a estabilidade da estrutura. O uso da vegetação na solução tem a função de consolidar a estabilidade da contenção, obtida com a formação das raízes. Os elementos devem ser interconectados de maneira a formar uma estrutura estável e resistente em forma de "fogueira".

Tubos de drenagem: A estrutura deve incluir tubos drenos para escoar as águas pluviais e evitar erosão do solo.

Terra vegetal local: Entre as camadas deve ser aplicado solo compactado, que pode ser do material retirado de áreas adjacentes durante a preparação da contenção.

Vegetação: as plantas, em um primeiro momento, não possuem uma função estrutural, após o seu desenvolvimento assumem um papel de suporte estrutural através de sua trama radicular. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais adequadas para solos úmidos são ideais. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

MURO DE SUPORTE TIPO CRIBWALL PRÉ FABRICADO COM VEGETAÇÃO

Projeto implantado em
EUA

Figura 66 - Muro de Suporte Tipo Cribwall Pré-Fabricado com Vegetação. Fonte: Guajava, 2023



Definição das tipologias de SbN

- Muro De Gabiões Com Vegetação -



localização estratégica

Principalmente para proteção de margens ou estabilização de bases de declives instáveis.

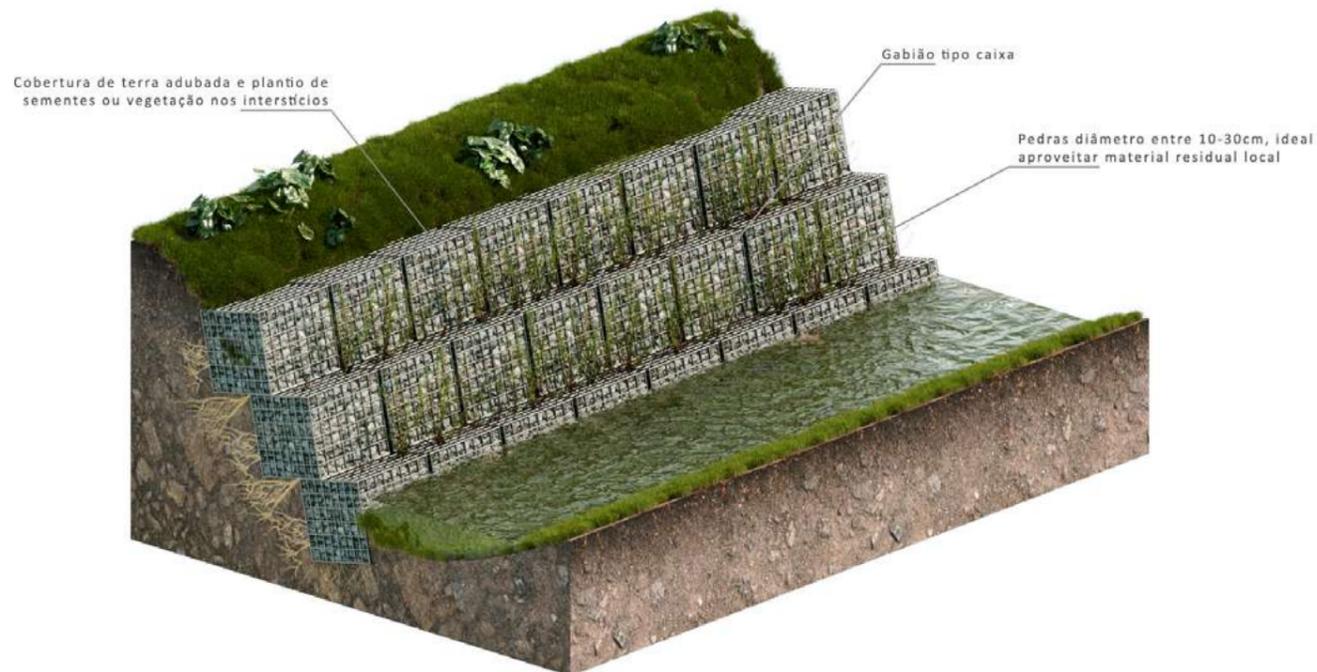


Figura 67 - Muro de Gabiões com Vegetação. Perspectiva isométrica. Fonte: Fonte: Guajava. Adaptado de Helgard Z., 2007

Definição das tipologias de SbN

- Muro De Gabiões Com Vegetação-



manutenção

Demandará manutenção para garantir a segurança da estrutura, especialmente após a movimentação de terra próxima à contenção implantada.



custos da implantação

Varição⁴² entre R\$200,00 a R\$300,00 por m².

Muro De Gabiões Com Vegetação são estruturas de contenção formadas por grandes gaiolas metálicas pré-fabricadas, com qualquer forma, preenchidas com blocos de pedra. Entre cada elemento individual colocam-se estacas de plantas e plantas enraizadas em terra vegetal adubada. Em estruturas longitudinais são utilizados para a proteção de margens, enquanto em estruturas transversais são utilizados, para a estabilização da base de declives instáveis.

42 De acordo com a área, projeto e configuração do dispositivo, materiais e mão de obra.

Definição das tipologias de SbN

- Muro De Gabiões Com Vegetação-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Execução: A execução do muro de gabião com vegetação não requer maiores dificuldades na sua implantação pois são constituídos de elementos pré-fabricados.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Características do Terreno: esta solução tem sua principal utilização em taludes e margens fluviais, sendo utilizada especialmente em taludes mais íngremes ou margens fluviais verticalizadas, devido a sua estrutura suportar melhor o solo a ser contido com o gabião e a vegetação.

Limites de velocidade de escoamento admitido: para os escoamentos superficiais, os fluxos d'água com velocidades elevadas são suportadas pela estrutura metálica e preenchimento em pedras, podendo ocorrer o carreamento do material de preenchimento e do preparo da terra vegetal quando as velocidades superarem 2,5 m/s.

Altura Admitida: esta estrutura de contenção é indicada para encostas mais altas em relação ao nível do seu pé, devido ao método executivo do conjunto da trama com a vegetação plantada que garante um fator de segurança tolerável até 20m de altura.

Declividade: devido ao tipo de estrutura e material esta solução é mais indicada para locais com alturas e declividades maiores, inclusive superiores a 70 graus de inclinação do talude ou encosta.

Tipo de vegetação: são plantadas espécies de trepadeiras juntamente com substrato propício durante o levantamento do muro para que estas ajudem no escoamento superficial. Suas raízes se desenvolvem pelos vazios deixados pelas pedras formando uma espécie de trama que ajuda na sustentação do muro e impede a passagem de material carreado vindo de trás da contenção.

Definição das tipologias de SbN

- Muro De Gabiões Com Vegetação-

Execução: rápida e simples com efeito de contenção imediata. Permite a utilização de pedras encontradas no local, reduzindo os custos na execução.

Solução Permeável: permite passagem de água entre as pedras; não precisa de drenagem auxiliar⁴³.



materiais necessários

Tela metálica: utilizada para conter o preenchimento e dar forma ao dispositivo de gabião, usualmente utilizado em formatos cúbicos com arestas de 0,5m ou 1m.

Pedras: pode-se utilizar pedra de mão ou costumeiramente rachão para realizar o preenchimento das telas. Deve-se atentar para a granulometria das pedras utilizadas, pois as pedras devem ser maiores do que as aberturas da tela metálica.

Tubos de drenagem: A estrutura deve incluir tubos drenos para escoar as águas pluviais e evitar erosão do solo;

Vegetação: as plantas, em um primeiro momento, não possuem uma função estrutural. Após o seu desenvolvimento assumem um papel de suporte estrutural através de sua trama radicular. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais adequadas para solos úmidos são ideais. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

43
obra.

A necessidade de inclusão de drenagem auxiliar deve ser avaliada pelo técnico responsável pela

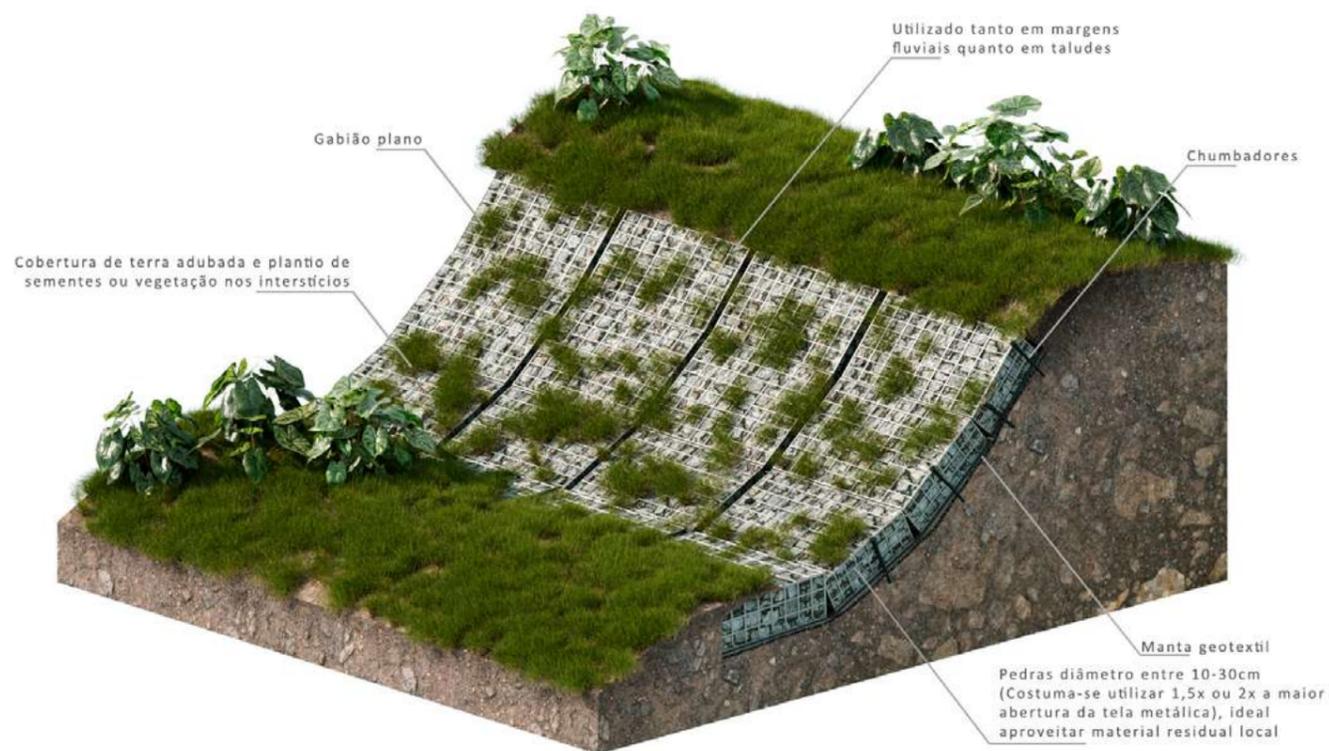
Definição das tipologias de SbN

- Gabiões Planos - Colchão -



localização estratégica

Em declives com necessidade de incluir vegetação e em margens de rios.



Definição das tipologias de SbN

- Gabiões Planos- Colchão-



manutenção

Demandam manutenção quando apresentarem rompimento da estrutura. O tempo para que isto ocorra dependerá de fatores como: presença de água, presença de salinidade, abrasão provocada por vento e/ou água, exposição a contaminantes e resistividade do solo.



custos da implantação

Variação⁴⁴ entre R\$200,00 a R\$300,00 por m²

Os gabhões planos são instalados em locais onde há a presença de declives rochosos, com pedras e/ou pouca vegetação e pretende-se obter um crescimento extensivo da vegetação, o que é obtido por meio de gabhões metálicos retangulares, que devem ser ancorados. A rede metálica superior é costurada à inferior (tipo colchão de malha metálica) e preenchida com pedras, se possível obtida no local para auxiliar na redução de custos e transporte de materiais. O plano de gabhões deve ser envolto em geotêxtil onde este estiver em contato com o solo, servindo de filtro para impedir o carreamento do preenchimento. Uma cobertura de terra adubada e o plantio de sementes de espécies adequadas ao local são indicados para contribuir para que a cobertura vegetal se desenvolva mais rapidamente. A vegetação, quando desenvolvida, criará uma malha através de suas raízes que fortalecerá a proteção do declive.

Figura 68 - Gabiões Planos. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava. Adaptado de Helgard Z., 2007

44

De acordo com a área, projeto e configuração do dispositivo, materiais e mão de obra.

Definição das tipologias de SbN

- Gabiões Planos- Colchão-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Execução: A execução de gabiões planos não requer maiores dificuldades na sua implantação pois são constituídos de elementos pré-fabricados.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Características do Terreno: esta solução tem sua principal utilização em taludes e margens fluviais, inclusive em declividade íngremes de até 70 graus devido a sua estrutura suportar melhor o material a ser contido com o gabião e a vegetação.

Limites de velocidade de escoamento admitido: para os escoamentos superficiais, os fluxos d'água com velocidades elevadas são suportadas pela estrutura metálica e preenchimento em pedras, podendo ocorrer o carreamento do material de preenchimento e do preparo da terra vegetal quando as velocidades superarem 2,5 m/s.

Altura Admitida: esta estrutura de contenção é indicada para encostas mais altas em relação ao nível do seu pé, devido ao método executivo do conjunto da trama do madeiramento com a vegetação plantada que garanta um fator de segurança tolerável até 5m de altura.

Declividade: devido ao tipo de estrutura e material, esta solução é mais indicada para locais com alturas e declividades maiores, que podem chegar a 70 graus de inclinação do talude ou encosta.

Tipo de vegetação: são plantadas espécies de gramíneas ou trepadeiras, juntamente com substrato propício, durante o levantamento do muro para que estas ajudem no escoamento superficial. Suas raízes se desenvolvem pelos vazios deixados pelas pedras formando uma espécie de trama que ajuda na sustentação do muro e impede a passagem de material carregado vindo de trás da contenção.

Definição das tipologias de SbN

- Gabiões Planos- Colchão-

Outros dados técnicos:

Diferencia-se do gabião tipo caixa por possuir grande área e pequena espessura, fazendo com que seu uso seja apropriado para revestimento e proteção, mas não para contenção;

A flexibilidade do material permite que seja instalado em situações de solo mole, ou seja, com baixa capacidade de carga sem risco de rompimento;

A utilização de gabião plano como revestimento não impede a percolação da água entre rio/solo, mantendo assim, o nível do lençol freático existente;

Quando em contato com a água, o arame é suscetível à corrosão, portanto necessita de camada de galvanização e polímero para prolongar a vida útil do material



materiais necessários

Tela metálica: utilizada para conter o preenchimento e dar forma ao dispositivo de gabião, usualmente utilizado em formatos de manta com espessura entre de 10cm e 30cm;

Pedras: pode-se utilizar pedra de mão ou costumeiramente rachão para realizar o preenchimento das telas;

Vegetação: as plantas, em um primeiro momento, não possuem uma função estrutural. Após o seu desenvolvimento assumem um papel de suporte estrutural através de sua trama radicular. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais adequadas para solos úmidos são ideais. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies;

Geotêxtil: para que cumpra a função de filtro, deve-se utilizar o tipo não tecido, produto que apresenta suas fibras dispostas em orientação aleatória, o que impede a livre passagem de água através do geossintético. Os geotêxteis são de fácil instalação, baixo custo, pequena espessura e possibilitam o controle de qualidade permitindo propriedades hidráulicas adequadas, características essas que endossam a utilização deste material em sistemas filtrantes.

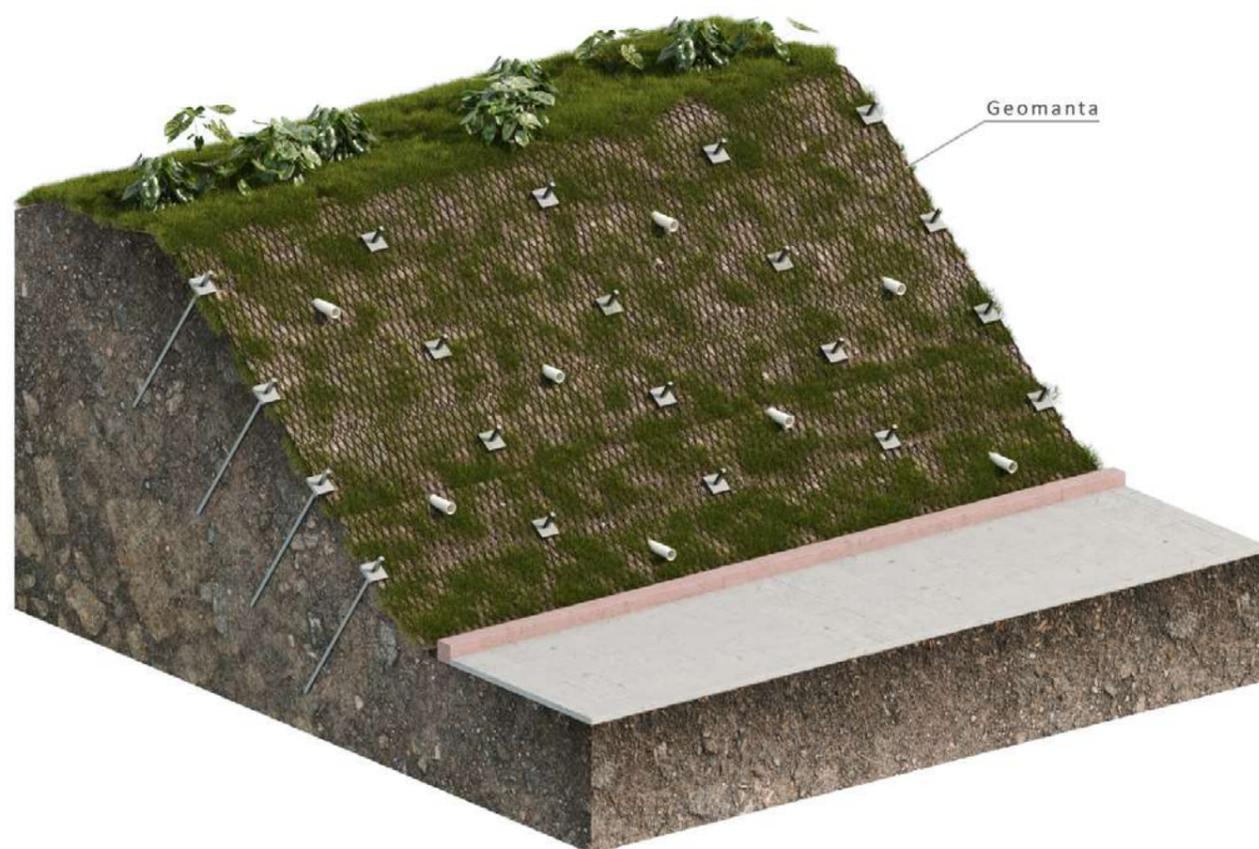
Definição das tipologias de SbN

- Solo Grampeado Verde -



localização estratégica

Encostas ou taludes com declividades elevadas, de até 70 graus, exceto em locais onde há afloramento do leito rochoso.



Geomanta

Definição das tipologias de SbN

- Solo Grampeado Verde-



manutenção

Os cuidados com a manutenção devem ser dirigidos à estrutura. Recomenda-se que seja feito um teste de arrancamento dos grampos para garantir que estes tenham sido instalados conforme o projeto e que quando houver qualquer abertura na tela ou desgaste que seja feito reparo imediato.



custos da implantação

Varição⁴⁵ entre R\$800,00 a R\$1000,00 por m²

As contenções em solo grampeado verde são técnicas utilizadas para estabilizar taludes e encostas e evitar deslizamentos de terra. Elas são compostas por uma série de elementos, como grama, plantas, tela e grampos fixados por meio de injeção de calda de cimento, que são instalados no solo para formar uma espécie de "malha" que ajuda a conter o solo local.

As contenções em solo grampeado verde são uma opção mais natural e paisagisticamente agradável do que outras técnicas de estabilização de encostas mais convencionais, como muretas ou barreiras de concreto. Além disso, elas também podem ser mais eficazes em áreas com solos instáveis, pois a vegetação ajuda a absorver a água e suas raízes criam uma malha superficial, o que pode ajudar a evitar novos deslizamentos.

Figura 69 - Solo Grampeado Verde. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava, 2023

Definição das tipologias de SbN

- Solo Grampeado Verde-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Vegetação adequada: disponibilidade de espécies vegetais adequadas para solos úmidos.

Qualificação de técnico: disponibilidade no mercado de técnicos capacitados com os conhecimentos específicos para análise correta de todas as informações e posterior acompanhamento na execução.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Características do Terreno: : as contenções em solo grampeado verde possuem grande adaptabilidade quanto ao tipo de terreno a serem implantadas, sendo que ocorre uma perda em sua efetividade e custo benéfico quando utilizadas em margens fluviais, já que nessas áreas tem-se uma dificuldade executiva em função da entrada dos maquinários (equipamentos de perfuração para instalação dos grampos, retroescavadeiras para movimentação de materiais, andaimes) e pessoal em margens alagadas e íngremes, tornando-se uma alternativa menos atrativa nesses casos.

Limites de velocidade de escoamento admitido: o material que constitui a malha de grampos e a tela superficial são resistentes a fluxos de água incidentes no dispositivo, porém o preenchimento da malha (solo, areia, pedras) já não suporta fluxos d'água com velocidades elevadas, pois esse fluxo causa carreamento do material de preenchimento, sendo assim indicado para velocidades de até 2,5m/s.

Altura Admitida: sua utilização é indicada para taludes mais altos em relação ao nível do seu pé sendo possível a execução de até 20m de altura, porém ocorre uma perda em sua efetividade e custo-benéfico quando utilizadas em locais com alturas menores já que o custo de mobilização do pessoal e equipamentos é o mesmo para pequenas ou grandes áreas.

Declividade: devido a flexibilidade desta estrutura de contenção, sua

Definição das tipologias de SbN

- Solo Grampeado Verde-

utilização é indicada tanto para terrenos mais suaves quanto íngremes, com até 70 graus de declividade.

Tipo de vegetação: gramíneas ou trepadeiras ajudam a absorver a água precipitada no terreno, e suas raízes criam uma malha superficial, o que pode ajudar a evitar novos deslizamentos.



materiais necessários

Grampos: são usualmente feitos de metal ou plástico e são fixados no solo através de perfurações mecanizadas;

Tela: A manta que recobre a face do talude pode ser executada em tela metálica ou geotêxtil e assim o sistema como um todo trabalha na estabilização do local;

Vegetação: as plantas, em um primeiro momento, não possuem uma função estrutural. Após o seu desenvolvimento assumem um papel de suporte estrutural através de sua trama radicular. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo. Espécies vegetais adequadas para solos úmidos são ideais. Atentar-se às condições climáticas locais para a escolha das espécies.

SOLO GRAMPEADO

Projeto implantado

Figura 70 - Solo Grampeado Verde. Fonte: Solotrat.



Definição das tipologias de SbN

- Contenção em Geocélulas -



localização estratégica

Taludes com declividade elevada, margens fluviais e locais onde há instabilidade.



Geocélulas podem ser preenchidas com substrato para plantio de vegetação ou material granular

Definição das tipologias de SbN

- Contenção em Geocélulas-



manutenção

Recomenda-se, apesar das geocélulas possuírem uma longa vida útil e serem resistentes a danos causados por água, vento e intempéries, se fazer reparos em sua membrana caso haja falhas na costura ou na fixação da mesma no solo para que seja mantida a capacidade funcional do dispositivo.



custos da implantação

Varição⁴⁶ entre R\$500,00 a R\$700,00 por m².

A Contenção em Geocélulas é uma técnica utilizada para estabilizar taludes e margens fluviais, evitando deslizamentos de terra. Elas são compostas por uma série de elementos, como geocélulas (camada colmeia, malha geossintética), areia, pedras, solo, grampos e plantas. A manta de geocélulas pode ser estendida sobre o local a ser contido, sendo ancorada com grampos ou chumbadores no solo que prendem o geossintético ao maciço ou ser executada em camadas sobrepostas, atuando como uma estrutura que foi executada após endentamento no talude, assim uma camada dá suporte a outra até que seja atingida a altura necessária.

As geocélulas são usualmente fabricadas em PEAD ou poliéster com sua malha possuindo um formato celular geralmente de hexágonos, mas há outras formas geométricas. Elas são colocadas no solo em camadas para formar uma espécie de "malha" que ajuda a conter o solo local. A malha possui uma altura variável, onde é possível fazer o preenchimento das células. O preenchimento pode ser de areia, solo ou brita, sendo então adicionado por cima das geocélulas para preencher os espaços entre elas e formar uma superfície sólida. As plantas podem ser inseridas na superfície para ajudar a manter a estabilidade do solo e melhorar a aparência do talude.

Figura 71 - Contenção em Geocélulas. Perspectiva isométrica. Fonte: Guajava,2023.

46

De acordo com a área, projeto e configuração do dispositivo, materiais e mão de obra.

Definição das tipologias de SbN - Contenção em Geocélulas-



desafios possíveis no planejamento e execução:

Instalação: A instalação das geocélulas requer habilidade, equipamentos e mão de obra qualificada para garantir que elas estejam posicionadas corretamente seguindo o projeto.

Drenagem: é importante garantir que principalmente a drenagem superficial do talude esteja funcionando corretamente para evitar acúmulo de água e erosão do solo e preenchimentos.



parâmetros técnicos a serem considerados na escolha

Pedologia/Topografia

Características do Terreno: as contenções em taludes com geocélulas são uma opção eficaz para estabilizar taludes íngremes e margens fluviais com solos instáveis. Elas são leves, fáceis de transportar e de instalar, e podem ser adaptadas a diferentes tipos de terreno e condições locais;

Limites de velocidade de escoamento admitido: o material da malha é resistente a fluxos de água incidentes no dispositivo, porém o preenchimento das células (solo, areia, pedras) já não suporta fluxos d'água com velocidades elevadas, pois esse fluxo causa carreamento do material de preenchimento, sendo assim indicado para velocidades de até 2,5 m/s.

Altura Admitida: devido a flexibilidade desta estrutura de contenção, sua utilização é indicada tanto para taludes mais altos em relação ao nível do seu pé, quanto para margens fluviais mais profundas, sendo possível a execução de até 20m de altura.

Declividade: : devido a flexibilidade desta estrutura de contenção, sua utilização é indicada tanto para taludes mais suaves quanto íngremes, porém ocorre uma perda em sua efetividade e custo-benefício quando se passa de 70 graus de declividade, tornando-se uma alternativa menos atrativa nesses casos.

Tipo de vegetação: a vegetação plantada na superfície cria uma espécie de malha com ramos e raízes ajudando no escoamento das águas superficiais e no carreamento de materiais.

Definição das tipologias de SbN - Contenção em Geocélulas-

Demais dados técnicos:

Pode ser executada em camadas sobrepostas ou na superfície de taludes para atuar na contenção;
O material a ser escolhido para preenchimento pode variar de acordo com o local.



materiais necessários

Manta de geocélulas: esse geotêxtil tem função estrutural neste dispositivo e serve para contenção do preenchimento, possuindo espessura entre 5 a 30cm.

Chumbadores para fixação da manta de geocélulas: : são usualmente feitos de metal ou plástico, fixados no solo através de perfurações entre 20cm e 1m, servindo como parte do sistema de suporte das geocélulas.

Material para preenchimento das células: camada utilizada para o preenchimento das geocélulas, geralmente com brita nº3, mas podendo ser substrato vegetal, areia ou solo compactado.

Vegetação: as plantas, em um primeiro momento, não possuem uma função estrutural. Após o seu desenvolvimento assumem um papel de suporte estrutural através de sua trama radicular. As raízes profundas das plantas também criam canais pelos quais as águas pluviais se infiltram no solo.

CONTENÇÃO EM GEOCÉLULAS

Projeto implantado

Figura 72 - Contenção em Geocélulas. Fonte: Diprotec.



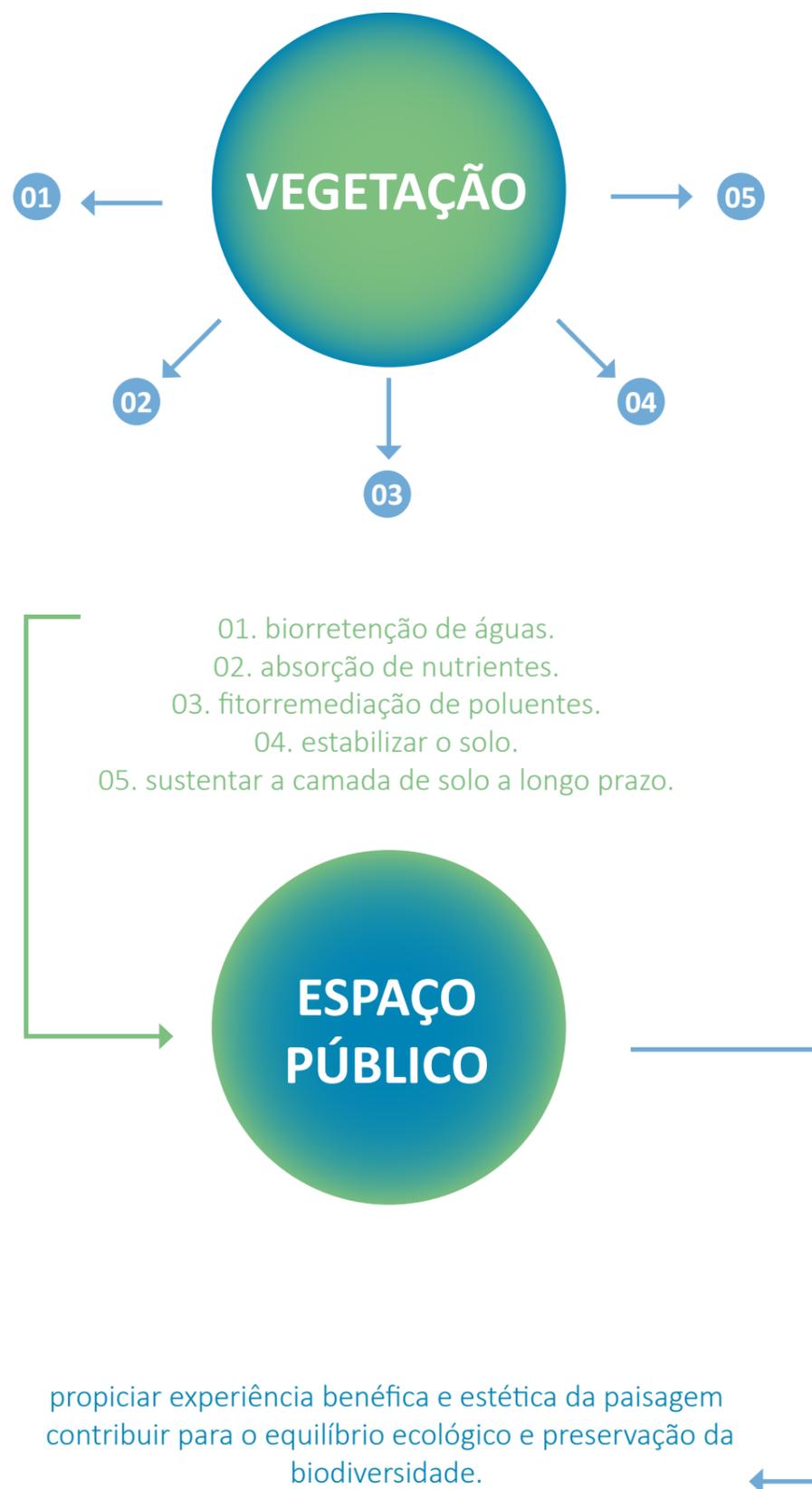


Figura 73: Os principais atributos da vegetação. Fonte: Diagrama autotal.

PASSO 3

Definição de espécies vegetais para as tipologias de SbN.

A escolha adequada das espécies vegetais em projetos de espaços livres que utilizam dispositivos de SbN é de extrema importância, pois as especificidades da vegetação impactam diretamente na eficiência e eficácia dos diferentes sistemas.

O principal atributo esperado da vegetação é: ter a capacidade para biorretenção de águas; de absorver nutrientes; realizar fitorremediação de poluentes; estabilizar o solo e sustentar a camada de solo a longo prazo. No entanto, em se tratando de projetos em espaços públicos, como parques lineares e fluviais, outras características da vegetação tornam-se bastante relevantes, como a capacidade de propiciar ex-

periência benéfica e estética da paisagem, contribuir para o equilíbrio ecológico e preservação da biodiversidade, especialmente, considerando-se a conectividade das áreas verdes dentro de corredores ecológicos.

Os critérios gerais para escolha da vegetação estão relacionados aos seguintes fatores:

- **Clima**

A vegetação adequada para cada dispositivo de SbN é variável de acordo com as regiões onde estão instaladas. Deve-se considerar na escolha as condições climáticas regionais e a resiliência das espécies diante das condições de umidade, seca e ocorrência de tempestades. A priori, as espécies autóctones são mais resistentes às condições climáticas locais e oferecem melhor desempenho.

- **Solo**

A escolha da vegetação deve considerar a camada de solo utilizada para a biorretenção. Por exemplo, em solos com maior concentração de orgânicos a variedade de espécies adequadas será maior, ao passo que, para solos com drenagem rápida (seja por dispositivos de subdrenagem ou por ter solos nativos com altas taxas de infiltração) haverá menos opções de plantas.

- **Pesença de Poluentes**

A escolha da vegetação deve considerar os diferentes poluentes do solo e das águas. Espe-





PRESEÇA DE
POLUENTES

cialmente nas wetlands, as espécies macrófitas oferecem importantes benefícios por sua tolerância aos ambientes eutrofizados e sua alta capacidade de absorção dos poluentes. Especificamente na implantação das tipologias Wetland e nas Ilhas filtrantes a escolha de vegetação merece atenção especial. Por se tratar de sistemas permanentemente ou parcialmente alagados, devem ser utilizadas plantas macrófitas aquáticas, plantas palustres ou plantas que resistem a períodos de alagamento. As macrófitas aquáticas exercem uma função ecológica primordial para a manutenção desses ecossistemas. A escolha das macrófitas está estritamente relacionada às características dos efluentes a serem tratados e da sua disponibilidade na região em que a Wetland será implantada, portanto deve-se priorizar espécies nativas adaptadas às condições locais, para um melhor desempenho.

• Manejo

As espécies que demandam menor manutenção devem ser priorizadas. As macrófitas emergentes, por exemplo, podem permanecer por longos ciclos nos alagados, sem necessidade de poda ou manutenção da zona de raízes. As espécies flutuantes são mais fáceis de serem removidas nos sistemas de fluxo superficial, permitindo um manejo constante da biomassa conforme o crescimento da planta e maior remoção de nutrientes.

• Porte de Vegetação

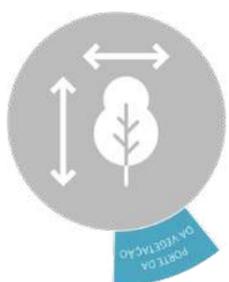
Plantas de variados portes são utilizadas em tipologias de SbN. Mas, o projeto deve considerar a altura da planta na fase adulta. A escolha das espécies arbóreas, por exemplo, deve ser feita na fase de concepção do projeto, considerando os aspectos do solo e da tipologia que permitam crescimento saudável das árvores e suas raízes ao longo do tempo. Se houver árvores previamente no local, suas raízes devem ser protegidas das camadas minerais das SbN para não gerar instabilidade.

• Visibilidade

A localização das árvores deve considerar as in-



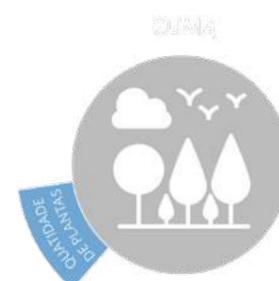
MANEJO



PORTE DA
VEGETAÇÃO



VISIBILIDADE



QUANTIDADE
DE PLANTAS



SUSTENTABILIDADE
ECONÔMICA



MANUTENÇÃO
E MANEJO

fraestruturas existentes, respeitando os recuos necessários. Em instalações onde há interseções com passagens de pedestres e calçadas, por exemplo, a altura máxima de plantas maduras deve ser de aproximadamente 60 cm, para não comprometer a visibilidade dos pedestres. Se estiverem plantadas no fundo da instalação, a altura da planta pode ser maior, desde que não ultrapasse os 60 cm em relação ao nível da rua. O volume da copa e ramificações ao longo da vida da árvore também devem ser considerados para garantir altura livre adequada, tanto na calçada quanto na beira da estrada.

• Quantidade de Plantas

A densidade do plantio vai variar de acordo com o porte da espécie e sua capacidade de propagação, podendo variar de 4 a 8 mudas por m², sendo que para alguns casos de espécies de propagação rápida, como a *Typha domingensis*, em condições ambientais adequadas, pode-se considerar o plantio de 2 mudas por m². Um plantio com densidade adequada é importante para o fechamento do sistema e para evitar manutenção contra espécies invasoras.

• Sustentabilidade Econômica

A escolha de vegetação também deve considerar a sustentabilidade econômica. Recomenda-se, por exemplo, o incentivo ao cultivo de espécies de valor comercial como: forragem para alimentação animal, espécies para produção de fármacos e produtos cosméticos, espécies para produção de fibras para uso artesanal ou industrial como a taboa e espécies florísticas comerciais (estrelícia, antúrio, agapanto e lírio amarelo (MATOS; MATOS, 2021).

• Manutenção e Manejo

Seja qual for o dispositivo de SbN, devem ser priorizadas, na escolha, as espécies que demandem baixa manutenção, minimizando a necessidade de corte, poda, capina e irrigação. Também deve ser evitado o uso de fertilizantes ou pesticidas.

TABELA 4

Atributos da vegetação
por tipologia de SbN

TIPOLOGIAS DE SBN	ATRIBUTOS DA VEGETAÇÃO
Jardim de Chuva Canteiro Pluvial	<ul style="list-style-type: none"> • capacidade para suportar o volume de água esperado para o sistema; • capacidade para suportar exposição direta do sol; • resiliência para suportar períodos de extrema umidade e seca; • ser autóctone (sinergia com clima, solo e condições de umidade locais e não uso de fertilizantes e produtos químicos); • exigência de pouca manutenção; • capacidade para desempenhar mecanismos de fitorremediação.
Biovaletas Escada hidráulica vegetada	<ul style="list-style-type: none"> • capacidade de suportar o volume de água esperado para o sistema; • resiliência para suportar períodos de seca; • alta taxa de evapotranspiração (auxílio na retirada de maior volume de água em curto espaço de tempo); • exigência de pouca manutenção; • raízes profundas e espessas com alta produção de biomassa e remoção de orgânicos; • capacidade de desempenhar mecanismos de fitorremediação.
Terraços de Chuva em Taludes Step Pool	<ul style="list-style-type: none"> • ser vegetação ripária nativa do local; • adaptadas a solos temporário ou permanentemente úmidos e sujeitos a inundações periódicas; • possuir boas condições hídricas, mas sem excesso de água.
Pântano Vegetado Bacia de Detenção Bacia de Retenção Bacia de Infiltração Bacia de Sedimentação Reservatório Anfíbio Wetland Ilha Filtrante	<ul style="list-style-type: none"> • ser nativa e adaptada às condições locais; • exigência de pouca manutenção; • capacidade de sobreviver às cargas de poluição e de sedimentos; • capacidades e desempenhar os mecanismos de biorretenção e fitorremediação; • ser macrófitas (espécies emergentes ou flutuantes) ou terrestres com sistemas densos de raízes ou rizomatosas e cultivadas por hidroponia.

Na **Tabela 4** estão sintetizadas as características específicas necessárias para cada tipologia de SbN:

Muitas espécies botânicas utilizadas em SbN têm como característica de destaque o potencial de biorretenção de poluentes e fitorremediação. Nas **Tabelas 5 e 6** são apresentadas algumas delas que foram identificadas em estudos PINHEIRO, 2017⁴⁶ e em projetos com tipologias de SbN consultados na região Sudeste brasileira. Nessa lista, encontram-se espécies nativas e algumas exóticas naturalizadas e cultivadas, como descritas no item Contribuição para a conservação da biodiversidade.

TABELA 5

ESPÉCIES UTILIZADAS EM JARDIM DE CHUVA,
CANTEIRO PLUVIAL E BIOVALETA

ORIGEM: N (Nativa) Na(Naturalizada) C (Cultivada)

Nome científico Nome popular	Origem	Domínio Fitogeográfico*	Forma de Vida	Ação potencial
<i>Dichondra microcalyx</i> (Hallier f.) Dinheiro-em-penca	N	Mata Atlântica, Pampa	Herbácea	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT
<i>Neomarica caerulea</i> (Ker Gawl.) Sprague Falso-íris	N	Mata Atlântica	Herbácea	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT
<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski Vedélia, picão-da-praia	N	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal	Herbácea	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT
<i>Solidago</i> sp (L) Solidago	N	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa	Herbácea	Fitorremediação de hidrocarbonetos totais do petróleo (TPH), solventes, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos
<i>Costus spiralis</i> (Jacq.) Roscoe Caatinga, cana-branca, jacuanga, cana-de-macaco	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica	Herbácea	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais
<i>Heliconia psittacorum</i> L.f. Helicônia-papagaio, tracoá, planta-papagaio	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal	Herbácea	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais
<i>Ctenanthe setosa</i> (Roscoe) Eichler Maranta-cinza, tenante	N	Mata Atlântica	Herbácea	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais
<i>Alternanthera brasiliiana</i> Lutiela	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica	Herbácea semi-erecta	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais

Nome científico Nome popular	Origem	Domínio Fitogeográfico*	Forma de Vida	Ação potencial
Festuca L. Grama	N	Mata Atlântica, Pampa	Herbácea	Fitorremediação de compostos orgânicos, TPH; HPA, BTEX
Stenotaphrum secundatum (Walter) Kuntze Grama-inglesa, grama-santo-agostinho	N	Caatinga, Mata Atlântica	Herbácea	Tratamento de compostos orgânicos HTP, HPA
Axonopus compressus (Sw.) P. Beauv. Gramam missioneira, grama tapete	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica	Herbácea	Remediação de compostos orgânicos TPH
Allamanda cathartica L. Alamanda amarela, carolina, dedal-de-dama	N	Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica	Arbusto Trepadeira	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais
Senna obtusifolia (L.) H.S.Irwin & Barneby Senna, Mata-pasto, cassia	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal	Arbusto	Tratamento de TPH
Galinsoga parviflora Cav. Picão-branco, fazendeiro	Na	Mata Atlântica	Herbácea	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, sólidos dissolvidos totais
Vertivera zizanioides (L.) Nash Vertiver, capim-vertiver, pachuli	Na	Mata Atlântica	Herbácea	Fitorremediação de metais Al, Mn, Mg, As, Cd, Cr, Ni, Cu, Pb, Hg, Se, Zn, pesticidas; HTP; e explosivos
Brassica juncea (L.) Czern. Mostarda-da-índia	Na	Mata Atlântica	Herbácea	Tratamento de HPAs; As; Cu, Cd, Cr (VI), Ni, Zn; Ni; Se; Hg; Compostos inorgânicos

Nome científico Nome popular	Origem	Domínio Fitogeográfico*	Forma de Vida	Ação potencial
Hemerocalis x hybrida Bergmans Lírio-de-um-dia, hemerocale, lírio-de-são-josé	C	--	Herbácea	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT. Fitorremediação de hidrocarbonetos do Petróleo
Zea mays L. Milho	C	--	Herbácea	Tratamento para TPH; explosivos; pesticidas; e Cd
Alocasia macrorrhizos (L.) G. Don Orelha-de-elefante taiá-rio-ranco; taioba	C	--	Herbácea	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT
Dietes bicolor Sweet ex klatt Moréia bicolor, dietes, moreia	C	--	Herbácea	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT
Dianella ensifolia L. DC Dianela, dracena guarda-chuva	C	--	Herbácea	Biorretenção de óleos e graxas, matéria orgânica, nitrato, nitrito, Fe, Zn, Cu e Cd, e SDT
Com informações de: PINHEIRO, M.B., 2017 e dados de origem de espécies* da base FLORA E FUNGA DO BRASIL (JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO, 2023).. Disponível em: < http://floradobrasil.jbrj.gov.br/ >. Acesso em: 04 jan. 2023				

TABELA 6

**ESPÉCIES UTILIZADAS EM ALAGADOS CON-
STRUÍDOS (wetlands)**

(Bacia de Detenção, Retenção, Infiltração, Sedimentação,
Reservatório Anfíbio, Wetlands, Ilhas Filtrantes)

Nome científico Nome popular	Origem	Domínio Fitogeográfico*	Forma de Vida	Ação potencial no meio ambiente
Ceratophyllum demersum L Rabo-de-raposa	N	Amazônia, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal	Macrófita submersa	Tratamento de metais Cd, As e Ni; Fe, Zn, Mn, Ni, Pb e Cd, (DBO), amônia, nitrato e P; N e P; farmacêuticos ; explosivos ; 137Cs, 60Co, 32P, 134Cs, 89Sr; compostos organofosforados e organoclorados, clorobenzenos
Azolla filiculoides Lam. Musgo d'água, samambaia d'água	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal	Macrófita flutuante	Tratamento de Pb; Hg; Cr e As
Salvinia minima Baker Salvinia minima	N	Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal	Samambaia flutuante	Tratamento de Pb; e N e P de ambiente eutrofizado
Eichhornia crassipes (Mart.) Solms Aguapé, murumuru, mururé, pareci, pavo, rainha-dos lagos	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal	Macrófita flutuante	Fitorremediação de nutrientes N e P; metais Pb, As, Hg, Zn, Se, Cr, Cd, Ni, Cu; metais pesados, compostos orgânicos e inorgânicos (amônia, nitrato e fósforo), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), turbidez e resíduos da indústria; Hidrocarbonetos; Cr, Cu, Cd, Ni, Zn, Hg
Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verdec Pinheirinho d'água	N	Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal	Macrófita submersa enraizada	Tratamento de compostos orgânicos, explosivos; radionuclídeos 137Cs, 60Co e 54Mn
Pistia stratiotes L. Alface d'água	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal	Macrófita flutuante	Tratamento de metais As, Cd, Cu, Ni, Zn, Pb, Cr, Mn, Compostos orgânicos aromáticos e nitrato; antibióticos

Nome científico Nome popular	Origem	Domínio Fitogeográfico*	Forma de Vida	Ação potencial no meio ambiente
Potamogeton L. Limo mestre	N	Caatinga (stricto sensu), Cerrado (lato sensu), Floresta Estacional Semidecidual, Restinga,	Macrófita submersa enraizada	Fitorremediação de organoclorados e explosivos; pesticidas
Typha latifolia L. Taboa	N	Amazônia, Mata Atlântica	Macrófita emergente	Fitorremediação no tratamento de metais Zn, Pb, As e Cd; As, Zn, Cu e Ni; na remoção de compostos orgânico, DBO e DQO; Tratamento de efluentes da indústria têxtil; explosivos; e possui capacidade de remover pesticidas, explosivos e farmacêuticos
Typha domingensis Pres. Taboa, taboa-estreita	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal	Macrófita emergente	Tratamento de metais Cr, Ni, Zn e P); metais pesados, Sólidos Suspensos Totais (SST), DBO; Nitrogênio Kjeldahl, Al, Fe, Zn e Pb
Typha angustifolia L. Taboa	N	Cerrado, Mata Atlântica	Macrófita emergente	Tratamento da DBO, SDT e metais Pb, Mn, Zn e Cu ; e tratamento de esgoto
Bolboschoenus robustus Junco de pântano, junco costeiro	N	Mata Atlântica e Pampa	Macrófita Aquática	Tratamento de Hidrocarbonetos Totais do Petróleo (TPH) .Obs: Sementes servem de alimento para aves aquáticas, além de abrigo para caranguejos e para reprodução de patos
Thalia geniculata L. Caeté	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal	Macrófita Aquática	Biorretenção de Fe, Mn, Cd, Ni, Pb, Cu, Mg

Nome científico Nome popular	Origem	Domínio Fitogeográfico*	Forma de Vida	Ação potencial no meio ambiente
Canna indica L. Beri, Biri, Bananeirinha	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal	Herbácea	--
Pontederia cordata Mururé, Aguapé	N	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal	Aquática	--
Sagittaria montevidensis Aguapé-de-flecha, Sagitária	N	Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa	Aquática	Fitorremediação de:Cu
Cyperus papyrus L. Mini papyrus	Na	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal	Aquática	--

Com informações de: PINHEIRO, M.B., 2017 e dados de origem de espécies* da base FLORA E FUNGA DO BRASIL (JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO, 2023).. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 04 jan. 2023

Especificamente em taludes e no margeamento de cursos d'água é imprescindível a introdução de espécies que auxiliam a combater a erosão e que contribuem na recuperação de mata ciliar. Para essa restauração ecológica, há uma grande variedade de espécies nativas. O governo do estado de São Paulo, por exemplo, elaborou uma lista (BARBOSA, LM et al., 2017) com mais de 2.951 espécies de todas as formas de vida vegetal, sendo as espécies arbóreo-arbustivas especialmente indicadas para a produção de mudas pelos viveiros.

Adequação ecológica em parques e jardins públicos

Além de atuar no funcionamento de SbN, a vegetação em parques e espaços públicos exerce outros papéis como o de estruturar a paisagem,

de proporcionar bem-estar humano, por meio dos diversos serviços ecossistêmicos e por sua importância simbólica e cultural; e de contribuir para a conservação da biodiversidade, uma vez que é abrigo e fonte de alimento para a fauna.

Dadas as especificidades e complexidades ecológicas de cada região, a escolha das espécies no projeto de parques deve ser respaldada sempre pelo conhecimento técnico de experientes paisagistas, engenheiros florestais, botânicos e ecólogos. Considerado a dinâmica da interação entre as espécies, a vegetação do parque deve ser alvo de contínuos estudos e monitoramento, de maneira a reorientar manejos e novos plantios.

Sob visão ecológica sistêmica, três critérios se entrelaçam na escolha da vegetação em projetos paisagísticos de parques:

PROMOÇÃO DE BEM-ESTAR À POPULAÇÃO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A vegetação dos parques promove diretamente o bem-estar dos visitantes, seja pelo conforto térmico promovido pela sombra da copa de árvores, pelo aroma e detalhes estéticos e compositivos da paisagem e até por aspectos simbólicos para uma determinada região ou cultura. Para potencializar esses benefícios, a escolha da vegetação de parques deve permear a possibilidade de ações socioeducativas, como jardins sensoriais ou medicinais, jardins para polinizadores (borboletários e meliponários), passeios de observação de pássaros, entre outros

CONTRIBUIÇÃO PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

O bioma de origem é o requisito básico na escolha de espécies em projetos paisagísticos de parques. As espécies nativas devem ser privilegiadas em relação às exóticas, uma vez que apresenta vantagens tanto do ponto de vista ecológico como econômico:

- **Vantagens das espécies nativas:** contribuem para conservação da biodiversidade (oferta alimentos e abrigo à fauna); são de fácil acesso e reprodução em viveiros municipais; conferem maior adaptabilidade ao clima e solo; possuem melhor desenvolvimento metabólico; produzem mais flores e frutos saudáveis.

- **Desvantagens das espécies exóticas:** são suscetíveis à propagação descontrolada; ameaça espécies nativas do bioma; exige mais esforços (e custo) para controle; são mais suscetíveis às doenças e pragas. Espécie exótica, de acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica, é aquela que se encontra fora de sua área de distribuição natural e não é originária de um bioma. As exóticas podem ser classificadas como “naturalizadas”, “cultivadas” ou “invasoras”. São consideradas “invasoras” as espécies que, com alta taxa de reprodução, ameaçam ecossistemas, habitats e espécies nativas. Elas se reproduzem de forma descontrolada, concorrendo com as espécies nativas e ameaçando

sua existência. Há ainda as exóticas “naturalizadas”, que se reproduzem naturalmente em um novo bioma, porém sem ameaçar a sobrevivência de espécies nativas. E as “cultivadas” que foram reproduzidas com auxílio humano fora da sua área de distribuição natural.

Cabe destacar que, nem todas as espécies exóticas apresentam potencial de causar desequilíbrio ecológico ou ameaçar a conservação dos biomas nativos. Contudo, **toda e qualquer espécie exótica em área de conservação necessita de constante e adequado controle e manejo para que não se torne invasora.**

Vários municípios brasileiros e suas unidades de conservação estabelecem listas de espécies exóticas invasoras em seus domínios, periodicamente atualizadas, as quais devem ser consultadas pelas equipes responsáveis pelos projetos e manejo de parques. Além de ameaçar biomas nativos, as “invasoras” demandam alto custo aos cofres públicos para o necessário controle biológico em unidades de conservação.

Os exemplos mais conhecidos são da espécie Leucena (*Leucaena leucocephala*), originária da América Central, e da australiana Palmeira-seafortia (*Archontophoenix cunninghamiana*). Na ausência de um plano nacional único para controle de espécies invasoras, muitos municípios brasileiros e suas unidades de conservação estabelecem o levantamento de espécies exóticas invasoras e ações para o manejo e supressão.

O município de Campinas informa a lista de espécies exóticas em seu domínio por meio da Resolução nº 12, de 22/10/2015-SVDS (PREFEITURA DE CAMPINAS, 2015); o município do Rio de Janeiro listou suas espécies no Programa Municipal de Controle de Espécies Exóticas Invasoras Vegetais, por meio do decreto 33.814, de 18 de maio de 2011. (DIÁRIO OFICIAL DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, 2014).

ATRAÇÃO DE FAUNA POLINIZADORA

Os polinizadores e a polinização oferecem serviços ecossistêmicos (POTTS et al., 2016; COSTANZA et al., 2017), com funções regulatórias

(ajudam a manter a variabilidade genética de populações de plantas nativas que sustentam a biodiversidade e as funções ecossistêmicas); de provisão alimentícia (fornecem frutos, sementes, mel, entre outros alimentos); e cultural (promove valores culturais relacionados ao conhecimento tradicional).

Em espaços livres de uso público, como os parques e jardins, as espécies botânicas com flores e frutos que atraem fauna polinizadora – como abelhas, pássaros, borboletas, besouros, morcegos, entre outros – merecem atenção especial devido a contribuição dada à conservação da biodiversidade (MMA, 2006) e pelas experiências benéficas que podem proporcionar ao público visitante, como contemplação e experimentação sensorial da natureza e seus processos (MORAES, 2020).

Nesse sentido, os projetos paisagísticos amigáveis aos polinizadores permitem a criação de espaços que funcionam como “escolas-vivas” – os chamados “jardins para polinizadores” – que são cenários propícios às atividades de educação ambiental e de observação e conservação da biodiversidade.

Espécies Para Atração De Polinizadores

A seguir estão listadas algumas espécies selecionadas de estudos de áreas verdes quanto à interação de flora e fauna com ação polinizadora no domínio da região Sudeste Brasileira (GOBATTO; PEREIRA; CHAGAS, 2021). Elas estão identificadas por nome científico, família botânica, nome popular e classificadas quanto a sua: origem (nativas, cultivadas e naturalizadas); tipo de vida (herbácea, arbustiva, arbórea, palmácea, aquática e macrófita); características botânicas (porte, luminosidade e período de floração); usos paisagísticos; e tipo de polinizadores visitantes.

Herbáceas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	01	02	03	04	05
NOME CIENTÍFICO	<i>Pachystachys lutea</i> Nees [Acanthaceae]	<i>Ruellia brevifolia</i> (Pohl) C.Ezcurra [Acanthaceae]	<i>Ruellia makoyana</i> Ja- cob-Makoy ex Closon [Acanthaceae]	<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski [Asteraceae]	<i>Bidens sulphurea</i> [Asteraceae]
NOME POPULAR	Camarão amarelo	Pingo-de-sangue	Planta-veludo	Vedélia; Picão-da-praia	Cosmo amarelo
ORIGEM	N	N	N	N	N
PORTE (AXD)	1,00 x 0,50	0,70 x 0,50	0,30 x 0,45	0,60 x 0,20	0,80 x 0,30
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol Meia-Sombra	Pleno Sol Meia-Sombra	Meia-Sombra	Pleno Sol Meia-Sombra	Pleno Sol
FLORAÇÃO	Primavera Verão	Ano Todo	Primavera Verão	Ano todo	Ano todo
USO PAISAGISMO	Cerca-viva Maciços	Maciços	Maciços	Maciço Cobertura de Talude	Maciço Canteiro
POLINIZADOR ou VISITANTE	Abelha Beija-flor	Abelha Beija-flor	Abelha Beija-flor	Abelha Borboleta	Abelha Borboleta

Figura 74- Mosaico de imagens de espécies herbáceas que atraem polinizadores.
 (Fonte: istockphoto.com)

Crédito de imagens : 1) Sviatlana Zyhmantovich; 2) Mirwanto Muda ;3) Firn; 4) Wirestock; 5) Sarno Markosasi; (Fonte: istockphoto.com)

Herbáceas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	06	07	08	09	10
NOME CIENTÍFICO	<i>Heliconia hirsuta</i> “Burle marxii” [Heliconiaceae]	<i>Salvia guaranitica</i> A. St-Hill ex Benth [Lamiaceae]	<i>Salvia splendens</i> Sellow ex Wied-Nuew [Lamiaceae]	<i>Arachis repens</i> Handro [Leguminosae]	<i>Nothoscordum gracile</i> (Aiton) Stearn [Amaryllidaceae]
NOME POPULAR	Caeté Pacová pequena	Sálvia-azul	Sálvia-vermelha	Grama-amendoim	Alho-silvestre Cebolinha-de-perdiz
ORIGEM	N	N	N	N	N
PORTE (AXD)	2,00 x 1,00	1,6 x 0,20	0,80 x 0,20	0,20 x 0,30	0,80 x 0,30
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol Meia Sombra	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol
FLORAÇÃO	Verão Outono	Primavera Verão	Ano todo	Primavera Verão	Outono Inverno
USO PAISAGISMO	Maciço Renque	Cerca-viva Isolada	Maciço Canteiro	Cobertura solo	Maciço Jardim Medicinal
POLINIZADOR ou VISITANTE	Beija-flor	Abelha Beija-flor Borboleta Libélula	Abelha Beija-flor Borboleta Libélula	Abelha	Abelha

Figura 75- Mosaico de imagens de espécies herbáceas que atraem polinizadores.
 (Fonte: istockphoto.com)

Crédito de imagens : 6) Rahmad Wijaya ; 7) Photohamster; 8) Liane M; 9) Julio Cesar Pires; 10) Deny Novan; (Fonte: istockphoto.com)

Herbáceas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	11	12	13	14	15
NOME CIENTÍFICO	<i>Thunbergia mysorensis</i> [Acanthaceae]	<i>Clivia miniata</i> Regel [Amaryllidaceae]	<i>Bulbine frutescens</i> (L.) Willd. [Asphodelaceae]	<i>Ageratum conyzoides</i> L. [Asteraceae]	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. [Asteraceae]
NOME POPULAR	Sapatinho-de-judia	Clivia	Bulbine	Mentrasto Erva-de-são-joão	Margarida
ORIGEM	Na	Na	Na	Na	Na
PORTE (AXD)	20,00 x 1,00	0,60 x 0,40	0,30 x 0,30	1,00 x 0,30	0,60 x 0,20
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol	Meia-sombra	Pleno Sol	Pleno Sol Meia-sombra	Pleno Sol Meia-sombra
FLORAÇÃO	Primavera Verão	Primavera	Ano todo	Outono	Verão Outono
USO PAISAGISMO	Pergolado	Bordadura	Bordadura Maciço	Canteiro Jardim Medicinal	Canteiro Bordadura Maciço
POLINIZADOR ou VISITANTE	Abelha Beija-flor	Abelha	Abelha Borboleta	Abelha Borboleta	Abelha Borboleta

Figura 76 - Mosaico de imagens de espécies herbáceas que atraem polinizadores.
 (Fonte: istockphoto.com)

Crédito de imagens : 11) Kateryna Kukota; 12) Natalie Board; 13) Igaguri_1; 14) Bush Alex; 15) Iva Vagnerova; (Fonte: istockphoto.com)

Herbáceas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	16	17	18	19	20
NOME CIENTÍFICO	<i>Tagetes filifolia</i> Lag. [Asteraceae]	<i>Podranea ricasoliana</i> (Tanfani) Sprague [Bignoniaceae]	<i>Aechmea blanchetiana</i> [Bromeliaceae]	<i>Tradescantia pallida</i> Boom [Commelinaceae]	<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav. [Malvaceae]
NOME POPULAR	Cravinho-da-serra	Sete-léguas	Bromélia	Coração-roxo Trapoeraba-roxa	Malvavisco Hibisco-colibri
ORIGEM	Na	Na	Na	Na	Na
PORTE (AXD)	0,90 x 0,30	10,00 x 1,00	1,00 x 0,60	0,25 x 0,10	4,00 x 1,00
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol Meia-sombra	Pleno Sol	Meia-sombra	Pleno Sol	Pleno Sol
FLORAÇÃO	Ano todo	Ano todo	Verão	Ano todo	Ano todo
USO PAISAGISMO	Macizo Canteiro Cobertura Talude	Pergolado	Isolada Canteiro	Bordadura Cobertura solo	Cerca-viva Bordadura
POLINIZADOR ou VISITANTE	Abelha Borboleta	Abelha Borboleta Besouros Pássaros	Abelha Besouros Pássaros	Abelha	Abelha Beija-flor Borboleta Pássaros

Figura 77 - Mosaico de imagens de espécies herbáceas que atraem polinizadores. (Fonte: istockphoto.com)

Crédito de imagens : 16) Martina Unbehauen; 17) Santi Wiwatchaikul; 18) Simona Flamigni 19) Ar-mankose 20) E46AV22 (Fonte: istockphoto.com)

Herbáceas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	21	22	23	24	25
NOME CIENTÍFICO	<i>Ipomoea horsfalliae</i> Hook. [Asteraceae]	<i>Pelargonium x hortorum</i> L.H.Bailey [Geraniaceae]	<i>Pentas lanceolata</i> (Forssk.) Defflers [Rubiaceae]	<i>Cobaea scandens</i> Cav. Polemoniace	<i>Persicaria capitata</i> H. Gross [Polygonaceae]
NOME POPULAR	Ipomeia-rubra Trepadeira-cardeal	Gerânio	Show-de-estrelas Estrela-do-Egito	Cobeia Estefânia	Tapete-inglês
ORIGEM	C	C	C	C	C
PORTE (AXD)	6,00 x 1,00	0,60 x 0,30	0,60 x 0,30	4,00 x 0,30	0,20 x 0,15
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol	Meia-sombra	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol Meia-sombra
FLORAÇÃO	Primavera Verão	Primavera Verão	Verão Outono	Verão	Ano todo
USO PAISAGISMO	Pergolado	Canteiro Bordadura	Maciço Bordadura	Pergolado	Cobertura solo Cobertura talude
POLINIZADOR ou VISITANTE	Abelha Borboleta Beija-flor	Abelha Borboleta	Beija-flor Borboleta	Abelha	Abelha

Figura 78- Mosaico de imagens de espécies herbáceas que atraem polinizadores.
 (Fonte: istockphoto.com)

Crédito de imagens : 21) Albin Raj 22) Michael Meijer 23) Dani VG24) Weisschr 25) Teddiviscious.
 (Fonte: istockphoto.com)

Arbustivas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	26	27	28	29	30
NOME CIENTÍFICO	<i>Callistemon viminalis</i> (Sol. ex.Gaertn) G.Don [Myrtaceae]	<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd. [Nyctaginaceae]	<i>Thunbergia erecta</i> (Benth.) T. Anderson [Acanthaceae]	<i>Allamanda laevis</i> Markgr [Apocynaceae]	<i>Osmanthus fragans</i> (Thunb.) Lour. [Oleaceae]
NOME POPULAR	Escova-de-garrafa	Primavera	Manto-de-rei	Alamanda arbustiva	Jasmim-do-imperador
ORIGEM	C	N	N	N	Na
PORTE (AXD)	15,0 x 2,00	5,00 x 2,00	3,00 x 0,50	3,00 x 1,00	4,00 x 2,00
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol	Outono Inverno	Pleno Sol Meia-sombra	Pleno Sol	Pleno Sol
FLORAÇÃO	Primavera Verão	Outono Inverno	Ano todo	Ano todo	Primavera Verão
USO PAISAGISMO	Isolado Cerca-Viva	Cerca-viva Pergolado	Maciço Cerca-viva	Cerca-viva	Isolado
POLINIZADOR ou VISITANTE	Beija-flor Pássaros	Beija-flor Borboletas	Abelha Beija-flor	Abelha Beija-flor	Abelha

Figura 79 - Mosaico de imagens de espécies arbustivas que atraem polinizadores. (Fonte: istockphoto.com)

Crédito de imagens : 26) K.Samurkas; 27) Jian Yi Liu; 28) Wahid Hasyim Asyari; 29) Chi Wai Chevy Wan; 30). (Fonte: istockphoto.com)

Arbustivas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	31	32	33	34	35
NOME CIENTÍFICO	<i>Duranta erecta</i> L. [Verbenaceae]	<i>Lantana camara</i> L. [Verbenaceae]	<i>Rosa x grandiflora</i> Hort. [Rosaceae]	<i>Holmskioldia sanguinea</i> Retz [Lamiaceae]	<i>Ixora coccinea</i> L. [Rubiaceae]
NOME POPULAR	Pingo-de-ouro	Cambará-amarelo	Rosa, Rosa arbustiva	Chapéu-chines	Ixora-coral
ORIGEM	Na	Na	C	C	C
PORTE (AXD)	1,50 x 1,00	2,00 x 0,60	2,00 x 0,50	5,00 x 3,00	3,00 x 0,50
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol
FLORAÇÃO	Primavera Verão	Ano todo	Ano todo	Primavera Verão	Outono Inverno
USO PAISAGISMO	Maciço Renque	Maciço Canteiro	Maciços Isolado	Cerca-viva	Maciço Cerca-viva Renque
POLINIZADOR ou VISITANTE	Borboleta	Borboleta	Abelha Beija-flor	Beija-flor	Abelha Beija-flor

Figura 80- Mosaico de imagens de espécies arbustivas que atraem polinizadores.
 (Fonte: istockphoto.com)

Crédito de imagens : 26) K.Samurkas; 27) Jian Yi Liu; 28) Wahid Hasyim Asyari 29) Chi Wai Chevy Wan;
 30). (Fonte: istockphoto.com)

Arbóreas e Palmáceas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	36	37	38	39	40	41
NOME CIENTÍFICO	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb. [Solanaceae]	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine [Myrtaceae]	<i>Cordia superba</i> [Boraginaceae]	<i>Cordia ecalyculata</i> [Boraginaceae]	<i>Peltophorum dubium</i> [Fabaceae]	<i>Psidium guajava</i> [Myrtaceae]
NOME POPULAR	Fedegoso Cassia candelabro	Araçá-amarelo	Babosa branca	Café de Bugre	Canafístula	Goiaba
ORIGEM	N	N	N	N	N	N
PORTE (AXD)	3,00 x 0,80	6,00 x 3,00	7,00 x 4,00	16,00 x 5,00	25,00 x 5,00	6,00 x 3,00
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol
FLORAÇÃO	Outono	Inverno Primavera Verão	Primavera Verão	Primavera Verão	Verão	Primavera Verão
USO PAISAGISMO	Isolado Bosque	Isolado Bosque	Isolado Bosque	Isolado Bosque	Isolado Renque	Isolado Pomar Bosque
POLINIZADOR ou VISITANTE	Abelha	Abelha Passáros	Abelha	Abelha	Abelha	Abelha Passáros

Figura 81 - Mosaico de imagens de espécies arbóreas e palmáceas que atraem polinizadores.
 (Fonte: istockphoto.com)

Crédito de imagens : 36) Mansum008; 37) Oscar Yoshinori Toyofuku; 38) Nathalia de Franca Guimaraes; 39) Walter Medina (CC) ; 40) Nataly Hanin; 41) Sommai photo. (Fonte: istockphoto.com)

Arbóreas e Palmáceas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	42	43	44	45	46
NOME CIENTÍFICO	<i>Eugenia brasiliensis</i> [Myrtaceae]	<i>Marlierea edulis</i> [Myrtaceae]	<i>Inga vera</i> subsp. <i>affinis</i> [Fabaceae-Mimosoideae]	<i>Bauhinia forficata</i> [Fabaceae-Cercideae]	<i>Paubrasilia echinata</i> [Fabaceae/Caesalpinioideae]
NOME POPULAR	Grumixama	Cambucá	Ingá	Pata de Vaca	Pau-Brasil Ornamental
ORIGEM	N	N	N	N	N
PORTE (AXD)	15,00 x 4,00	20,00 x 4,00	10,00 x 4,00	9,0 x 4,00	25,00 x 5,00
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol
FLORAÇÃO	Primavera Verão	Primavera Verão	Inverno Primavera Verão	Primavera Verão	Primavera Verão
USO PAISAGISMO	Isolado Renque	Isolado Pomar Mata Ciliar	Isolado	Isolado Renque	Isolado
POLINIZADOR ou VISITANTE	Abelha Pássaros	Abelha	Abelha	Abelha	Abelha

Figura 82 - Mosaico de imagens de espécies arbóreas e palmáceas que atraem polinizadores. (Fonte: istockphoto.com)

Crédito de imagens : 42) Murilo Gualda ; 43) Nancy Ayumi; 44) g01xm; 45) Alfribeiro; 46); Julcía Camillo. (Fonte: istockphoto.com)

Arbóreas e Palmáceas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	47	48	49	50	51
NOME CIENTÍFICO	<i>Senna multijuga</i> [Fabaceae/Caesalpinioideae]	<i>Libidibia ferrea</i> [Fabaceae/Caesalpinioideae]	<i>Tibouchina mutabilis</i> [Melastomataceae]	<i>Syagrus romanzoffiana</i> [Arecaceae]	<i>Euterpe edulis</i> [Arecaceae]
NOME POPULAR	Pau Cigarra	Pau-Ferro	Manacá-da-serra	Jerivá	Jussara
ORIGEM	N	N	N	N	N
PORTE (AXD)	10,0 x 4,00	15,0 x 4,00	12,0 x 3,00	15,00 x 4,00	12,00 x 4,00
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol
FLORAÇÃO	Verão Outono Inverno	Primavera Verão	Verão	Primavera Verão	Primavera Verão
USO PAISAGISMO	Isolado Renque	Isolado Renque	Isolado Renque	Isolado Renque	Isolado
POLINIZADOR ou VISITANTE	Abelha	Abelha	Abelha Borboleta	Abelha Pássaros Pequenos roedores	Abelha Pássaros

Figura 83 - Mosaico de imagens de espécies arbóreas e palmáceas que atraem polinizadores. (Fonte: istockphoto.com)

Crédito de imagens : 47) PeterEtchells; 48) Elis Cora ;49) Cassia Bars ; 50) Nancy Ayumi ; 51) Nancy Ayumi. (Fonte: istockphoto.com)

Arbóreas e Palmáceas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	52	53
NOME CIENTÍFICO	Mauritia Flexuosa [Arecaceae]	Acrocomia aculeata [Arecaceae]
NOME POPULAR	Buriti	Macaúba, Mucajá
ORIGEM	N	N
PORTE (AXD)	35,00 x 4,00	15,00 x 4,00
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol	Pleno Sol
FLORAÇÃO	Verão Outono	Primavera Verão
USO PAISAGISMO	Isolado Renque	Isolado Renque
POLINIZADOR ou VISITANTE	Pássaros Besouros	Pássaros Besouros

Figura 84 - Mosaico de imagens de espécies arbóreas e palmáceas que atraem polinizadores.
 (Fonte: istockphoto.com)
 Crédito de imagens : 52) Oscar Yoshinori Toyofuku; 53) Marianogueira. (Fonte: istockphoto.com)

Aquáticas e Macrófitas

ORIGEM: N (Nativa)
 Na(Naturalizada)
 C (Cultivada)
 PORTE: A (Altura fase adulta) x D (Diâmetro).



N°	54	55	56	57	58
NOME CIENTÍFICO	<i>Cyperus papyrus</i> L [Cyperaceae]	<i>Thalia geniculata</i> L. [Marantaceae]	<i>Canna indica</i> L. [Cannaceae]	<i>Sagittaria montevidensis</i> [Alismataceae]	<i>Pontederia cordata</i> [Commelinales]
NOME POPULAR	papyrus	Caeté	Beri, Biri, Bananeirinha	Sagitária Aguapé-de-flecha	Mururé, Aguapé
ORIGEM	Na	N	N	N	N
PORTE (AXD)	1,00 x 0,50	2,00 x 0,40	1,20 x 0,30	0,90 x 0,40	0,90 x 0,40
ILUMINAÇÃO	Pleno Sol	Pleno Sol Meia sombra	Pleno Sol	Pleno Sol	Pleno Sol Meia Sombra
FLORAÇÃO	Primavera, Verão Outono	Primavera Verão Outono	Primavera Verão	Primavera Verão	Verão
USO PAISAGISMO	Lagos Borda de Lagos	Lagos Borda de Lagos	Maçços Bordaduras Renques	Lagos	Lagos
POLINIZADOR ou VISITANTE	Abelha Beija-flor Mariposa	Abelha Beija-flor	Borboleta Beija Flor Morcego	Libélula	Abelhas
RECOMENDAÇÕES DE MANEJO	A despeito das vantagens ecológicas das espécies citadas – seja pelas propriedades de fitorremediação ou de atração e visitação de fauna polinizadora – é recomendável o monitoramento constante no intuito de identificar se há crescimento anormal ou reprodução descontrolada, suas causas e se são necessárias ações de manejo, como supressão ou substituição de espécies.				

Figura 85 - Mosaico de imagens de aquáticas macrófitas que atraem polinizadores. (Fonte: istockphoto.com)

Crédito de imagens: 54) Noppharat; 55)kendoNice; 56)Jobrestful; 57) shihina; 58) kj2011; 59)RPFerreira. (Fonte: istockphoto.com)



Figura 86: Fonte: Vasanth Babu, Pexels.

PASSO 4

Mensuração dos Serviços Ecológicos e Benefícios Sociais Pós-Implantação.

Embora não haja unanimidade na comunidade científica quanto ao entendimento das áreas verdes urbanas como parte de um ecossistema, é crescente o interesse na compreensão sobre provisionamento dos serviços ecológicos por áreas verdes urbanas (SANDRE, 2022), particularmente dentro do contexto da rede de infraestrutura verde de espaços livres públicos (parques, florestas e praças urbanas e árvores associadas ao sistema viário) e privados (áreas ajardinadas privadas).

Este Catálogo considera a concepção de áreas verdes urbanas como parte de um ecossistema e, portanto, provém serviços ecológicos. Nesse sentido, também considera que os dispositivos de SbN presentes em áreas verdes fornecem vários serviços ecológicos, sejam eles culturais, de provisão ou de regulação (**Tabela 7**), e que há uma complexidade inerente a sua mensuração em áreas urbanas.

Variáveis para Mensuração dos Serviços Ecosistêmicos

O estudo de provisão de serviços ecossistêmicos procura estimar o efeito positivo gerado pelo projeto no incremento de processos ecológicos benéficos para a sociedade humana como, por exemplo, o aumento de sequestro de carbono, a melhoria no conforto ambiental ou ainda o aperfeiçoamento da drenagem urbana a partir da implantação de uma SbN.

As estimativas de geração de benefícios por incremento de serviços ecossistêmicos usualmente envolvem a oferta potencial desses serviços – enquanto a capacidade máxima hipotética otimizada de uma área específica de fornecer um conjunto específico de benefícios dentro de um determinado período. Esta variável difere, por exemplo, da capacidade efetiva de uma área específica de fornecer um conjunto específico de benefícios dentro de um determinado período realmente utilizado (BURKHARD et al., 2012); informação que só pode ser obtida mediante monitoramento detalhado dos processos ecológicos, algo nem sempre possível por razões orçamentárias e operacionais.

As estimativas de benefícios advindos do incremento da provisão de Serviços Ecosistêmicos por SbN, geralmente, não se basear em simplificações e aproximações, ainda que seja fundamental buscar-se a máxima redução das incertezas durante este processo de inferência.

Neste âmbito, o sequestro e armazenamento de carbono terrestre é talvez o mais amplamente reconhecido de todos os serviços ecossistêmicos (EGGLESTON, 2006). Para um cálculo

DESCRIÇÃO:

Tabela 7- Serviços Ecosistêmicos urbanos realizados por dispositivos de SbN em projetos de infraestrutura verde em espaços livres. (Fonte: SANDRE, 2022, baseados em de COSTANZA et al., 2017). (ver ao lado)

CATEGORIA	TIPO DE SERVIÇO ECOSISTÊMICO	DESCRIÇÃO
Culturais	Recreação, espirituais, educacionais, patrimônio.	Voltados à apreciação estética, valores recreativos, educacionais, paisagens culturalmente importantes
	Alimentação.	Plantas comestíveis
Provisão	Fibra e energia.	Presença de espécies com potencial uso de madeira, combustível ou matéria-prima
	Regulação hídrica Água (Proteção contra inundações e alagamentos e melhoria da qualidade).	Quantidade de água (diminuição do escoamento superficial e dos riscos de inundação) Qualidade (Papel da biota e processos abióticos na remoção ou quebra de matéria orgânica, nutrientes xênicos e compostos)
Regulação	Regulação da qualidade do ar.	Redução da poluição Capacidade do ecossistema de extrair substâncias químicas da atmosfera (ozônio, partículas sólidas)
	Regulação do clima local.	Influência dos ecossistemas na temperatura local por meio de cobertura vegetal.
	Regulação do clima global.	Influência dos ecossistemas na temperatura global por meio de cobertura vegetal pela redução das concentrações de gases de efeito estufa (enfoque exclusivo em sequestro de carbono)
	Polinização e dispersão.	Abundância e efetividade de agentes polinizadores, possibilitando a fertilização de flores e a produção de frutos, legumes e grãos.
	Controle biológico de pragas	Controle de pragas por regulação trófica

detalhado de volume de carbono armazenado e de taxas de sequestro de carbono, são necessários estudos empíricos e equações matemáticas que levem em conta fatores como arranjo de plantio urbano, efeito de borda e de variabilidade de espécies e espécimes. Por exemplo, a capacidade de sequestro de carbono e interceptação de água da chuva de uma árvore variam não só conforme a espécie, mas entre espécimes (tamanho da copa, maturidade, condições edáficas) e seu local de plantio. É necessário entender, para tanto, no que difere o retorno de um conjunto exclusivo de um elemento arbóreo a um conjunto com uma riqueza deles e quais são os melhores arranjos espaciais para cada uma das tipologias de SbN (por exemplo, jardins de chuva) para a biomassa (SANDRE, 2022).

Para simplificar o processo de geração de estimativas quantitativas dos processos de armazenagem e sequestro de carbono, podem ser utilizados modelos que calculam os volumes armazenados e/ou as taxas de acúmulo de carbono na vegetação mediante a utilização de duas variáveis básicas: 1) os valores médios de armazenagem de carbono para cada tipologia de SbN por unidade de área (valores obtidos na literatura ou mediante mensurações em campo) e 2) a extensão territorial da área sobre intervenção. Um exemplo é o modelo InVEST Carbon Storage and Sequestration (TALLIS, 2010; STANFORD UNIVERSITY, 2022), que pode considerar até 4 diferentes “reservatórios de carbono” (biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, solo e biomassa morta).

Já a interceptação das águas das chuvas varia conforme o arranjo do plantio de árvores, de maneira que a copa reduz o escoamento superficial e a erosão do solo pela amenização do impacto das gotas das chuvas, e as raízes, que

DESCRIÇÃO:

.....
Tabela 8- Descrição de Serviços Ecosistêmicos por demanda e oferta de projeto de paisagem. Fonte: SANDRE, 2022. (ver ao lado)

SERVIÇO ECOSISTÊMICO	FATORES QUE INFLUENCIAM A DEMANDA	INDICADORES FUTUROS FATORES QUE INFLUENCIAM A OFERTA
Conforto Térmico e Ambiental ⁴⁷	Densidade populacional exposta a temperaturas extremas	Diferença de temperatura (C°) do ar e superficial entre as áreas ensolaradas, sombreadas e/ou próximas a elementos hídricos
	Temperatura equivalente percebida (TEP)	Diminuição da temperatura pela cobertura das árvores (°C)
		Temperatura equivalente percebida (TEP)
Redução da Concentração de Gases do Efeito Estufa	Aumento da emissão de gases relacionados ao efeito estufa	Quantidade de carbono (CO2) acima do solo que absorvida e armazenada por árvores em termo de biomassa, teor de carbono (kg/espécie)
	Redução de cobertura arbórea urbana	Sequestro de carbono (kg.ano-1)
	Estocagem de carbono tCha-1	
Regulação de Inundações e Alagamentos	Precipitação local e capacidade de interceptação (m3año-1)	Proporção de Superfície permeável/impermeável de unidade homogênea de uso da terra em que a água não pode se infiltrar %
	Capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo (mm); e de retenção de água pelo solo da vegetação (ton.km-2);	Aumento da capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo (mm); Capacidade de retenção de água pelo solo da vegetação (ton.km-2);
	Alto escoamento superficial (mm);	Precipitação interceptada por árvores; Diminuição do Escoamento superficial (mm)
	Áreas expostas a inundações;	Precipitação interceptada por árvores; Diminuição do Escoamento superficial (mm)
	População exposta ao risco de inundação (% por unidade de área) e contaminação das águas pluviais e fluviais por fontes pontuais ou difusas	Fitorremediação (papel da biota e processos de remoção ou quebra de matéria orgânica e compostos)
	Regulação da Qualidade do Ar	População exposta à concentração limiar de poluentes (proximidade a fonte de emissão e sua intensidade)

crecem e se decompõem, aumentam a capacidade de infiltração de água no solo e promovem sua purificação por percolação (XIAO et al., 1998). A influência da vegetação no recebimento e redistribuição das chuvas é significativa, dentro do contexto do balanço hídrico de uma determinada área. As coberturas florestais podem influenciar expressivamente na recarga hídrica do solo, dependendo de fatores concorrentes, como porosidade do solo, relevo, índice de umidade anterior, entre outros.

Uma vez que árvores isoladas têm maior probabilidade de apresentar menor porcentagem de interceptação (devido à velocidade do vento, que diminui a precipitação interna em certos locais abaixo da copa), sugere-se decrescer 15% na sua capacidade em áreas urbanas (SANDRE, 2022).

Agrupamentos arbóreos tem a possibilidade de alterar o microclima local (BROADBENT et al., 2018), ao devolverem, às camadas mais baixas da atmosfera, a água da chuva na forma de vapor d'água, tornando as condições de umidade e temperatura mais confortáveis para as pessoas.

O potencial da polinização é considerado como Serviço Ecossistêmico, especialmente, quando associado à produção de alimentos. A valoração econômica global do serviço ecossistêmico da polinização foi estimado mundialmente entre US\$ 235 bilhões e US\$ 577 bilhões (POTTS et al., 2016).

Na **Tabela 8** são descritos os Serviços Ecossistêmicos por demanda e oferta de projeto de paisagem, considerando-se que a demanda por Serviços Ecossistêmicos é a quantidade de um serviço exigido ou desejado pela sociedade (VILLAMAGNA et al., 2013).

SERVIÇO ECOSISTÊMICO	FATORES QUE INFLUENCIAM A DEMANDA	INDICADORES FUTUROS FATORES QUE INFLUENCIAM A OFERTA
Regulação da Qualidade do Ar	Concentração, distribuição espacial, obstáculos à dispersão e fluxo de poluentes	Capacidade do uso do solo e de espaços livres de interceptar a poluição enquanto obstáculo à dispersão

*Conforto Térmico é quantificado como a redução na temperatura da superfície e do ar resultante da presença de espaço livre verde, ou seja, a diferença entre as temperaturas modeladas para a um espaço livre impermeável e um espaço verde. Uma série de variáveis pode influenciar no conforto térmico. Monteiro e Alucci (2007) levanta o estado da arte das pesquisas sobre conforto térmico em espaços abertos e selecionaram modelos desenvolvidos especificamente para espaços abertos, apresentando um comparativo, criticam seu uso e adequação e analisam suas equações e etapas de cálculo (ex. temperatura equivalente fisiológica – Physiological Equivalent Temperature, PET de Höpfe, 1999), ferramentas iniciais para projeto de espaços abertos (ex. projeto Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces – RUROS).

47 A interceptação de carbono consiste na fração da precipitação retida nas folhas e ramos das árvores (que retorna à atmosfera como vapor); a transprecipitação ou precipitação interna (que é a porção da chuva que atravessa o dossel, chegando ao solo na forma de gotas); escoamento pelo tronco; a precipitação efetiva é a soma desses dois últimos fluxos hídricos (ARCOVA et al., 2003). O cálculo da interceptação se dá pela subtração da Precipitação total (medida em terreno aberto) da precipitação interna (chuva que atinge o solo, tanto pelas gotas que passam diretamente pelas aberturas existentes entre as copas, como as que respingam dessas) e do escoamento pelo tronco das árvores.

MENSURAÇÃO DE BENEFÍCIOS



Benefícios para a Gestão Pública.
Benefícios Econômicos.
Benefícios Sociais.



Benefícios para a Gestão Pública.

Considerando os benefícios para a gestão pública, a aplicação dos dispositivos deve atender aos parâmetros legais para a proteção ao meio ambiente ecologicamente equilibrado assegurado no artigo 225, da Constituição Federal de 1988. É fundamental recordar que União, Estados, Distrito Federal e Municípios devem também combater a poluição em qualquer de suas formas, o que reforça a exigência da adoção dessas tipologias sempre que possível no âmbito da gestão urbana. Em detalhe, são indicados alguns benefícios diretos e indiretos do uso dos dispositivos para a gestão pública:

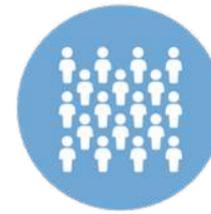
- Possibilidade de preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico no âmbito da gestão urbana;
- Controle de atividades potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente;
- Conhecimento e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que promovam qualidade de vida e conservação do meio ambiente;
- Potencial para que sejam desenvolvidas ações de educação ambiental junto aos gestores públicos;
- Defesa da fauna e da flora no contexto urbano



Benefícios Econômicos

No âmbito dos benefícios econômicos a implementação destas tipologias auxiliam os seguintes fatores:

- Redução dos custos de manutenção da paisagem, pois ao se utilizar espécies adequadas e já adaptadas ao clima e solo locais (preferencialmente nativas), tende-se a ter menor necessidade de cuidados a médio e longo prazo;
- Melhorias na ambiência, paisagem e qualidade de vida local, valorizando, assim, propriedades privadas e públicas que estão próximas destas localidades;
- Possibilidade de diversificação de usos por diferentes órgãos da gestão pública municipal, ligados aos temas de saúde, educação, e outros, auxiliando no desenvolvimento urbano;
- Oportunidade para utilização das SbN, como parques lineares, em eventos públicos e privados, que movimentam a economia local (principalmente o comércio);
- Atração de empresas e investidores pela melhoria de aspectos paisagísticos e aumento da qualidade de vida locais;
- Redução nos gastos públicos com mitigação de alagamentos, a exemplo da possibilidade de infiltração e redução da velocidade do escoamento superficial e resolução de demais transtornos usualmente vistos em dias de chuvas intensas nas cidades, que impactam diretamente nos custos de diversos setores dos municípios para retomar ao estágio de normalidade, notadamente os setores de comércio e de prestação de serviços.



Benefícios Sociais

O aumento de áreas verdes, mediante a implementação das Soluções baseadas na Natureza (SbN) – calçadas, canteiros, áreas residuais, praças, rios, parques, entre outras – pode trazer diversos benefícios sociais às comunidades residentes diretamente afetadas por tais intervenções, bem como benefícios bastante concretos na escala dos municípios.

Na escala local, os benefícios podem ser verificáveis no campo da mobilidade, saúde, educação formal e não formal, cultura, esportes e lazer e habitação:

- **Saúde:** o estímulo às atividades físicas está relacionado ao combate ao sedentarismo, condição associada ao ambiente construído nas cidades. Mais espaços verdes contribuem para mais uso do tempo livre com atividades físicas. Ademais, há aspectos da saúde que transcendem o biológico, trazendo também aos moradores a “percepção” de bem-estar que colabora com a saúde mental. Além disso, os espaços públicos gerados por tais intervenções podem ser usados por programas municipais de saúde da família, ligados às Unidades Básicas de Saúde (UBS) locais, bem como aos Centros de Atenção Psicossocial (CAPS).

- **Educação formal e não formal:** as Soluções Baseadas na Natureza são campo fértil para o ensino formal, ao estimular a incorporação destas discussões sobre o espaço físico local ao programa curricular das escolas em cada território. As mais diversas disciplinas do currículo escolar podem incorporar conteúdos referentes à biologia, geografia/geologia, matemática, história, educação física, artes, língua portuguesa, dentre outras, tendo como referência as intervenções de SbN realizadas em cada território. Além disso, as associações locais, por meio de atividades de educação não formal, podem estimular o uso dos espaços e o cuidado, gerando sentimento de pertencimento, por meio de programas que atinjam desde crianças, adolescentes, jovens, adultos até idosos: festas, eventos temáticos, atividades comunitárias, grupos de atividades temáticas (skate, hip-hop, grafite, futebol, basquete e outras atividades esportivas). Dentre outras estratégias de educação não formal, estas são realizáveis nestes espaços gerados, bem como em hortas urbanas, espaços de permacultura e agroecologia urbanas, dentre outras atividades.

- **Cultura, esportes e lazer:** mais espaços verdes nos quais a população possa estabelecer vínculos de sociabilidade estimulam a participação cultural, as atividades esportivas e o uso mais diversificado do tempo livre por meio de diversos lazeres. Os espaços gerados por tais intervenções podem se articular com os grupos culturais e equipamentos públicos locais, e promover o cuidado com o espaço por meio do uso público.

- **Habitação:** os espaços públicos gerados podem levar a uma maior percepção de bem viver na localidade, desde que outras políticas urba-



nas estejam articuladas: coleta e tratamento de resíduos sólidos, esgotamento sanitário, limpeza urbana, calçamento de ruas e instalação de equipamentos públicos: escolas, creches, centros de saúde, dentre outros.

Na escala municipal, esses benefícios locais podem contribuir com a construção de um município mais resiliente às mudanças climáticas, com maior qualidade de vida e com um maior sentimento de pertencimento de seus moradores. A geração de mais espaços verdes no município contribui também com soluções de políticas públicas locais e intersetoriais, fazendo com que a ação do poder público municipal seja mais efetiva, eficaz e eficiente.

Espaços verdes auxiliam na integração de propostas de saúde, educação, cultura, esportes e lazer e podem promover uma ação mais consistente dos programas das escolas públicas locais, unidades básicas de saúde e outros

equipamentos de cultura, esportes e lazer já existentes no território.

Cabe destacar que tais benefícios sociais das SbN se dão, quando elas são articuladas a políticas públicas e planos urbanísticos.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as SbN

Em setembro de 2015 os 193 Estados membros da ONU, incluindo o Brasil, se comprometeram a um Plano de Ação universal, até o ano de 2030, para sanar questões de diversos setores como: pobreza, fome, miséria, desigualdades, doenças, violência, desemprego, degradação ambiental, esgotamento de recursos naturais, entre outros.

Estes compromissos estão vinculados a um total de 17 objetivos – os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – e 169 metas a serem alcançadas até a Agenda 2030.

Os ODS abrangem as dimensões ambiental, econômica e social do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2023)⁴⁸; cada país possui suas metas nacionais considerando suas circunstâncias e devem incorporar medidas, ações e projetos em políticas, programas e planos de governo.

Os dispositivos de SbN apresentados neste Catálogo estão relacionadas diretamente aos 6 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, a seguir elencados: [\(ver diagrama abaixo\)](#)

O grau de interação de cada dispositivo de SbN com essas ODS podem variar de Baixa Interação a Média e Alta Interação, como descrito na **Tabela 9**.

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



• ODS 3- BOA SAÚDE E BEM-ESTAR: Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.



• ODS 6 - ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO: Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos



• ODS 11- CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.



• ODS 13- AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA: Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.



• ODS 14 - VIDA NA ÁGUA: Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável



• ODS 15- VIDA TERRESTRE: Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

48 Informações da página Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>

SISTEMAS MODULARES DE SBN	OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL					
	ODS3 SAÚDE E BEM-ESTAR	ODS6 ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO	ODS11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS	ODS13 AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA	ODS14 VIDA NA ÁGUA	ODS15 VIDA TERRESTRE
TIPOLOGIAS						
Jardim de chuva	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Alta
Canteiro Pluvial	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Alta
Biovaleta	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Alta
Terraço de chuva	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Alta
Escada hidráulica vegetada	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Alta
Poço de infiltração	Média	Alta	Média	Alta	Baixa	Alta
Bacia de Detenção	Média	Alta	Média	Alta	Baixa	Alta
Bacia de Retenção	Média	Alta	Média	Alta	Baixa	Alta
Bacia de Infiltração	Alta	Alta	Média	Alta	Baixa	Alta
Wetlands	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Média
Reservatório Anfíbio	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Alta
Polder Vegetado	Média	Alta	Alta	Alta	Média	Alta
Step Pool	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Média

DESCRIÇÃO:

Tabela 9 - Grau de interação entre dispositivo do Sistema Modular de Sbn e ODS(ver acima)

LEGENDA:



CAPÍTULO 2

Panorama das SbN no Brasil: Desafios para Implantação e Estudos de Caso.

Nos últimos anos, tem havido um aumento significativo nos projetos de Soluções baseadas na Natureza (SbN) no contexto brasileiro. Essas soluções representam uma abordagem inovadora que visa proteger os ecossistemas e a sua biodiversidade diante dos desafios das mudanças climáticas e da degradação ambiental.

Os projetos abrangem uma ampla gama de estratégias e técnicas que utilizam os conhecimentos fornecidos pela natureza para resolver desafios socioambientais. No contexto brasileiro, as SbN têm demonstrado seu potencial de não apenas promover a conservação da biodiversidade, mas também gerar benefícios econômicos, sociais e culturais para as comunidades locais, conforme já apontado ao longo deste Catálogo.

Assim, o avanço das SbN no Brasil reflete um compromisso crescente com a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável. A incorporação dessas abordagens inovadoras em políticas públicas e práticas de planejamento urbano é fundamental para enfrentar os desafios atuais e criar cidades mais resilientes às mudanças climáticas e aos eventos de chuva extremos, por exemplo.

Apesar de diversos projetos terem seguido e se inspirado em casos de sucesso pelo mundo, nota-se que cada cenário tem suas peculiaridades que vão além da parte técnica e das áreas de implantação das tipologias. É necessário considerar o cenário social, econômico e cultural, as questões climáticas e ambientais locais e focalizar não apenas no cenário nacional mais abrangente, mas, em igual medida, no regional e em diferentes escalas de projeto. Isso porque, no Brasil, há uma diversidade de biomas, tipos de solo, fauna e também estruturas políticas, administrativas e culturais, que interferem diretamente na implantação e manutenção das tipologias.

A sociedade brasileira é rica em diversidade de formas de convivência com o território. Nos centros urbanos, por exemplo, boa parte da população carece da convivência cotidiana com áreas verdes e, muitas vezes, não têm uma relação simbólica e afetiva com as águas fluviais e menos ainda com as águas pluviais. Projetos que propõem criar áreas de lagos, reabrir córregos ou optar por não impermeabilizar suas margens podem ser vistos com desconfiança pela população. Na cidade de São Paulo, por exemplo, no imaginário do paulistano, as águas são vinculadas ao esgoto e às inundações.

Há que se construir um cenário de reeducação ambiental especialmente voltado à importância dos fluxos naturais no ambiente urbano e do protagonismo da água nas cidades. Os projetos de SbN devem primar por convidar o sujeito a realizar o percurso das águas, em uma caminhada de descobertas e reflexão sobre o trajeto que as águas revelam: por que não contemplar os córregos e, por um instante, parar e ouvir o som das suas águas?

Para além dos muitos benefícios estruturais relacionados às questões hídricas e de conforto térmico, a abertura de um córrego na cidade é uma forma de reconectar simbolicamente as pessoas à água. A visualização de um córrego, com a vegetação de suas margens recuperadas, é um trabalho pedagógico que objetiva retomar a consciência da população sobre o lugar que habitam. É relevante associar ao movimento de lazer e contemplação, no imaginário da população, a presença possível dos córregos, rios e riachos no cotidiano da cidade, e não mais re-

legá-los ao esquecimento ou ao esgotamento sanitário (FCTH, 2021).

Com o objetivo de avaliar o panorama de projetos brasileiros de SbN e os desafios para sua implantação, neste capítulo são apresentados casos das cidades de Belo Horizonte, Londrina, São Paulo, Rio de Janeiro, que constituem modelos de aplicação em diversas escalas de planejamento e projeto. Como veremos nos estudos de caso deste capítulo, em cidades como Londrina, as pessoas convivem com os parques em fundos de vale e estão acostumados com a presença permanente dos rios, lá a necessidade passa a ser a preservação e a importância da vegetação nativa ser mantida e cultivada.

Quanto aos desafios administrativos de implantação e gestão das SbN, como veremos, estes são comuns em muitas cidades brasileiras. Esses desafios são atinentes não somente ao ato de convencer os tomadores de decisão de prefeituras a adotarem SbN, mas também, durante a implantação, de adotarem mudanças de paradigma usuais do direcionamento do escoamento superficial das águas. Por exemplo, na execução de jardins de chuva em São Paulo, verifica-se a dificuldade do corpo técnico da Prefeitura em aceitar mudanças simples, como manter o nível da terra abaixo do padrão do passeio e remover as guias, que são usuais em canteiros de calçadas, para eles havia o grande receio de que as águas pluviais destruíssem os jardins.

Em muitas cidades, a proposição de materiais diferentes ao concreto nas margens dos córregos enfrenta dificuldade de aceitação. É necessário um diálogo permanente com os atores e tomadores de decisão e apresentação de estudos científicos comprobatórios de que o plantio adequado de espécies pode ser suficiente para garantir a estabilidade das margens e a boa qualidade das águas. Por outro lado, a população local deve compreender e reconhecer a importância da recuperação das margens dos córregos e, para tanto, é necessário um trabalho de conscientização a respeito da vegetação a ser mantida, para que possam confiar na estrutura a ser implantada.



Figura 87: Projeto de Revitalização da Lagoa de Piratininga, Rio de Janeiro. Desenvolvido por Embya Paisagem e Ecossistemas.

Nesse âmbito, é possível observar uma pluralidade de políticas públicas que fundamentam as operações das SbN⁴⁹. Do ponto de vista jurídico, é importante lembrar a abrangência das políticas públicas para o desenvolvimento urbano sustentável por meio da utilização das SbN, e tendo em vista que as Políticas Ambientais e Urbanísticas, possuem competência compartilhada, ou seja, comum à esfera federal (eg. Política Nacional do Meio Ambiente), estadual (eg. Código Estadual do Meio Ambiente) e municipal (eg. Política Ambiental Municipal). Nesse

sentido, torna-se patente a necessidade de que suas operações envolvam diferentes autoridades e instrumentos legais próprios (como leis, decretos, resoluções entre outros) e direcionem uma gestão ambiental inclusiva.

No âmbito municipal, a depender da cidade e da previsão do Plano Diretor, é possível observar o desenvolvimento de uma política ambiental municipal que busca preservar o meio ambiente a partir das SbN.

Entre as ações e projetos de SbN que estão sen-

do realizados por todo país, e identificados pelo Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis vale destacar duas iniciativas:

- Plano Recife 500 Anos – sustentabilidade urbana para adaptação às mudanças climáticas através de projetos de urbanização, mobilidade e habitação. Inclui as ações de urbanização no Rio Capibaribe, projeto Parque Capibaribe, barco movido à energia solar e jardins Filtrantes;
- Projeto Parque Orla de Piratininga em Niterói,

Rio de Janeiro – o projeto é financiado pelo banco CAF e pela Prefeitura Municipal, dentro do Programa Niterói PROSustentável. Contempla a criação de um parque linear que recupera a qualidade ambiental da lagoa e se torna um pólo de socialização e desenvolvimento de cultura e educação ambiental.

No âmbito municipal, algumas iniciativas e decisões da Administração pública, contemplam a adoção de SbNs (EVERS, et al 2022):

- Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: jardins de chuva de Copacabana;
- São Paulo, São Paulo: a cidade ultrapassou a marca de 200 jardins de chuva⁵³ - Lei municipal nº 17.578/2021;
- Belo Horizonte, Minas Gerais: 3 jardins de chuva implementados e 60 em implementação. São previstos criação de parques lineares e arborização no plano diretor de 2019- Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019;
- Campinas, São Paulo: implementação de parques lineares, corredores ecológicos e arborização urbana – Decretos Municipais: nº19.167/15, nº19.173/16 nº 19.226/16 e Resolução 03/2018;
- Contagem, Minas Gerais: implementação de jardim de chuva – Projeto Interct Bio – ICLEI;
- Fortaleza, Ceará: implementação de parque linear Raquel de Queiroz Decreto Municipal nº 13.764/2016;
- Salvador, Bahia: implementação de telhados verdes – Decreto Municipal 29.100/2017;
- Sobral, Ceará: Parque Pajeú, que representa uma solução completa de demanda ambiental com urbanização, com jardim filtrante, tratamento de esgoto e outras soluções de SbN- Lei Complementar 60/2018;
- Goiânia, Goiás: implementação de jardins de chuva – Decreto Municipal 2.887/2019.

Nota-se que o poder público municipal tem atuado de forma local através de medidas administrativas que visam à aplicação de SbNs em políticas urbanas sustentáveis, através da interação entre planos diretores, planos municipais de ação climática e da atuação das Secretarias de Meio Ambiente⁵⁴.



Figura 88: Projeto de Revitalização da Lagoa de Piratininga, Rio de Janeiro. Desenvolvido por Embya Paisagem e Ecossistemas.

A integração com demais secretarias, como as de obras e infraestrutura, mostra-se um caminho importante para a promoção de interdisciplinaridade das políticas públicas, e pode ser realizada por meio de instrumentos legais de planejamento urbano, que visem a manutenção do ecossistema urbano de maneira equilibrada e menos degradada com a participação da sociedade civil, por meio de consultas e audiências públicas.

As diferentes necessidades e características

regionais direcionam a discussão por diferentes caminhos. Outras características também impactam no desenvolvimento das Políticas Públicas, tais como, o orçamento municipal, a renda econômica da população, a mobilização da sociedade civil em torno do tema, as áreas prioritárias para conservação, entre outras características que compõem a municipalidade regional. Por essa razão, as políticas públicas devem ser criadas de forma integrada e coordenada entre os diferentes entes federais do país.



Em suma, observa-se a importância da promoção de políticas públicas municipais que visem à implementação das SbNs através de sua incorporação aos planos diretores, constituintes do principal instrumento de gestão administrativa municipal, além de integrar as diferentes secretarias de modo a efetivar a gestão ambiental. As SbNs se constituem como o meio de desenvolvimento sustentável mais alinhado aos objetivos contemporâneos de desenvolvimento urbano através de um ecossistema resiliente devidamente amparado por uma estrutura jurídica que o efetive.

49 É possível compreender as políticas públicas como respostas às necessidades sociais e ambientais através de ações do Estado por meio de programas, ações, leis e outros atos normativos. É imprescindível que a estrutura de elaboração de uma política pública considere aspectos funcionais e sequenciais para que possam atender o bem comum e cumprir a sua função originária, além de possuir previsão legal. Desse modo a relação entre o Estado e a sociedade constituem o centro de formação das políticas públicas e o seu acompanhamento vigilante durante suas execuções e reformulações.

50 No âmbito do Direito Ambiental cuja relação jurídica se dá entre o homem e meio ambiente através de mecanismos diretivos, cogentes, proibitivos e sancionatórios, a Constituição Federal em seu dispositivo 225, define o meio ambiente como um bem jurídico de uso comum da sociedade, que precisa ser equilibrado e protegido para que possa garantir qualidade de vida necessárias à população, de forma que direcione a ação do Poder Público em conjunto com a sociedade para o dever de preservar e defender esse bem, e um dos meios para instrumentalizar esse preceito constitucional é através das políticas públicas, que devem ser realizadas no âmbito federal, estadual e municipal.

51 Com relação à matéria urbanística, cujo objeto é intervenção estatal orientada a ordenar os espaços habitáveis (SILVA, José Afonso da. Direito Urbanístico Brasileiro. 5ed. São Paulo: Malheiros, 2006, p.44.), busca-se atender à coletividade sempre respeitando a legalidade do estatuto jurídico. Sob esse aspecto o artigo 182 da Constituição Federal estabelece que a política urbana deverá ser executada no âmbito municipal com objetivo de resguardar as garantias de bem-estar social e cumprir a função social das cidades. O Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/ 2001, regulamenta os artigos os 182 e 183 da Constituição Federal ao estabelecer as diretrizes gerais da política urbana, para a qual ressalta-se a garantia do direito a cidades sustentáveis em seu artigo 2º, inciso I, o estabelecimento dos planos diretores municipais como instrumentos de viabilização das políticas públicas urbanas municipais, em seu artigo 4º, inciso I e participação social como fator da gestão democrática dos projetos de desenvolvimento urbano, no mesmo artigo 2º, inciso II.

52 Disponível em: <<https://oics.cgee.org.br/>> Acesso 10 out. 2022

53 Informação divulgada pela Prefeitura de São Paulo em seu site.

54 O Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/ 2001) regulamenta os artigos os 182 e 183 da Constituição Federal ao estabelecer as diretrizes gerais da política urbana, para qual ressalta-se a garantia do direito a cidades sustentáveis em seu artigo 2º, inciso I, o estabelecimento dos planos diretores municipais como instrumentos de viabilização das políticas públicas urbanas municipais, em seu artigo 4º, inciso I e participação social como fator da gestão democrática dos projetos de desenvolvimento urbano, no mesmo artigo 2º, inciso II.

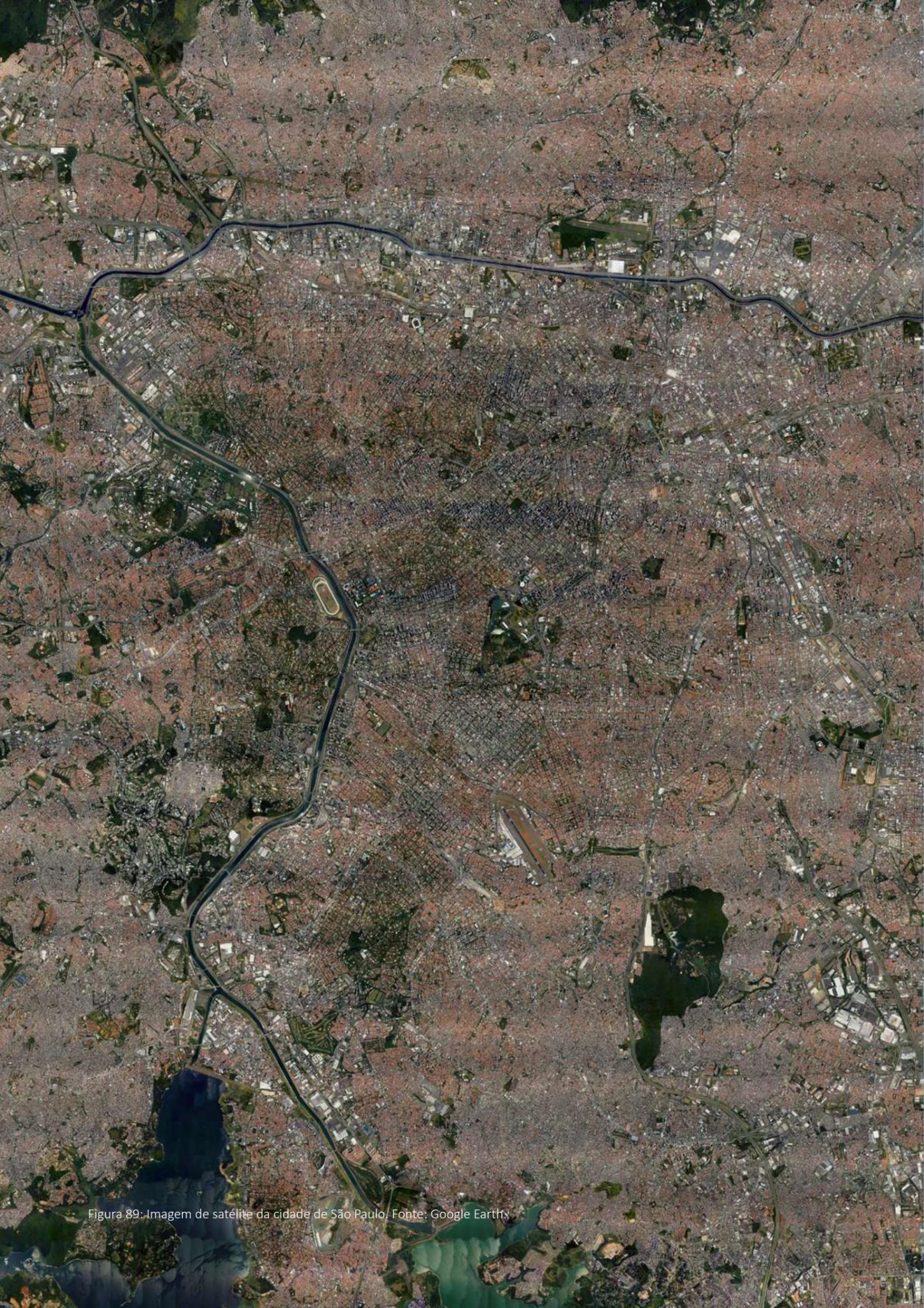


Figura 89: Imagem de satélite da cidade de São Paulo. Fonte: Google Earth.



Projeto na cidade de
São Paulo | SP

FICHA TÉCNICA:

Área de Infiltração Saracura, Bacia hidrográfica do Anhangabaú

Caderno de Drenagem da Bacia hidrográfica do Anhangabaú, 2021

Autores: Guajava Arquitetura da Paisagem e Urbanismo, responsável pelo projeto, junto a Fundação Centro Tecnológico Hidráulica (FCTH) e a Prefeitura de São Paulo

A cidade de São Paulo tem projetos importantes vinculados à implantação de SbN. Muitos deles fazem parte dos Cadernos de Drenagem, desenvolvidos pela Fundação do Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) para a Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (Siurb). Tais cadernos vão além de simples planos diretores de drenagem pois, além de proporem e estabelecerem graus de prioridade e risco relacionados a obras hidráulicas para o controle de inundações, apresentam intervenções com ganhos ambientais, tecnológicos e urbanísticos, apostando em soluções de drenagem urbana sustentável e multidisciplinar.

Um dos projetos de destaque é a Área de Infiltração Saracura. O projeto localiza-se na bacia hidrográfica do córrego Anhangabaú que sofre constantemente com inundações próximas à foz do Saracura. São vários os fatores que contribuem para a recorrência destes eventos: a alta impermeabilização do solo; a canalização massiva dos córregos; idade e capacidade de escoamento da infraestrutura de drenagem, com risco de ruína.

De forma a solucionar esta situação, medidas estruturais de utilização de reservatórios, embora necessários na bacia do Anhangabaú em função da gravidade do problema, têm apresentado entraves à sua construção devido ao grande impacto que confeririam, por exemplo, no sistema de transportes da região durante a etapa de construção das estruturas (GONÇAL-

VES et al., 2018). Nesse âmbito, a Área de Infiltração do Saracura atua como um sistema de reservação e infiltração descentralizada, que retarda e diminui o escoamento superficial contribuindo para minimizar inundações a jusante. Além disso, essa solução apresenta ainda o benefício de ser mais simples de ser construída quando comparada a medidas estruturais convencionais.

Parte superior do formulário

Desta forma, o projeto, localizado nos arredores da Av. Nove de Julho, foi concebido enquanto um modelo de retardamento do escoamento de águas pluviais. Para tanto, foi realizado um diagnóstico que primou por selecionar o dispositivo de SbN ideal a cada trecho do projeto considerando sua adequação frente a declividade da rua e do talude, bem como do tipo de solo e permeabilidade.

Iniciado um evento de chuva, as águas pluviais percorrerão as biovaletas, localizadas às ruas Eng. Monlevade e Prof. Picarolo, com seu escoamento superficial retardado em vista de pequenas barreiras inseridas neste dispositivo. Uma vez na Nove de Julho, as águas são destinadas à galeria de águas pluviais sob o leito carroçável.

Em momentos de chuva extremos, o escoamento superficial das biovaletas será direcionado a poços de infiltração localizados sob as calçadas das ruas supracitadas. Para permitir que a água infiltre no solo, tais poços são perfurados em suas paredes laterais e abertos no fundo. Ainda, são previstas pedras no entorno das paredes do poço para otimizar a infiltração da água. Caso ocorra um evento de chuva em dias subsequentes, o que ocasionará um aumento do grau de saturação do solo, um extravasor permitirá escoar a água por entre os poços e depois para a galeria de águas pluviais da Av. Nove de Julho.

Simultaneamente, os terraços de chuva, enquanto dispositivos de SbN localizados em ambos os taludes, atuam de forma a retardar o escoamento superficial das águas pluviais para o fundo de vale. Para conter a água, aproveita-se

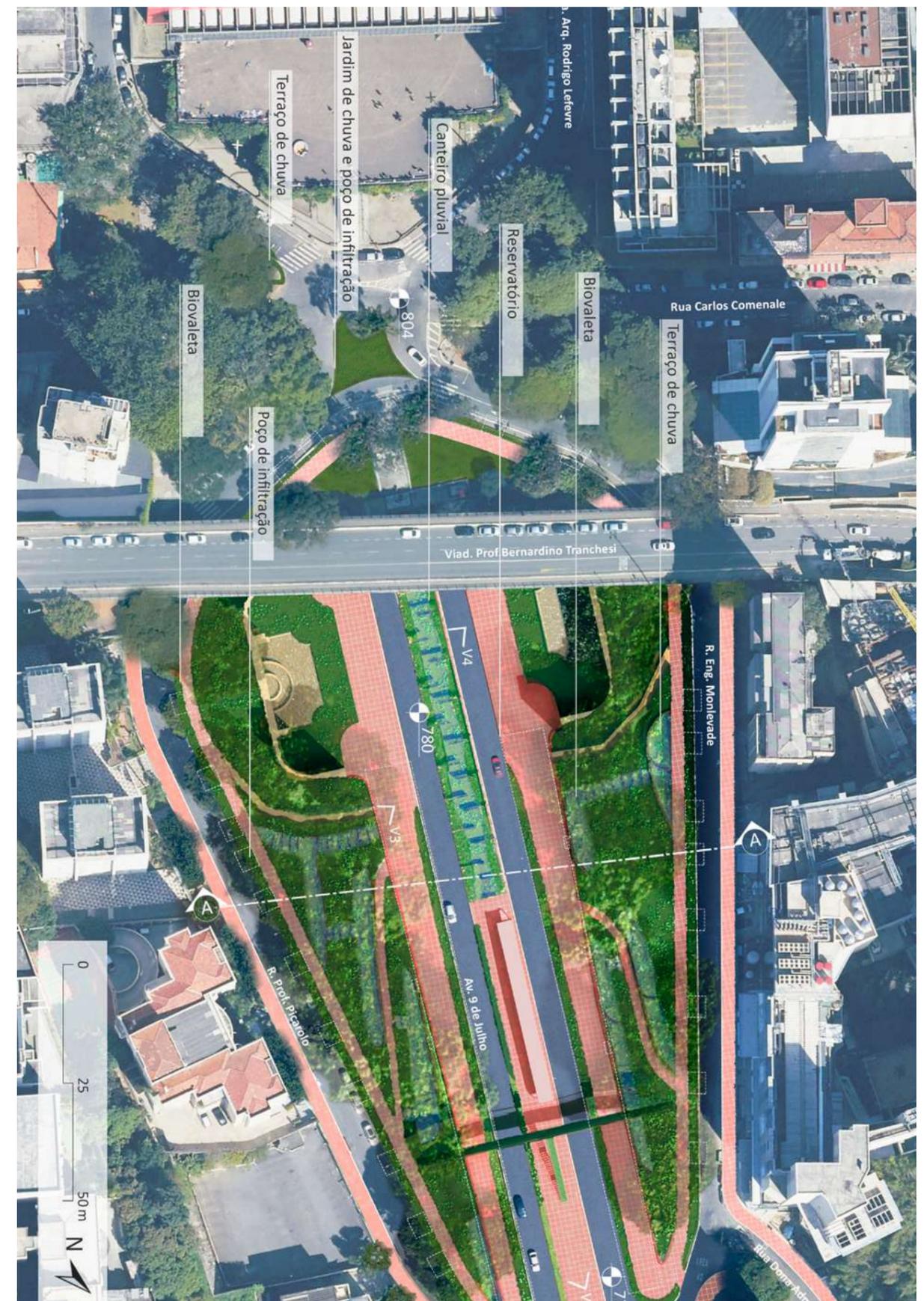


Figura 90: Planta da Área de infiltração Saracura localizando os dispositivos de infraestrutura verde: biovaletas, terraços de chuva, poços de infiltração, canteiro pluvial e reservatório subterrâneo (Fonte: Prefeitura de São Paulo, FCTH, 2021)..

a declividade do terreno junto a uma contenção de pedras que acompanha as curvas de nível. Quando a água atinge o nível máximo do terraço é encaminhada para biovaletas que a levam para o terraço de chuva seguinte.

Uma vez na Av. Nove de Julho, as águas pluviais encaminham-se para um reservatório estanque sob as calçadas de ambos os lados da avenida. Após, passam por um filtro de areia grossa e brita e são direcionadas ao sistema de águas pluviais. Destaca-se que tal reservatório é vedado pois o solo do fundo de vale não é ideal para infiltração das águas pluviais. Por fim, ao centro da Av. Nove de Julho é inserido um canteiro pluvial com barreiras para direcionar e diminuir a velocidade do escoamento superficial das águas de chuva.

Gonçalves et al (2018), estimaram que é possível conter o volume de 4 mil m³ de águas pluviais a partir da construção de 7 mil m³ de dispositivos de IV. Os autores concluíram que o projeto é eficaz em reduzir o volume do escoamento excedente para TR 2, com melhorias previstas tanto na mancha de inundação à montante da Praça Quatorze Bis, quanto nos resultados verificados nos hidrogramas.⁵⁵

DESCRIÇÃO:

Tabela. Precipitação total acumulada nos dispositivos de infraestrutura verde com chuva de TR 2. Para mais detalhes dos cálculos hidráulicos ver Gonçalves. Fonte: Gonçalves et al. (2018) (ver abaixo)

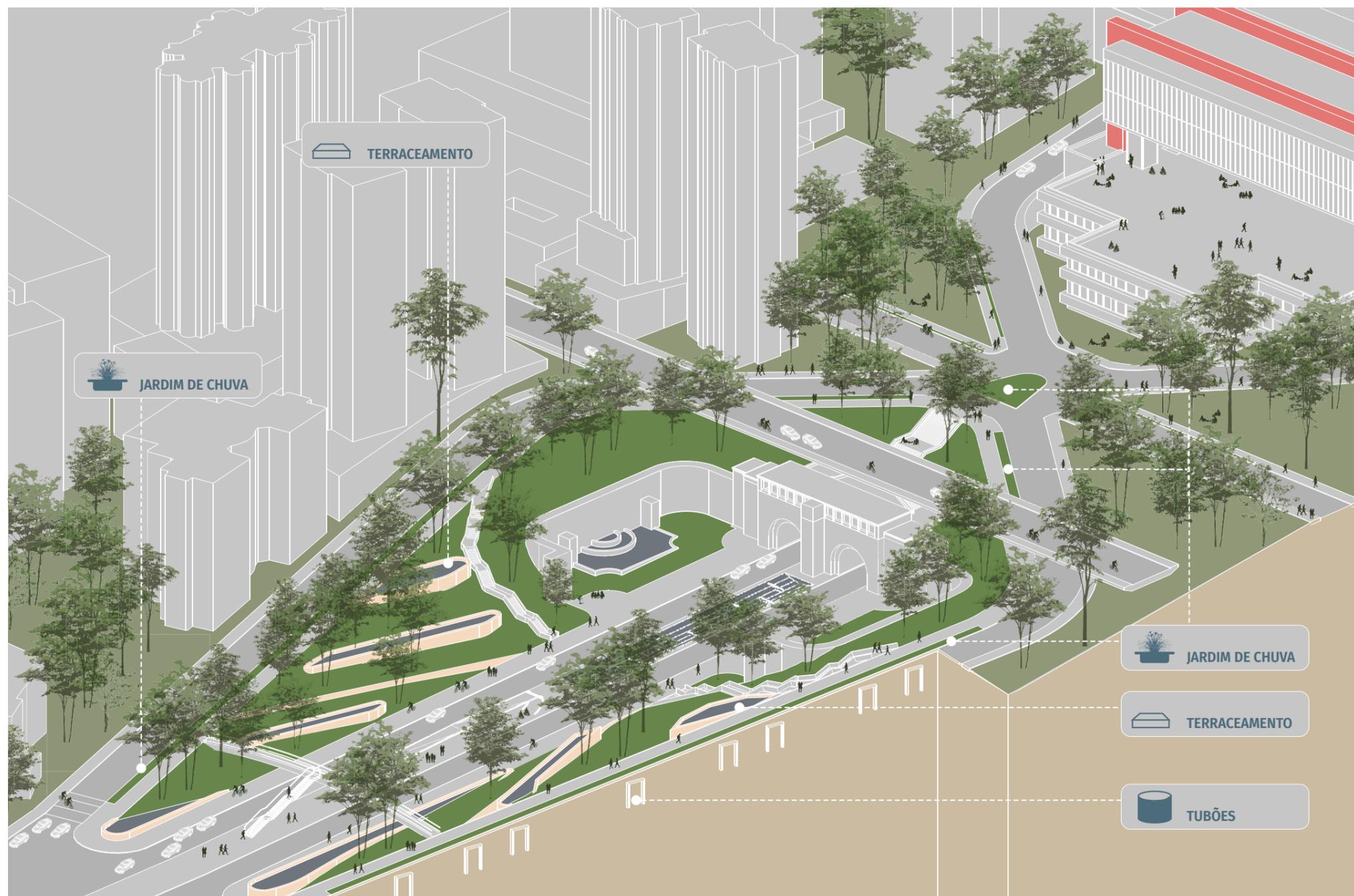


Figura 91: Detalhamento da localização dos dispositivos de infraestrutura verde e escoamento superficial (Fonte: Prefeitura de São Paulo, FCTH, 2021).

DISPOSITIVO	LOCAL	QUANTIDADE	PROFUNDIDADE (m)	ÁREA UNITÁRIA (M ²)	ÁREA TOTAL (M ²)	TIPOLOGIA PCSWMM- MÉTODO I	VOLUME DE VAZIOS (M ³)- MÉTODO II
Reservatórios sob a calçada	Av. Nove de Julho	2	2	600	1200	Cisterna (dispositivo impermeável)	1650
Poços de infiltração	R. Prof. Picarolo e Eng. Monlevada	23	5	12.25	282	Trincheira de infiltração	1400
Terraços de chuva	R. Prof. Picarolo e Eng. Monlevada	9	1	80	720	Trincheira de infiltração	520
Canteiro pluvial	Av. Nove de Julho	1	1.3	510	510	Trincheira de infiltração	270
Jardim de chuva	Rotatória da R. Carlos Comenale	1	3	170	170	Jardim de chuva	230
Biovaletas	R. Prof. Picarolo e Eng. Monlevada	4	0.4	230	920	Biovaleta	-
Total:		40		1.602	3802		4070



Figura 92: Corte do projeto, destaque para o novo dispositivo de infraestrutura verde: terraço de chuva (Fonte: Prefeitura de São Paulo, FCTH, 2021).

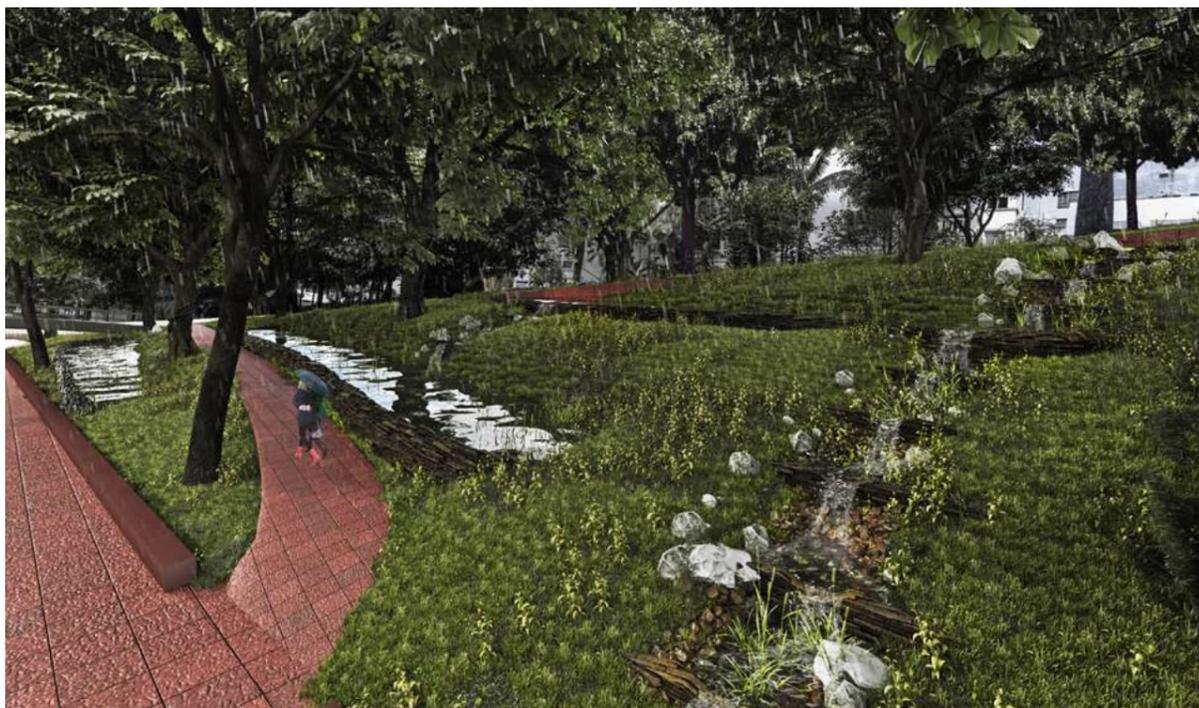


Figura 93: Perspectiva dos dispositivos de infraestrutura verde, com foco no terraço de chuva e nas biovaletas. (Fonte: Prefeitura de São Paulo, FCTH, 2021).

De forma a promover uma dimensão didática para o projeto, foram inseridos caminhos no talude para que a população possa visualizar o funcionamento do modelo. Ainda, este local é um importante marco turístico de São Paulo que tem nas suas imediações o Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand (MASP), projetado pela arquiteta Lina Bo Bardi. Sob o museu, onde aos domingos ocorre uma feira de antiguidades, será possível contemplar o modelo de infiltração proposto. Outro ponto de destaque é o Mirante Nove de Julho onde, atualmente, é localizado um café que atrai inúmeros turistas em busca de um local para avistar o vale.

Esses dispositivos associam medidas de retenção e de infiltração, devidamente dimensionadas para proporcionar o abatimento das cheias. Iniciado um evento de chuva, as águas pluviais percorrem as biovaletas, localizadas nas ruas Eng. Monlevade e Prof. Picarolo, tendo a velocidade reduzida por meio de pequenas barreiras inseridas neste dispositivo. O escoamento superficial das biovaletas, por sua vez, será direcionado a poços de infiltração localizados sob as calçadas e, também, para as biovaletas, posicionadas nos taludes, que irão conduzir parte desse escoamento para os terraços de chuva.

Para permitir que a água infiltre no solo, os poços de infiltração são perfurados em suas paredes laterais e abertos no fundo. Ainda são previstas pedras no entorno das paredes, para potencializar a infiltração da água. Um extravasador permitirá o escoamento da água por entre os poços para a galeria de águas pluviais da Avenida Nove de Julho e, também, para o terraceamento nos taludes.

Os terraços de chuva, dispositivo de infraestrutura verde localizado em ambos os taludes da Avenida Nove de Julho, foram projetados de forma a retardar o escoamento superficial. Para conter a água, aproveita-se a declividade do terreno junto a uma contenção de pedras que acompanha as curvas de nível, delineando os terraços de chuva. Quando a água atinge o

nível máximo de um terraço, ela é encaminhada para biovaletas que a levam para o terraço de chuva seguinte. Uma vez na Avenida Nove de Julho, as águas pluviais encaminham-se para um reservatório estanque sob as calçadas de ambos os lados da avenida. Depois disso, passam por um filtro de areia grossa e brita e são direcionadas ao sistema de águas pluviais. Destaca-se que tal reservatório é impermeável, pois o solo do fundo de vale não é ideal para infiltração das águas pluviais.

Por fim, ao centro da Avenida Nove de Julho, é inserido um canteiro pluvial com barreiras para direcionar e diminuir a velocidade do escoamento superficial.

Para se promover uma dimensão didática para o projeto, foram inseridos caminhos no talude para que a população possa visualizar seu funcionamento.⁵⁶

55 Os dados foram calculados a partir do diagnóstico da bacia hidrográfica, calibrado do modelo hidráulico-hidrológico PCSWMM com os dados de monitoramento fluviométrico medidos no posto da Av. Nove de Julho, e da simulação de dispositivos IV. Para detalhes ver Gonçalves et al (2018).

56 Mais informações estão detalhadas em vídeo, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pvHbSSmWyB8&t=4s>



Projeto na cidade de
Belo Horizonte | MG

FICHA TÉCNICA:

Jardim de chuva da Lagoa do Nado

Iniciativa: Projeto INTERACT-BIO implementado pelo ICLEI (do inglês, International Council for Environmental Initiatives), Governos Locais pela Sustentabilidade e o Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear do Governo da Alemanha e Prefeitura de Belo Horizonte

Autores: Arquitetura da paisagem – Guajava Arquitetura da Paisagem e Urbanismo e professores Paulo Pellegrino e Silvio Motta; Engenharia Civil – Geasa Engenharia

A cidade de Belo Horizonte é frequentemente citada como referência em SbN devido às suas iniciativas e práticas inovadoras no campo da gestão sustentável de recursos hídricos e ambientais. Essas iniciativas demonstrando os benefícios sociais, econômicos e ambientais que podem ser alcançados por meio da integração de estratégias de SbN no planejamento urbano.

Um de seus projetos icônicos é o jardim de chuva do Parque Lagoa do Nado. O parque, localizado na região norte da cidade, possui uma área de aproximadamente 300 mil m² e é uma importante área de lazer e preservação ambiental para a população local.

A escolha do Parque Lagoa do Nado foi estratégica tanto em termos técnicos quanto sociais: no local há recorrentes inundações em eventos de chuva extremos, bem como é um espaço com grande circulação de pessoas, o que estimula o conhecimento da população desta tipologia de SbN.

O Jardim de Chuva foi projetado para coletar as águas pluviais provenientes das áreas urbanizadas ao redor do parque. Sua função é reter, infiltrar e tratar as águas do escoamento superficial, minimizando o risco de inundações à ju-

sante. A água percola por entre o sistema em uma série de pequenas bacias que permitem sua detenção temporária, que é então gradualmente infiltrada no solo ou direcionada para a lagoa existente no parque.

Além de cumprir sua função principal de gerenciamento das águas pluviais, o Jardim de Chuva no Parque Lagoa do Nado também apresenta outros benefícios. Ele contribui para a melhoria da qualidade da água, uma vez que a água é filtrada e tratada pelos materiais e plantas presentes no jardim. Além disso, o projeto valoriza o aspecto estético e paisagístico do parque, integrando-se harmoniosamente ao ambiente e oferecendo um espaço agradável para os visitantes.

O Jardim de Chuva no Parque Lagoa do Nado é um exemplo bem-sucedido de como as Soluções baseadas na Natureza podem ser implementadas em áreas urbanas para lidar com os desafios relacionados às águas pluviais. Ele demonstra a importância de integrar a natureza ao planejamento urbano, promovendo a sustentabilidade ambiental e proporcionando benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a comunidade local.



Figura 95,96, e 97: Projeto do jardim de chuva da Lagoa do Nado (Fonte: Guajava, fotógrafo: Meridiano filme)



Figura 98: Imagem de satélite da cidade de Niterói. Fonte: Google Earth.



Projeto na cidade de
Niterói | RJ

FICHA TÉCNICA:

Parque Orla Piratininga

Iniciativa: Prefeitura municipal de Niterói, Programa PRO-Sustentável

Autores: Projeto conceitual – Prefeitura Municipal de Niterói & Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade, 2017; Projeto executivo – Consórcio Parque Orla de Piratininga (Phytoestore, Embyá Paisagens e Ecossistemas, Kaan Architecten, Village Construções)

O Parque Orla Piratininga é um parque público na margem da Lagoa de Piratininga que está sendo criado com o propósito de, por meio de Soluções baseadas na Natureza, oferecer à população um ambiente que priorize e aproxime as pessoas do meio natural, ainda que em um contexto urbano, estimulando o sentimento de pertencimento do cidadão com aquele espaço (PREFEITURA DE NITERÓI, 2023).

Os desafios de desenvolvimento do projeto são a descarga direta de esgotos para os rios das proximidades, contaminação por poluição difusa e resíduos sólidos. Entre outros equipamentos de lazer e cultura, destacam-se as tipologias de SbN projetadas e, algumas já implementadas no local. De acordo com as características e necessidades locais socioambientais, as tipologias definidas foram: bacias de sedimentação, wetlands, jardins de chuva, biovaletas e vertedouros (HERZOG; ROZADO, 2019).

As bacias de sedimentação possuem o objetivo de minimizar a poluição difusa que escoar para a lagoa, por meio dos rios contaminados, retraindo diversos elementos que contribuem para o assoreamento da Lagoa e realizando a preparação das águas para serem lançadas aos jardins filtrantes. As bacias necessitam de manutenção periódica com acesso de veículos e equipamentos para realização dos serviços. Os jardins filtrantes visam dar o tratamento às

águas efluentes e lodos, com o diferencial de utilizar vegetação como elementos do sistema. As espécies macrófitas absorvem a matéria orgânica por suas raízes e realizam processos fisiológicos e a evapotranspiração (folhas), criando um ambiente dentro dos próprios jardins para o desenvolvimento de bactérias que realizam a quebra de partículas poluentes (PREFEITURA DE NITERÓI, 2023).

O objetivo da instalação do sistema filtrante foi o de avaliar a qualidade da água, após todas as etapas de filtragem, e verificar um bom funcionamento para que não mais seja lançada na Lagoa as águas extremamente contaminadas, com carga orgânica proveniente do lançamento irregular de esgoto doméstico. Após todas as etapas de filtragem, a água é lançada à Lagoa de Piratininga.

Foram previstos jardins de chuva e biovaletas como sistemas de biorretenção para controle de poluentes, aumento de infiltração no solo e retenção de volumes de água, contribuindo na mitigação de alagamentos. Essas infraestruturas devem funcionar conjuntamente com o sistema de drenagem convencional existente e ambas possuem elementos filtrantes como brita, areia, dreno e vegetação.

Por fim, temos os vertedouros – infraestrutura em gabião argamassado – que possuem a função de desviar as águas dos rios contribuintes, direcionando o fluxo das águas para os sistemas de tratamentos, compostos por bacias de sedimentação e jardins filtrantes. Os vertedouros realizam também o controle de volume de águas que acessam o sistema aumentando o tempo de detenção para que o sistema mantenha sua eficiência.⁵⁷

Até a conclusão deste Catálogo, estavam implantados os jardins filtrantes do sistema Cafubá com macrófitas plantadas; a estrutura dos jardins filtrantes nos sistemas do Rio Arrozal e do Rio Jacaré, porém sem plantio e biovaletas no trecho do Camboatá até a ilha do Tibau.

Ainda que a obra do parque não esteja concluída, com todos seus sistemas em funcionamen-



Figura 99: Projeto do Parque Orla Piratininga. Fonte: Embyá, 2019



Figura 100: Projeto do Parque Orla Piratininga. Fonte: Embyá, 2019

to, é possível identificar benefícios ambientais e sociais. No âmbito dos benefícios ambientais, é possível constatar a redução da poluição difusa das águas, habitats para abelhas nativas e demais insetos identificados como borboletas e

libélulas, retenção de águas de escoamento superficial (auxiliando na mitigação de alagamentos), aumento da biodiversidade da flora nativa e ecossistemas locais e valorização do entorno do parque por meio das mudanças realizadas.

57

<http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/parque-orla-de-piratininga/>



Figura 101: Imagem de satélite da cidade de Fortaleza. Fonte: Google Earth.



Projeto na cidade de
Fortaleza | CE

FICHA TÉCNICA:

O Parque Rachel de Queiroz

Iniciativa: Prefeitura municipal de Fortaleza, Programa Fortaleza Cidade Sustentável (FCS)

Autores: Arquitetura da paisagem – Architectus S/S

O Parque Rachel de Queiroz faz parte do Programa Fortaleza Cidade Sustentável que, por sua vez, está inserido na política ambiental do município.⁵⁸

De acordo com a Prefeitura de Fortaleza (2023), o objetivo do programa municipal é promover a integração do ambiente natural e do ambiente construído na cidade de Fortaleza, impactando de forma positiva na saúde ambiental e na segurança urbana da população. Assim, por meio de investimentos estruturantes em infraestrutura urbana e ambiental, há o fortalecimento da capacidade de gestão municipal.

A requalificação do parque é uma das premissas do programa. O Parque Rachel de Queiroz possui 200 hectares e passa por 8 bairros. O programa de necessidades inclui equipamentos e soluções de lazer, travessias, limpeza, dragagem e recuperação da mata ciliar e rio, com tratamento de efluentes por meio de implemento de Soluções Baseadas na Natureza. O parque foi dividido em 19 trechos, dos quais 6 já foram executados (até o primeiro semestre de 2022).

Vale destaque para o sexto (e último trecho finalizado) que está localizado em área de preservação municipal alagada. Antes das intervenções, esta área estava abandonada, servindo de depósito de lixo e esgoto clandestino, trazendo diversos problemas sociais e ambientais. O projeto do Parque Raquel de Queiroz adotou para este trecho a drenagem como eixo estruturador considerando seu caráter de área alagada/

alagável.

Para a melhoria da qualidade da água do Riacho Cachoeirinha- que corta o terreno do parque e tinha histórico de alagamentos frequentes pela sobrecarga do sistema convencional de escoamento das águas pluviais- foi utilizada a técnica de wetlands para realizar a filtragem através de microorganismos fixados na superfície do solo e raízes das plantas.

Mesmo com pouco tempo após a finalização das obras deste trecho, muitos benefícios já foram identificados nos âmbitos sociais, ambientais e econômicos, como: melhoria das condições de desenvolvimento da fauna e flora locais, interação da população com a nova paisagem, opções de lazer para a população, despoluição das águas e mitigação das ocorrências de alagamentos no terreno e entorno.

As soluções planejadas com múltiplas funções abrangendo diversas necessidades tendem a se tornarem infraestruturas de extrema importância em diversos eixos, auxiliando assim tanto a população que irá desfrutar daquele local quanto do município que irá poupar recursos futuros de manutenções recorrentes de limpeza das águas e mitigação de danos causados pelos alagamentos, dentre outros.



Figura 102: Fotografia aérea, Joana França.



Figura 103: Parque Rachel de Queiroz, trecho 6 antes das intervenções. (Fonte: Archdaily, 2022).



Figura 104: Parque Rachel de Queiroz, trecho 6 antes das intervenções. (Fonte: Archdaily, 2022).

⁵⁸ Detalhes do Programa Municipal estão disponíveis em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/infocidade/362-programa-fortaleza-cidade-sustentavel>



Figura 105: Imagem de satélite da cidade de Londrina. Fonte: Google Earth.



Projeto na cidade de
Londrina | PR

FICHA TÉCNICA:

Revitalização da nascente do Lago Cabrinha

Iniciativa: Projeto INTERACT-BIO implementado pelo ICLEI (do inglês, International Council for Environmental Initiatives), Governos Locais pela Sustentabilidade e o Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear do Governo da Alemanha e Prefeitura de Belo Horizonte

Autores: Arquitetura da paisagem – Guajava Arquitetura da Paisagem e Urbanismo e professores Paulo Pellegrino e Silvio Motta; Engenharia Civil – Geasa Engenharia

O projeto de revitalização da nascente do Lago Cabrinha foi pensado a partir do uso de Soluções Baseadas na Natureza (SbN). O projeto foi desenvolvido dentro do projeto INTERACT-Bio, do ICLEI América do Sul. No Brasil, além de Belo Horizonte, Campinas e Londrina foram as outras duas cidades escolhidas para a implementação dessa iniciativa, promovida em parceria com a organização internacional ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade e com o Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear do Governo da Alemanha.

Iniciado em outubro de 2021, o projeto envolveu o rearranjo de rochas basálticas, que haviam sido colocadas no Lago Cabrinha pela Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização, assim como a recuperação das suas margens com o plantio de vegetação ripária e rizomatosa, formando uma barreira de contenção para reduzir a velocidade da água das chuvas.

As pedras foram acomodadas de modo a formar pequenas piscinas escalonadas, sendo a primeira mais profunda que as seguintes, a partir da técnica do Step pool, explicada neste Catálogo. A estrutura permite mitigar possíveis inundações e deslizamentos de terra, bem como controlar a poluição difusa antes que chegue ao lago.

Durante o processo, a equipe de projeto desenvolveu um importante trabalho de interlocução, em parceria com a Prefeitura, com a população local e grupos acadêmicos. Houve também o envolvimento da iniciativa privada (empresas e fornecedores de materiais e serviços da região) na facilitação para a implantação do projeto e expandindo os conhecimentos das práticas de SbN no mercado de engenharia e arquitetura, transformando as práticas em soluções escalonáveis.

Outra iniciativa que vale destaque no projeto foi o trabalho de divulgação e educação ambiental, visando estimular a conscientização e engajamento da população na manutenção e preservação das intervenções e na compreensão da importância das SbN.

Como estes exemplos citados, pode se vislumbrar que há diversos desafios, no cenário brasileiro, a respeito da escolha, aprovação de projetos, execução correta e manutenção específica de diversas tipologias de SbN, bem como da falta de incentivo e legislação que apoiem a educação ambiental e replicação das soluções.

Esses, no entanto, são alguns projetos que servem de panorama da aplicação da SbN no país com o intuito de motivar a utilização dessas soluções em busca de um equilíbrio eficiente entre os serviços urbanos, a sustentabilidade e a redução de potenciais riscos de desastres oriundo das mudanças climáticas e degradação ambiental.



Figura 106: Lago Cabrinha, Londrina (Fonte: Guajava, fotógrafo: Meridiano filmes, 2022)



Figura 107: Step Pool 1 Lago Cabrinha, Londrina (Fonte: Guajava, fotógrafo: Meridiano filmes, 2022)



Figura 108: Fonte: Iagustin Diaz Gargiulo, Unsplash

Capítulo 3

Estudos de Caso: Campinas e Rio de Janeiro

Conforme a premissas das cidades de Campinas e Rio de Janeiro para as localidades do Parque Linear do Córrego Bandeirantes e do Parque Fluvial do Jardim Maravilha, e o embasamento teórico e técnico necessário, definiram-se os seguintes critérios para a análise e seleção das tipologias de Soluções baseadas na Natureza (SbN) e de engenharia sustentável:

- Possibilidade de implementação da tipologia no Parque Linear do Córrego Bandeirantes e/ou Parque Fluvial do Jardim Maravilha;
- Possibilidade de replicar os dispositivos em outras localidades;
- Serviços Ecológicos prestados;
- Benefícios sociais, ambientais e econômicos;
- Facilidade na execução;
- Previsão de desafios e possibilidades de mitigação;
- Redução de gastos orçamentários para o município.

Disso decorre que sua aplicação implica em conhecer a territorialidade social local e de que forma as comunidades do entorno da intervenção se relacionam com o ambiente. Nos dois casos que inspiram este Catálogo, pode-se exemplificar concretamente o exposto.

No bairro do Jardim Maravilha, no Rio de Janeiro, que possui cerca de 40 mil habitantes, foram identificados problemas sociais graves, com consequências igualmente graves para a saúde pública, como, por exemplo, quanto à coleta de resíduos sólidos. Não há locais adequados

para o descarte de entulho de construção civil e outros tipos de resíduos, como móveis velhos, pneus, e toda sorte de sucatas de diversos materiais. Observa-se até mesmo dificuldades com relação à coleta do lixo comum doméstico; e não foi localizado nenhum projeto de compostagem doméstica ou comunitária para destinação de resíduos orgânicos.

Esse exemplo das dificuldades na coleta de resíduos nos indica que as tipologias de SbN propostas para a área de intervenção mais imediata do projeto, ao longo da calha do rio, só surtirão efeito se esse problema básico for equacionado, com a devida capacidade de intervenção pública e intersetorial no território. Essa situação demanda uma ação coordenada, entre os devidos serviços e representantes do poder público no território, com o foco de remodelar a infraestrutura de coleta. Também é necessário um programa consistente de educação ambiental com participação ativa das escolas e postos de saúde da região.

Situação semelhante ocorre na área destinada ao parque linear no município de Campinas/SP. O projeto do parque com a implantação das SbN ao longo do curso do rio, considerou as peculiaridades e as demandas sociais locais. Por meio de oficinas participativas buscou-se entender como se dá a interação das comunidades e grupos sociais do entorno com o ambiente de intervenção. Dessa forma, foram identificadas formas recorrentes de uso público existentes no ambiente de intervenção, tais como hortas, campos de futebol de várzea, áreas de piquenique, áreas de brinquedos infantis, organizados

fundamentalmente pela própria comunidade. No projeto de intervenção há que se considerar formas de preservar essas ricas formas de interação social locais.

A título de estudo de caso exemplificativo, o Catálogo indica de forma expedita e genérica quais podem ser as SbN mais adequadas para as características físico-ambientais das regiões do Córrego dos Bandeirantes (Campinas-SP) e do Jardim Maravilha (Rio de Janeiro).

A escolha das tipologias de SbN para cada caso específico de parque linear deve passar por uma análise de caracterização ambiental, contemplando, dentro do possível, os aspectos socioeconômicos, a um nível de detalhe mínimo de bairro.

Para ilustrar as formas de subsidiar o processo de definição e delimitação de potenciais SbN em um parque fluvial, são apresentadas, a seguir, algumas informações básicas, tanto do Parque Linear Córrego dos Bandeirantes (Campinas-SP) como para o Parque Fluvial do Jardim Maravilha (Rio de Janeiro-RJ). Essas informações constituem uma breve caracterização físico-ambiental das regiões do estudo e a cartografia de alguns temas que são úteis para análises voltadas à identificação de viabilidade de SbN, tais como relevo, solos, uso do solo, áreas suscetíveis a inundações, entre outros.



Parque Linear do Córrego Bandeirantes

MAPAS TEMÁTICOS

O Parque Linear do Córrego Bandeirantes está localizado na região Sudoeste do Município de Campinas em uma área de 224.383,53 m², entre a Rodovia dos Bandeirantes e o Conjunto Habitacional Vila União. A área do parque também está próxima da Avenida John Boyd Dunlop, ao Norte, e da Avenida Ruy Rodriguez, ao Sul, com importantes corredores viários que fazem a interligação com o Centro da cidade.

O Parque Linear do córrego Bandeirantes integra a lista de 49 trechos de parques lineares proposta pelo Plano Municipal do Verde – PMV, elaborada no ano de 2016 pela Secretaria Municipal do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Prefeitura Municipal de Campinas. Esse plano definiu a implantação de parques lineares como forma de suprir o déficit de áreas verdes voltadas para o uso social no município, melhorando a qualidade de vida da população e requalificando o ambiente urbano.

Em relação ao relevo da bacia, existe uma predominância de declividades baixas, excetuando-se a região da cabeceira e também dos taludes da Rodovia dos Bandeirantes. A distância do ponto mais elevado, no afluente localizado próximo à Rodovia, até o exutório é de aproximadamente 2.500 m, com uma diferença de elevação de 60 metros e uma declividade média de 0,024 m/m. Além disso, o talvegue (linha de maior profundidade no leito fluvial) é bastante pronunciado em praticamente toda a extensão do parque.

O solo predominante na bacia é o Latossolo Vermelho-Amarelo, com uma pequena ocorrência do tipo “Gleissolo Háptico e Melânico + Neossolo Flúvico + Cambissolo Flúvico”, na região do exutório do córrego Bandeirantes.

A área da bacia hidrográfica possui um perfil residencial de média densidade populacional, com mescla de usos residencial, misto e não residencial. Estende-se por 33 setores censitários, que totalizam 25.321 habitantes e 7.821 domicílios particulares e coletivos (BRASIL, 2010⁵⁹).

- HIDROGRAFIA
- TOPOGRAFIA
- DECLIVIDADE
- SOLOS
- USO DA TERRA ATUAL
- MANCHAS DE INUNDAÇÃO

A seguir, apresenta-se alguns mapas temáticos que caracterizam a região do limite do parque proposto e do seu entorno, e que auxiliam na identificação de aspectos importantes para a escolha de tipologias de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) mais adequadas para cada situação físico-ambiental.

LOCALIZAÇÃO



59 Dados do Censo Demográfico 2010. Disponíveis em: <<https://www.ibge.gov.br/censo2010/apps/sinopse/>> Acesso 14 de jan. 2023

Figura 109: Mapa de localização da área proposta para o Parque Linear do Córrego Bandeirantes

HIDROGRAFIA

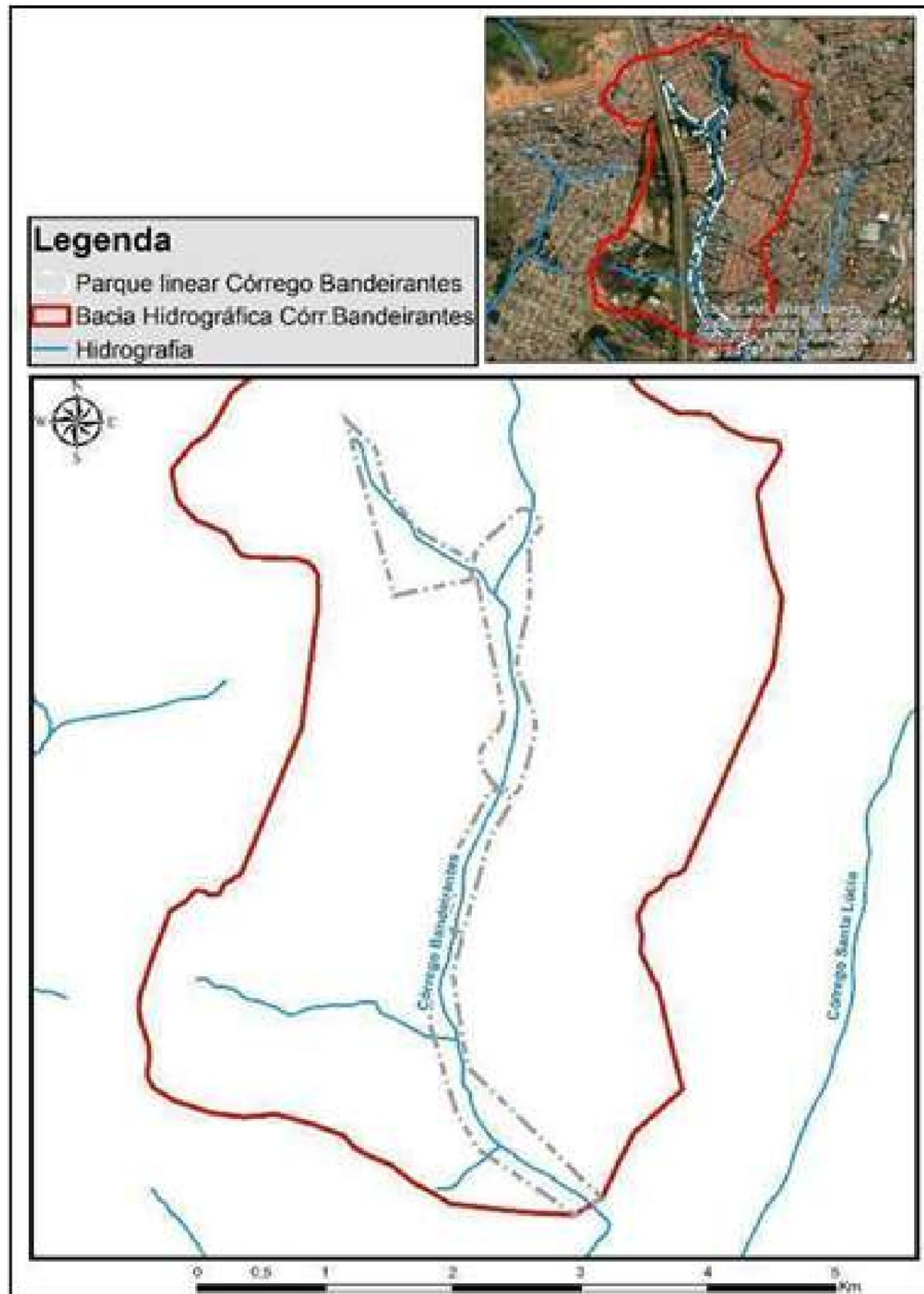


Figura 110: Mapa de hidrografia da região do Parque Linear do Córrego Bandeirantes

TOPOGRAFIA

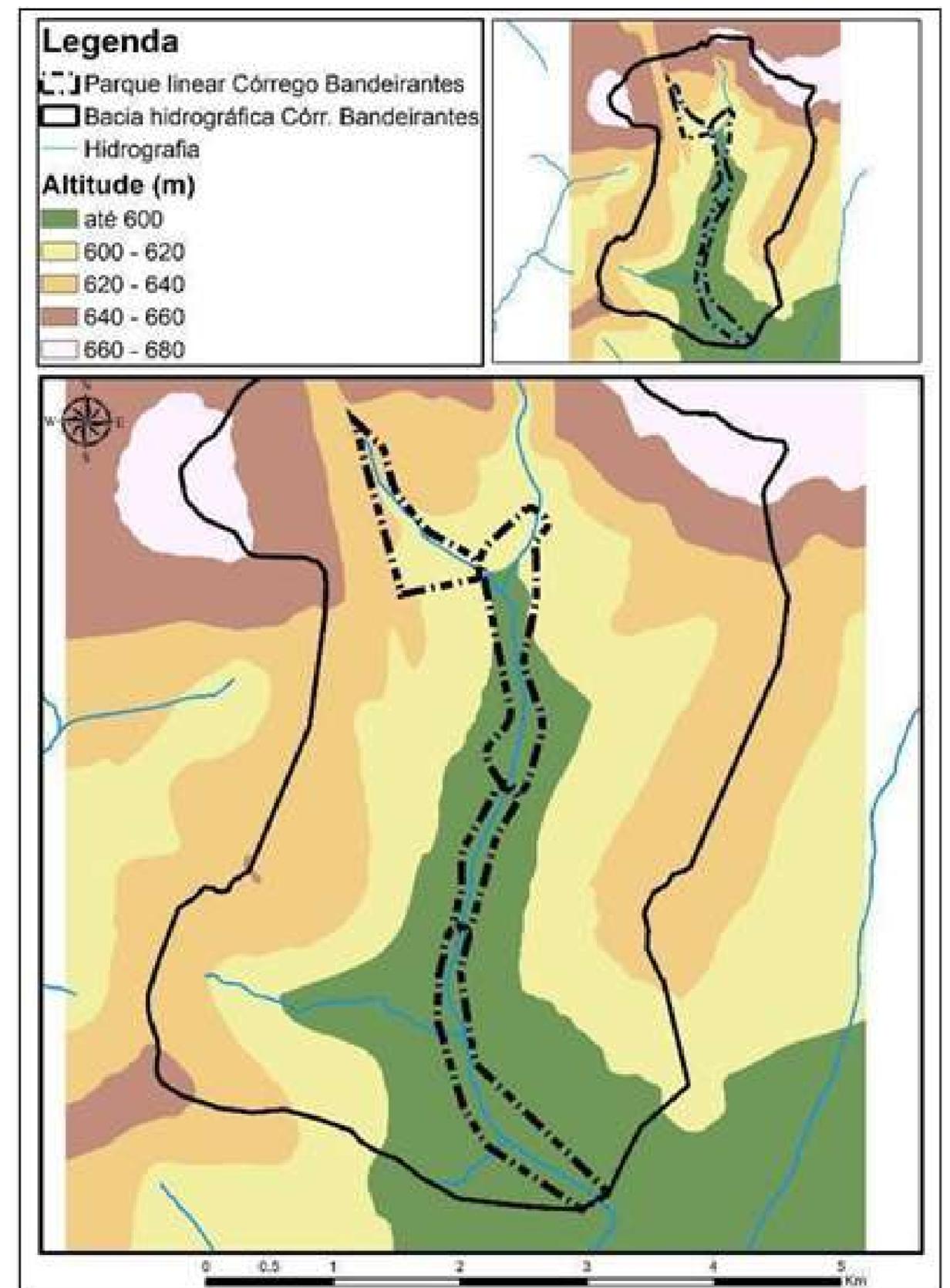


Figura 111: Mapa de altimetria da área proposta para o Parque Linear do Córrego Bandeirantes

DECLIVIDADE

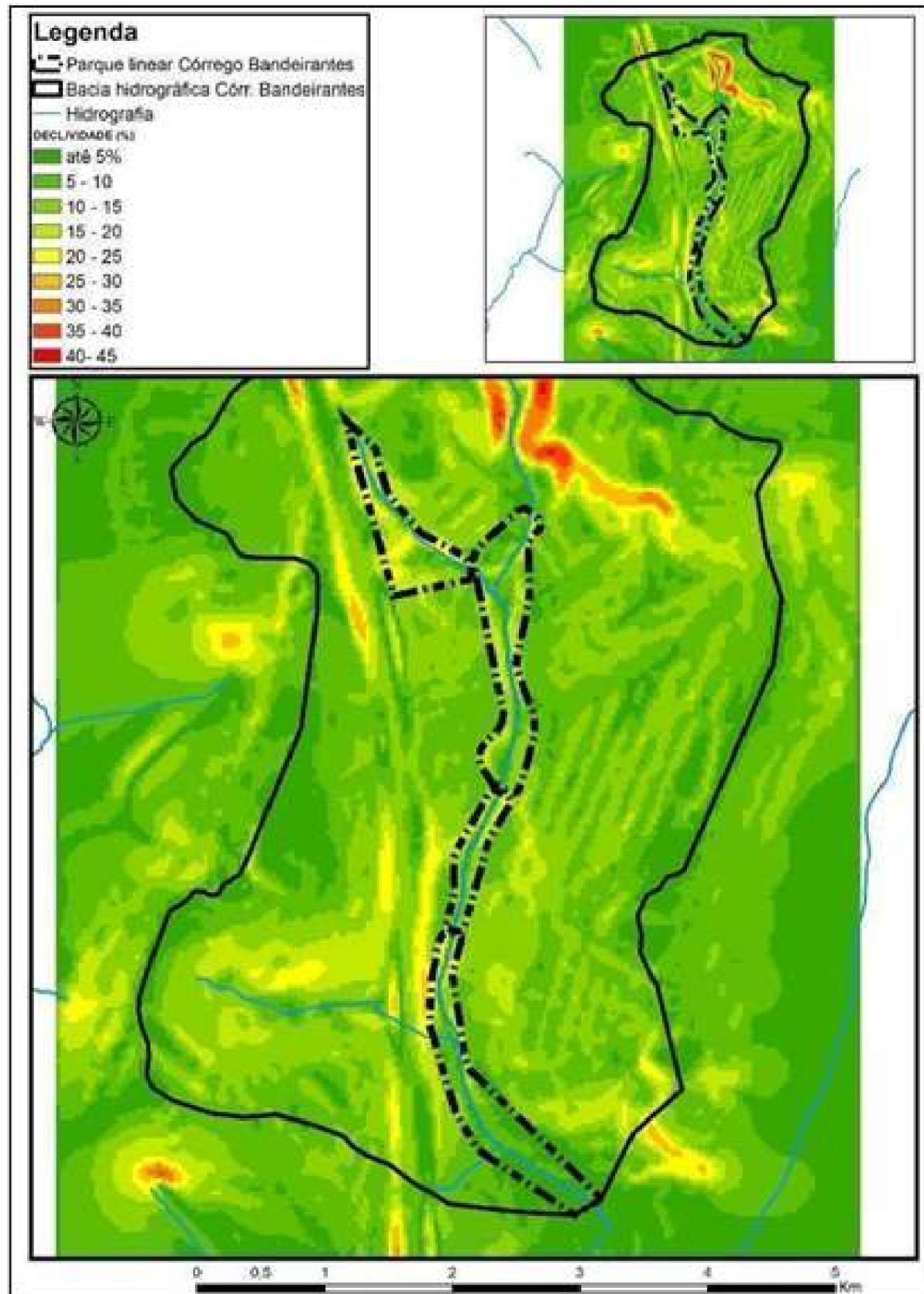


Figura 112: Mapa de declividade da área proposta para o Parque Linear do Córrego Bandeirantes

SOLOS

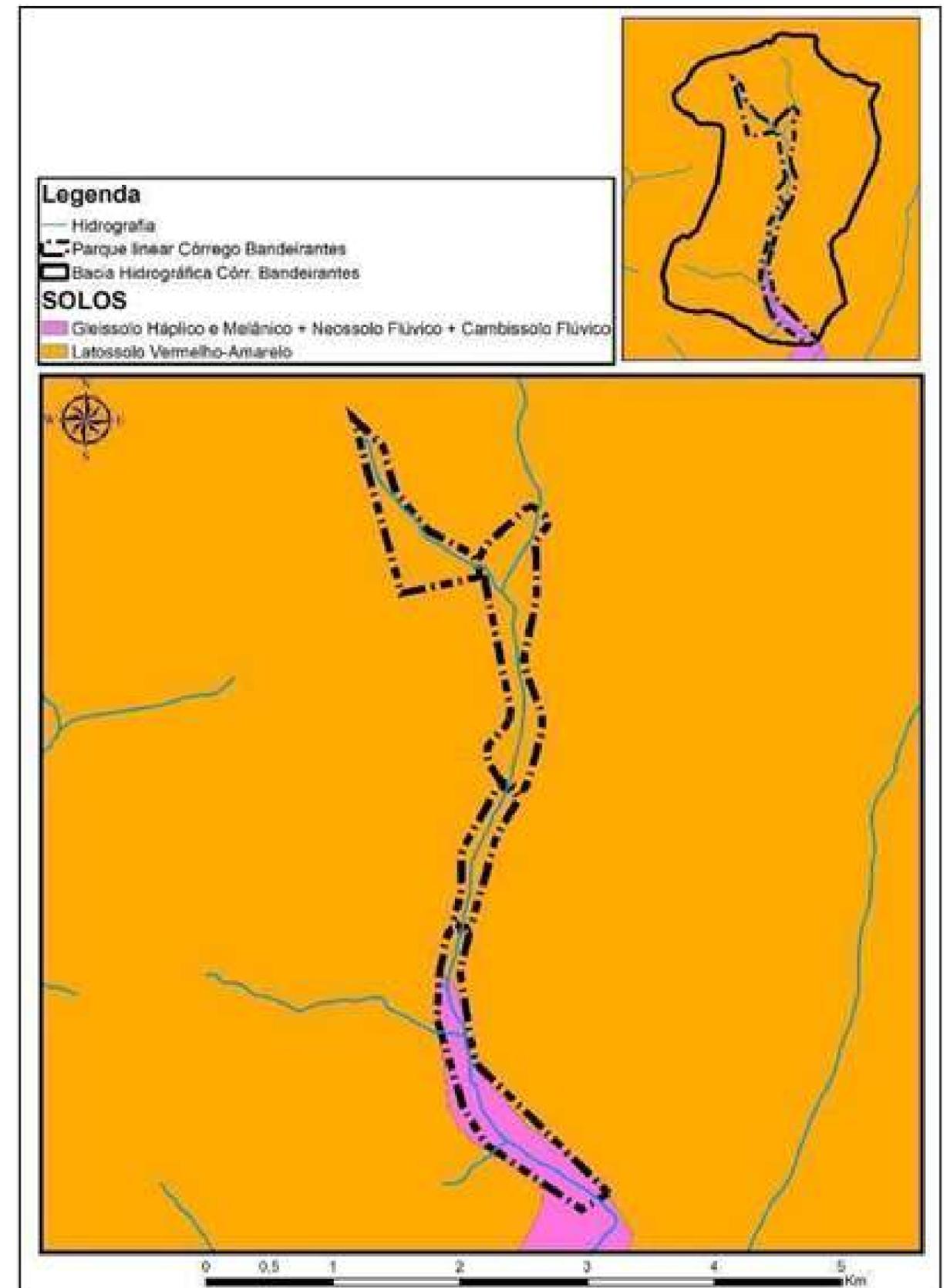


Figura 113: Mapa de solos da área proposta para o do Parque Linear do Córrego Bandeirantes

USO DA TERRA ATUAL

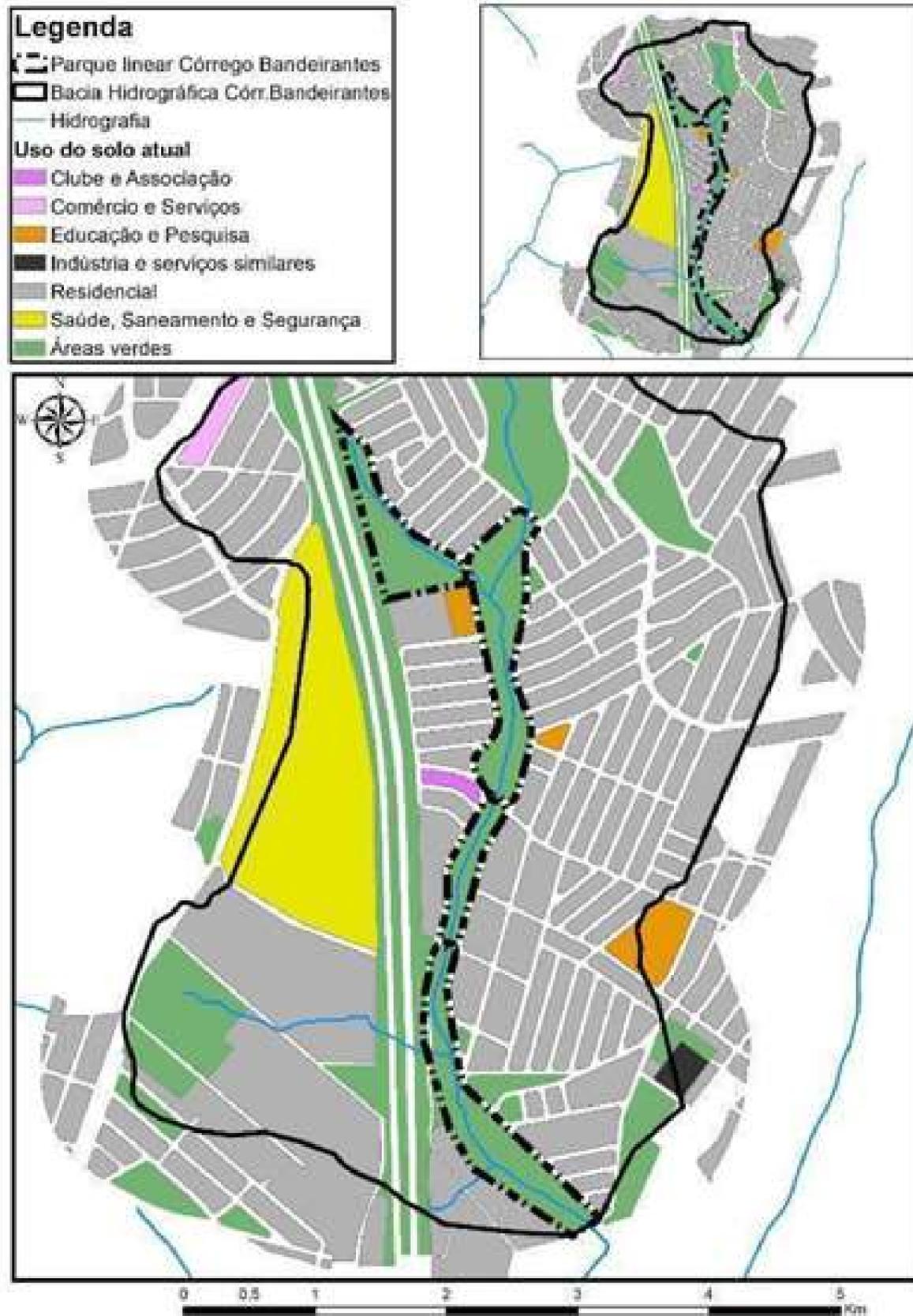


Figura 114: Mapa de uso e cobertura da terra da área proposta para o do Parque Linear do Córrego Bandeirantes.

MANCHA DE INUNDAÇÃO

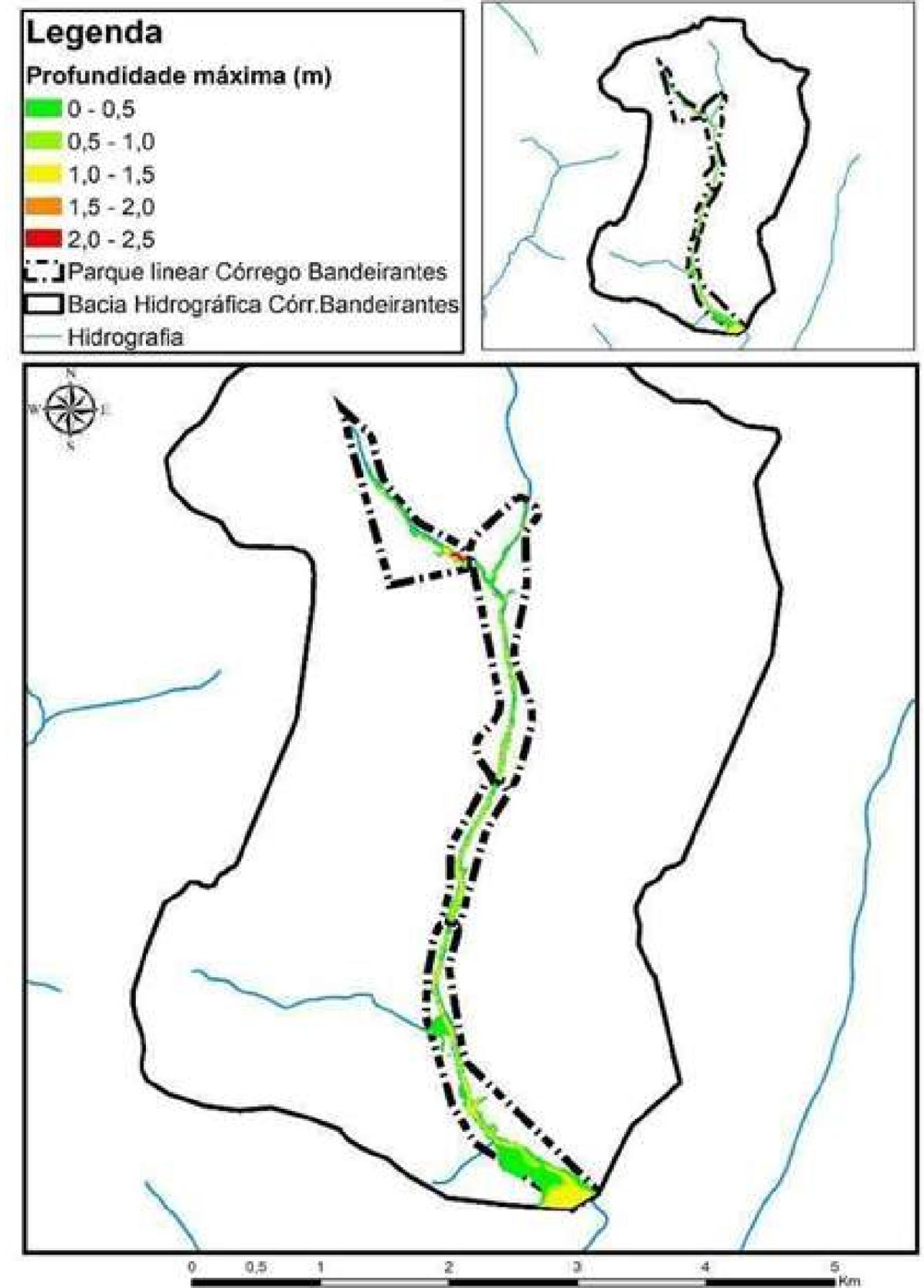


Figura 115: Mancha de inundação da área proposta para o do Parque Linear do Córrego Bandeirantes.

MANCHA DE INUNDAÇÃO

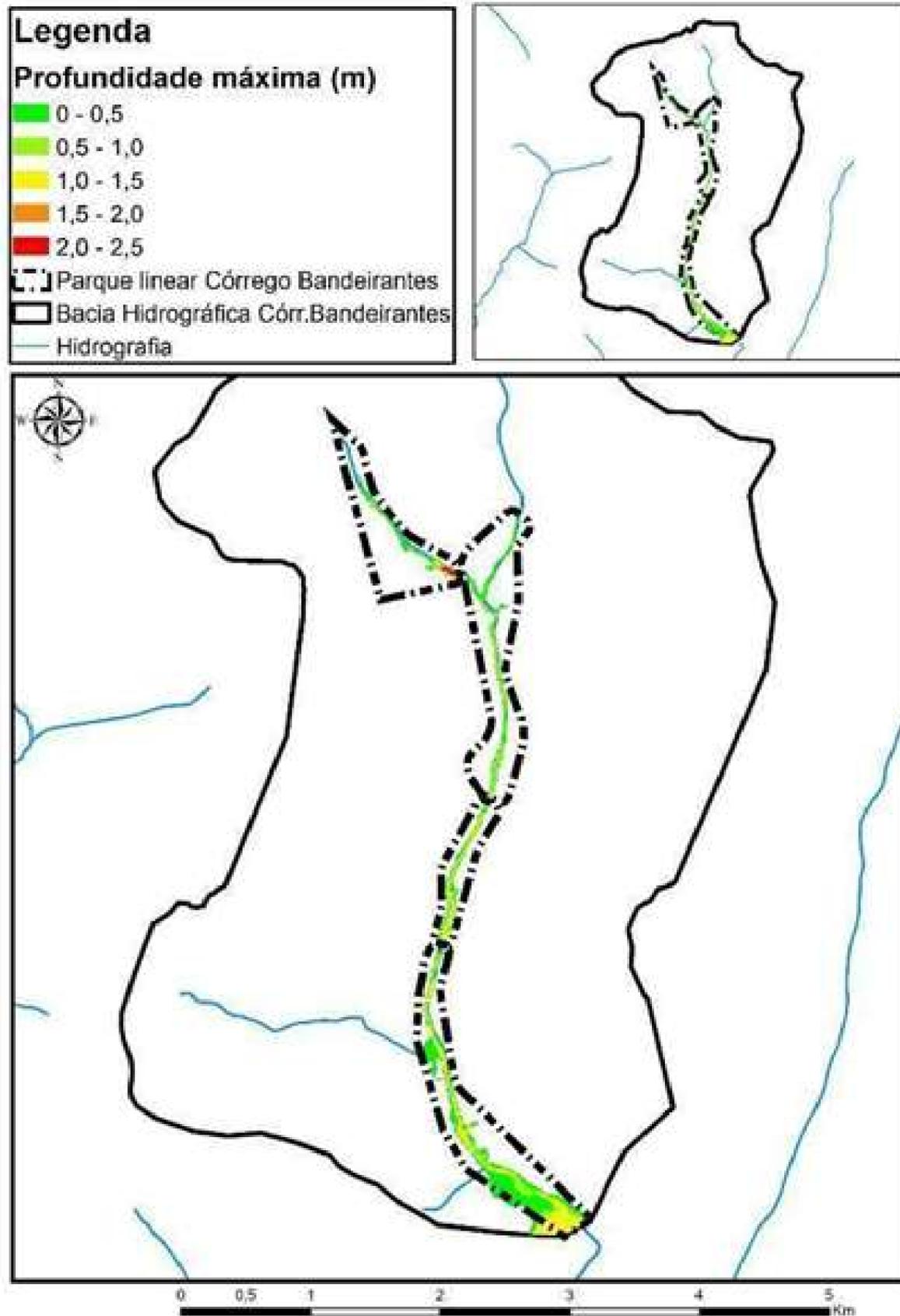


Figura 116: Mancha de inundação da área proposta para o Parque Linear do Córrego Bandeirantes (TR 25 anos).



Parque Fluvial do Jardim Maravilha
Rio de Janeiro - RJ

MAPAS TEMÁTICOS

O Loteamento Jardim Maravilha está localizado na porção oeste do município do Rio de Janeiro, próximo a bairros como Campo Grande e Guaratiba, em uma área de planície aluvial, com ocorrência original de áreas de várzeas. Atualmente, dominada por ocupação urbana consolidada, a região registra constantes eventos de alagamentos, principalmente devido às cheias do rio Piraquê-Cabuçu e intensa interferência da maré da baía de Sepetiba (HIDROSTUDIO, 2022).

Os principais rios formadores do Rio Piraquê são: o rio da Prata do Cabuçu e o rio Cabuçu, sendo o rio da Prata do Cabuçu (situado na extremidade nordeste da bacia) o afluente mais caudaloso, apesar de drenar uma área de apenas 28% da área total da bacia e concentrar cerca de 45% da vazão média de longo período registrada na foz do rio Piraquê.

Enquanto a sub-bacia do Cabuçu é bastante urbanizada, a sub-bacia do Prata do Cabuçu é uma das porções mais preservadas da bacia do Piraquê-Cabuçu, devido ao relevo mais montanhoso dessa região. As nascentes do Rio da Prata do Cabuçu estão localizadas na parte Noroeste da Área de Proteção Ambiental da Pedra Branca.

Quanto aos solos ocorrentes na área de interesse – limite proposto no anteprojeto para o Parque Fluvial do Jardim Maravilha- e entorno imediato, predominam, na porção norte e central, os gleissolos háplicos, solos minerais hidromórficos, de textura argilosa a muito argilosa. A vegetação original ocorrente nestes solos é de campo higrófilo de várzea (EMBRAPA, 2017). Na área sul do parque ocorrem gleissolos sálicos, de características semelhantes aos gleissolos háplicos, onde ocorriam, originalmente, campos halófilos de várzea. Nesta porção também ocorrem intrusões de solos indiscriminados de mangue, com vegetação original de manguezal.

Em relação a seus aspectos hidrológicos, os gleissolos podem ser classificados, pela Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros, como Grupo D, ou seja, solos mal drenados, com taxa

HIDROGRAFIA
TOPOGRAFIA
DECLIVIDADE
SOLOS
USO DA TERRA ATUAL
MANCHAS DE INUNDAÇÃO

Para caracterizar a região do limite do parque proposto e do seu entorno, apresenta-se a seguir alguns mapas temáticos e que auxiliam na identificação de aspectos importantes para a escolha de tipologias de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) mais adequadas para cada situação físico-ambiental.

de infiltração muito baixa, oferecendo pouquíssima resistência e tolerância à erosão. Os processos erosivos ocorrem menos por questões de declividade e mais por força mecânica dos rios que atravessam essas regiões. A taxa mínima de infiltração é de <1,27 mm/h, o que é um impeditivo para a aplicação de SbN voltadas a promover a infiltração de águas das chuvas. (SARTORI et al., 2005)

Devido ao processo de expansão urbana na região, parte da mata ciliar do Rio Piraquê-Cabuçu foi removida ao longo de alguns trechos, especialmente entre a Estrada Aterrado do Rio e a Av. Dom João VI, que é justamente o trecho em que deve ser instalado o novo parque fluvial. Sempre que possível, para os casos de mata ciliar inexistente, a ação mais adequada é a restauração ecológica (por plantio total, ou isolamento e condução da regeneração natural), buscando-se minimamente atender às larguras preconizadas no Código Florestal. No caso de mata ciliar existente mas degradada, também recomenda-se o isolamento, para recuperação natural.

A instalação de passarelas elevadas sobre o solo da mata ciliar e de decks de contemplação à beira-rio são soluções possíveis para estimular o contato visual da população com o Rio Piraquê-Cabuçu.

Em relação ao relevo, a conformação geomorfológica é de planície aluvial, sendo que cerca de 63% da área total apresenta declividades muito baixas (abaixo de 2 graus) e quase 89% da área têm declividades inferiores a 5 graus. Acerca das áreas suscetíveis a inundação na área proposta pelo parque, simulações hidrodinâmicas realizadas pela empresa Hidrostudio, utilizando diferentes períodos de retorno (Tr) e durações de chuva (levando em conta também os efeitos da maré), permitiram um mapeamento relativamente preciso das áreas que geralmente são alagadas em chuvas intensas. Quando se simulou uma chuva com Tr = 10 anos e duração de 12 horas, o mapeamento indica uma concentração de áreas inundáveis na porção sul do parque proposto, na região de interflúvio entre os rios Piraquê-Cabuçu e dos

Porcos; a área inundável calculada tem cerca de 35 hectares, sendo quase 31 hectares inundados com profundidades de alagamento inferiores a 1 metro.

Já quando a chuva simulada tem Tr = 25 anos e duração de 12 horas, cerca de 64 hectares dos 137 hectares que compõem a área proposta pelo parque seriam alagados, dos quais cerca de 59 hectares teriam profundidades de alagamento inferiores a 1 metro. A mancha de inundação, neste caso, também atingiria as porções central e norte do parque, além da porção sul.

LOCALIZAÇÃO

VAZÕES AFLUENTES

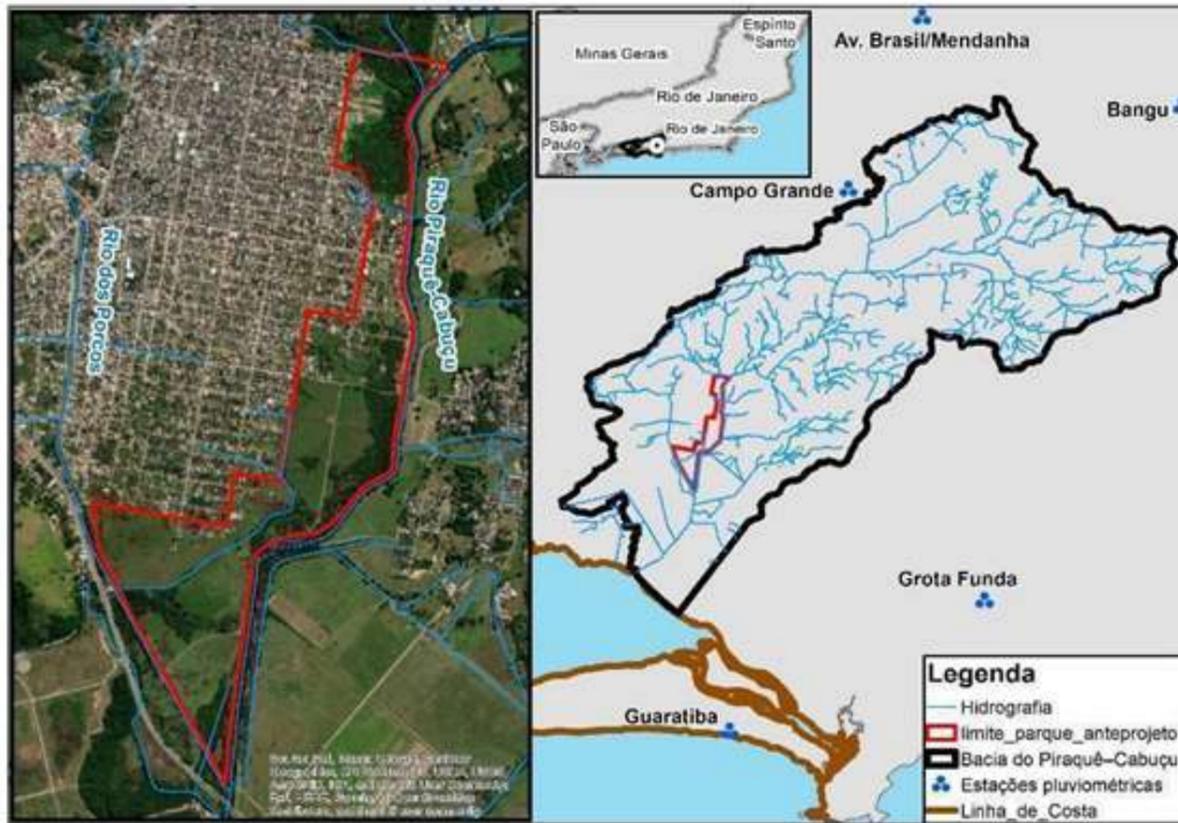


Figura 117: Mapa de localização da área proposta para o Parque Fluvial do Jardim Maravilha na bacia do rio Piraquê-Cabuçu.

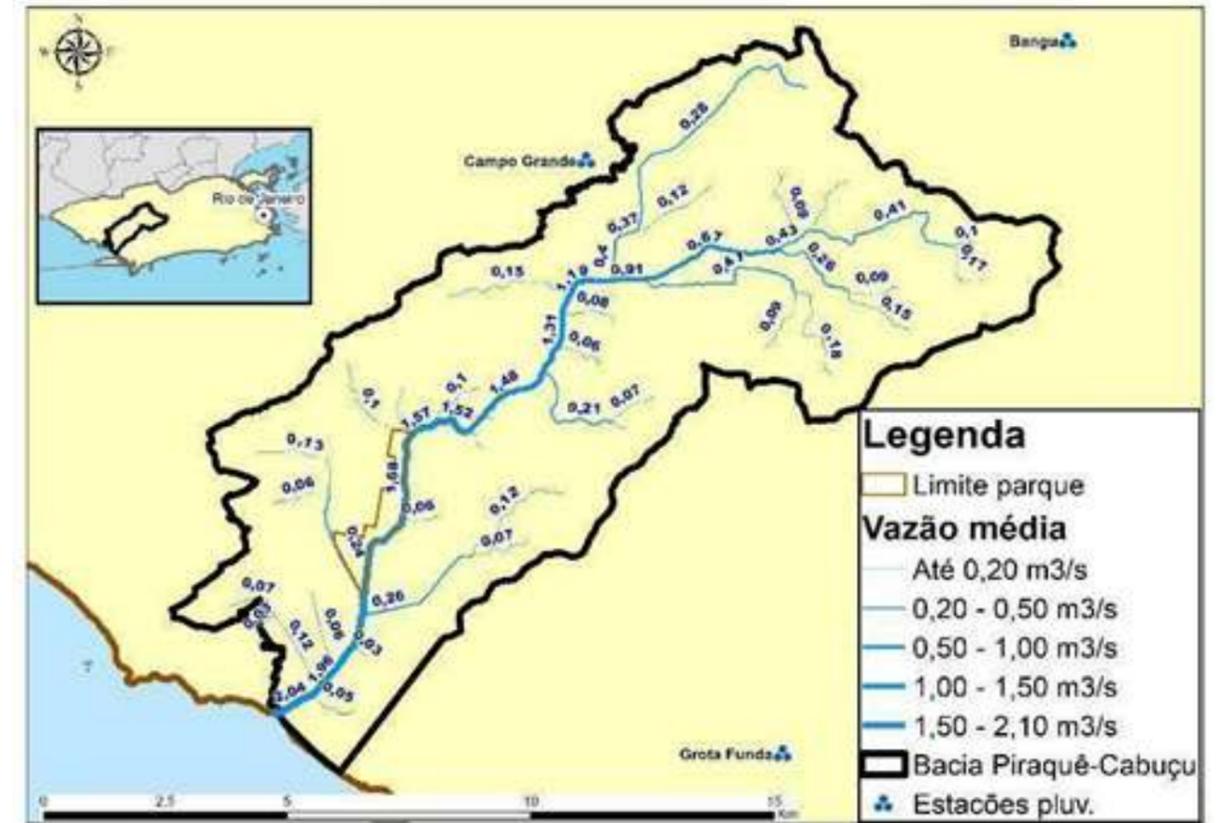


Figura 118: Mapa de vazões médias de longo período dos rios da bacia do Piraquê-Cabuçu.

TOPOGRAFIA

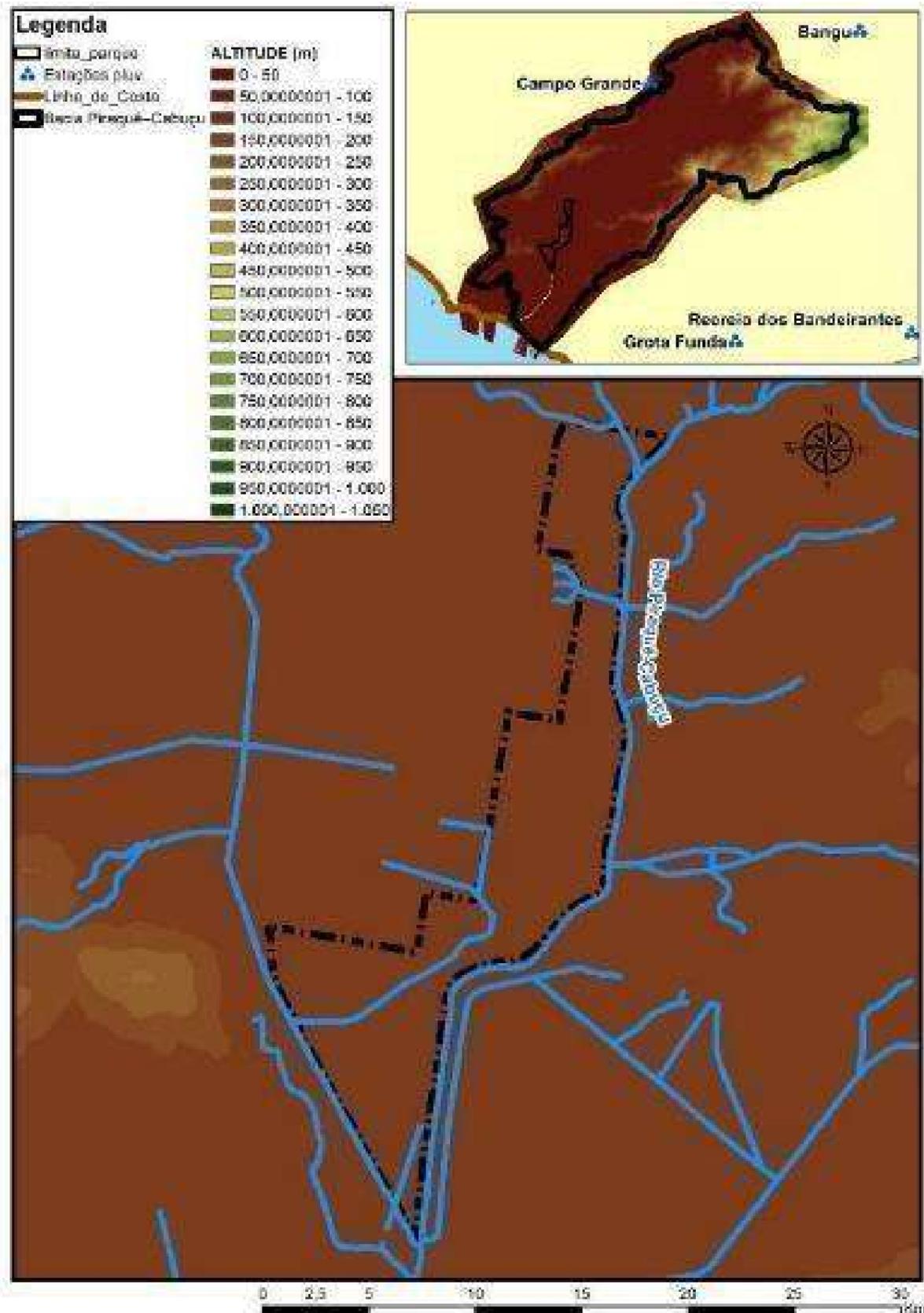


Figura 119: Mapa de altimetria da área proposta para o Parque Fluvial do Jardim Maravilha.

DECLIVIDADE

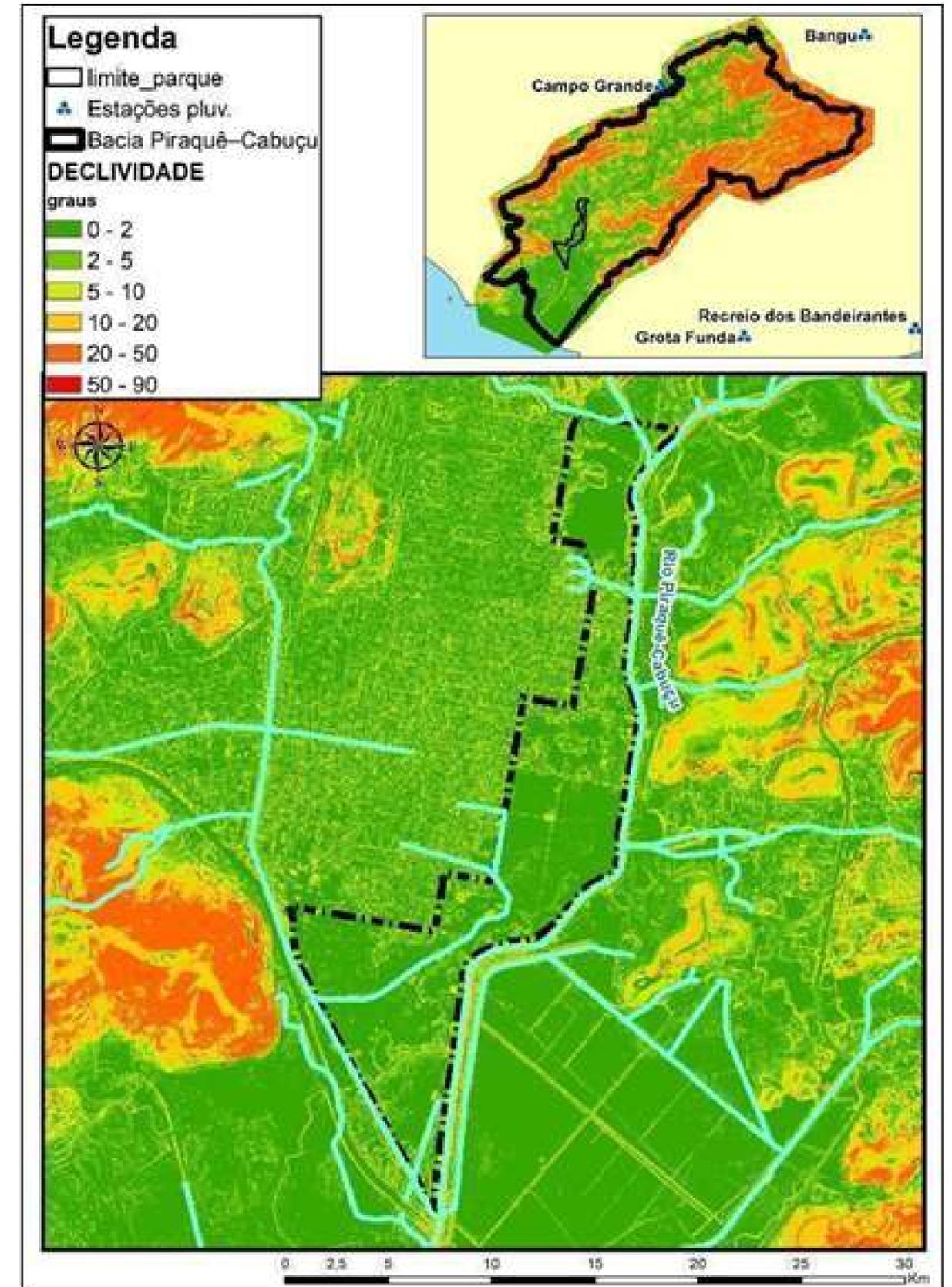


Figura 120: Mapa de declividade da área proposta para o Parque Fluvial do Jardim Maravilha.

SOLO

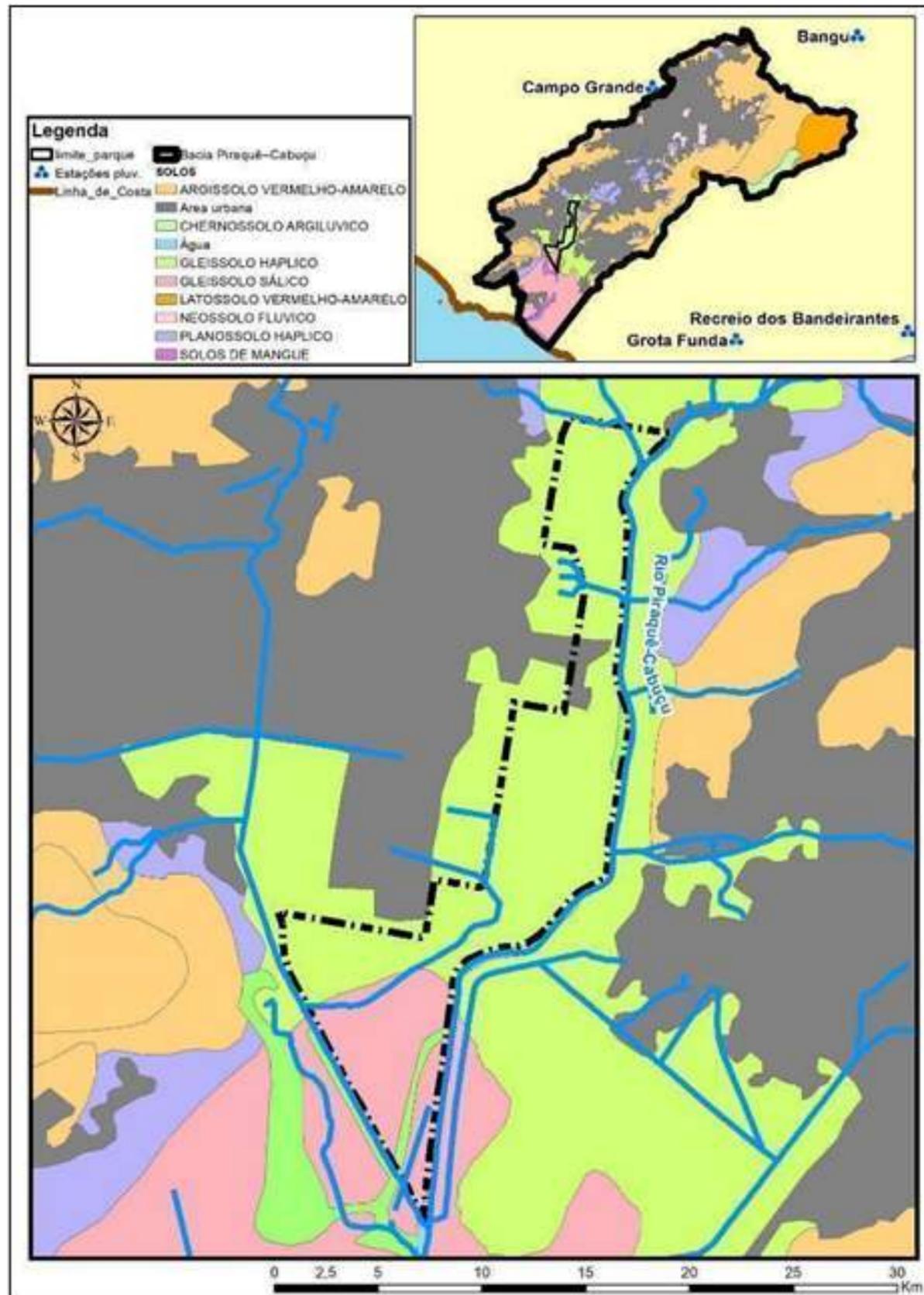


Figura 121: Mapa de solos da área proposta para o Parque Fluvial do Jardim Maravilha.

USO DA TERRA ATUAL

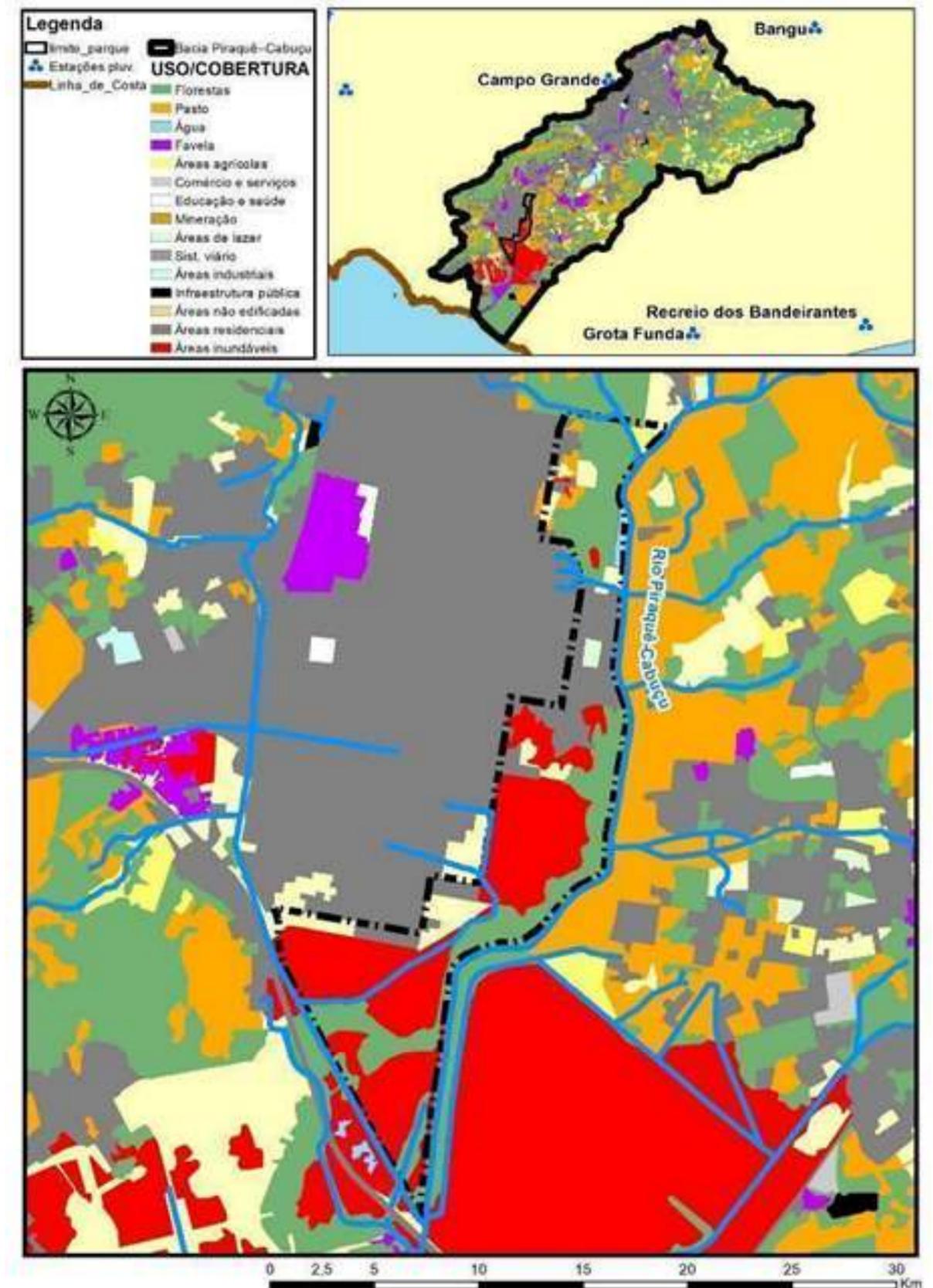


Figura 122: Mapa de uso e cobertura da terra da área proposta para o Parque Fluvial do Jardim Maravilha.

MANCHAS DE INUNDAÇÃO

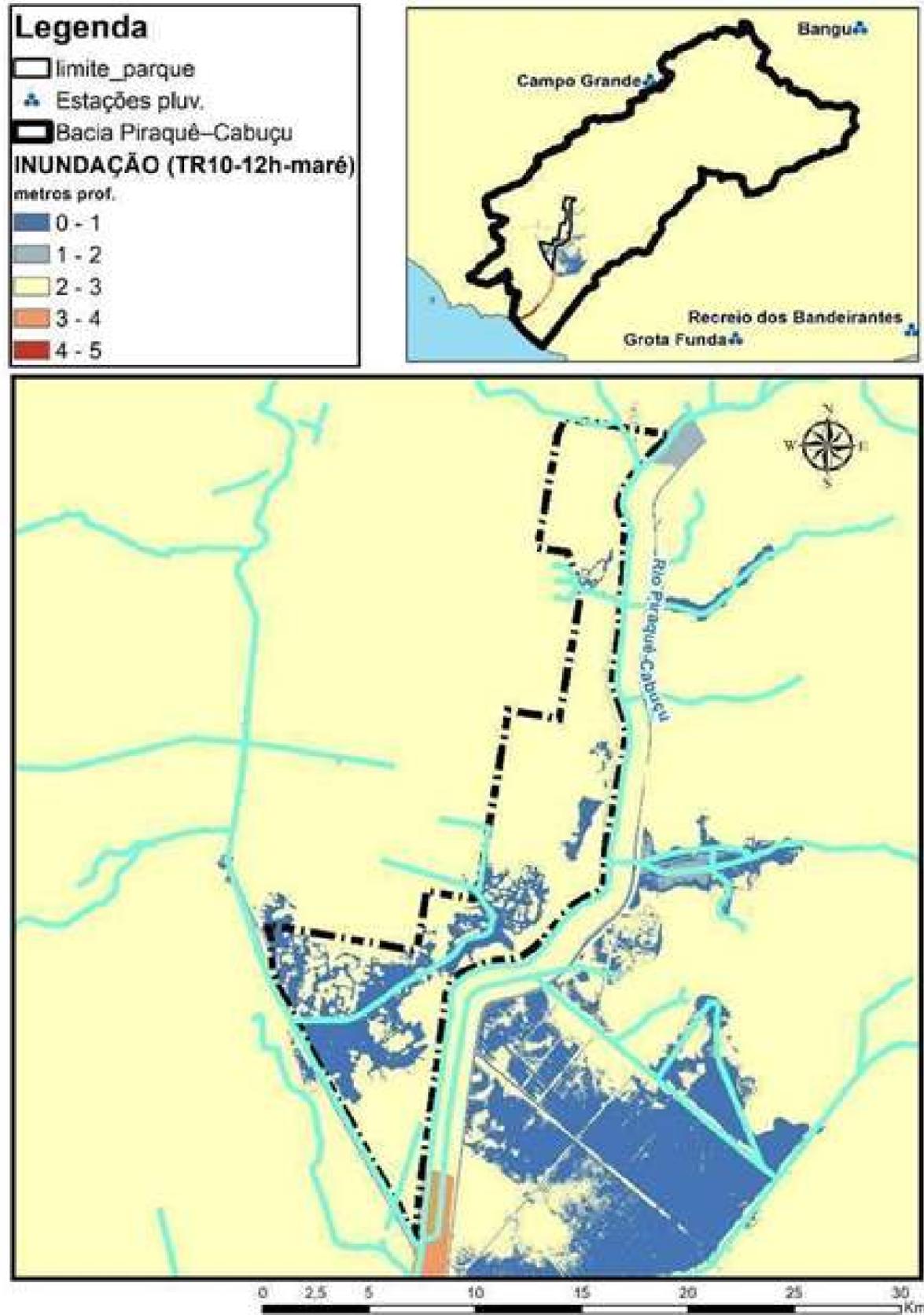


Figura 123: Mancha de inundação da área proposta para o Parque Fluvial do Jardim Maravilha (TR 10 anos - Chuva de 12 horas, com efeito de maré).

MANCHAS DE INUNDAÇÃO

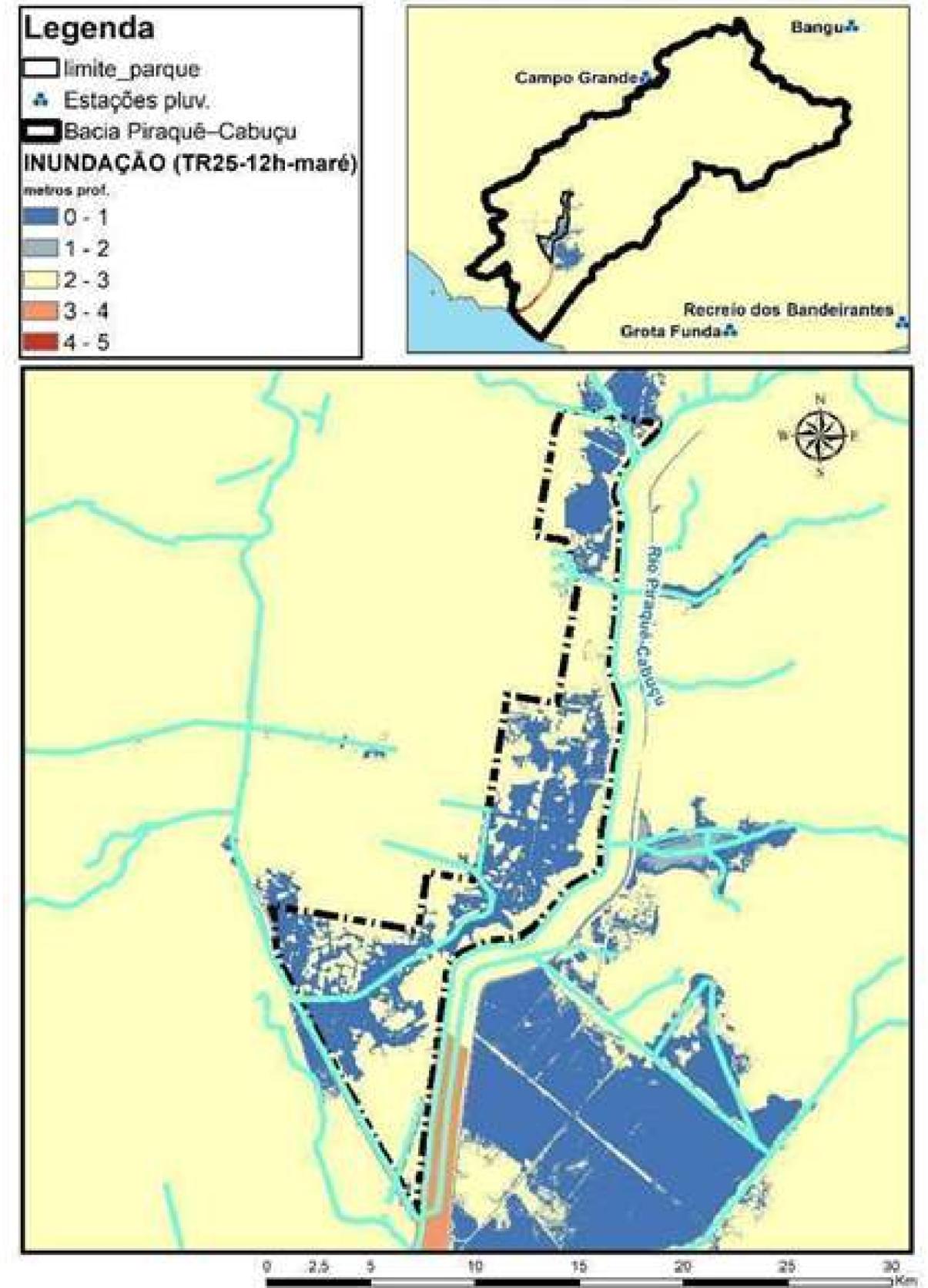


Figura 124: Mancha de inundação da área proposta para o Parque Fluvial do Jardim Maravilha (TR 25 anos - Chuva de 12 horas, com efeito de maré).

TIPOLOGIAS DE SBN SUGERIDAS PARA O PARQUE LINEAR DO CÓRREGO BANDEIRANTES E PARA O PARQUE FLUVIAL DO JARDIM MARAVILHA

CP

CANTEIRO PLUVIAL:

Para **ambos os parques**, inseridos em planície aluvial com ocorrências de alagamentos, sugere-se a inserção de canteiros pluviais conectados à rede de drenagem convencional existente, com extravasores e paredes laterais e laje de fundo. Mais informações técnicas estão descritas no item **Canteiro Pluvial** deste Catálogo.

Localização estratégica: Principalmente em calçadas, vagas de estacionamento em vias, leito carroçável.

BV

BIOVALETA:

Para o **Parque Fluvial do Jardim Maravilha**, inserido em planície aluvial com ocorrências de alagamentos, sugere-se a inserção de **biovaletas** na região do parque, associadas ao **pôlder**, para auxiliar na condução e escoamento das águas.

Para o **Parque Linear do Córrego Bandeirantes**, as biovaletas podem ser inseridas no sistema viário para conduzir as águas do escoamento superficial, antes de alcançar o corpo hídrico.

Mais informações técnicas estão descritas no item **Biovaleta** deste Catálogo.

Localização estratégica: Principalmente em canteiros centrais, estacionamentos, locais estreitos para condução da água ou ainda locais amplos associados a outro dispositivo como pôlder.

BD

BACIA DE DETENÇÃO:

Para o **Parque Fluvial do Jardim Maravilha**, inserido em planície aluvial com ocorrências de inundações, sugere-se a inserção de bacias de retenção na área interna e envoltória do parque. É necessária a realização de estudo hidrológico e hidráulico para verificar o volume de armazenamento necessário.

Mais informações técnicas estão descritas no item **Bacia de Detenção** deste Catálogo.

Localização estratégica: Parque inundável, área destinada a reservação a montante da bacia, quadras esportivas, praças e parques.

Para o **Parque Linear do córrego Bandeirantes**, esta tipologia **não se aplica**, uma vez que serão propostas outras estruturas de contenção de

BR

águas mais eficientes para a região.

BACIA DE RETENÇÃO:

Para **ambos os parques**, inseridos em planícies aluviais com ocorrências de inundações, sugere-se a inserção de bacias de retenção. Porém, devem ser realizados estudos hidrológicos e hidráulicos para verificar o volume de armazenamento necessário em cada caso. A estrutura de armazenamento possui uma lâmina d'água permanente que possibilita o uso integrado aos parques e permite a utilização do espaço pela população. A água fica armazenada por longos períodos possibilitando a decantação de partículas sólidas e consequente redução de cargas poluentes.

Mais informações técnicas estão descritas no item **Bacia de Retenção** deste Catálogo.

Localização estratégica: Parque inundável, lâmina d'água permanente e inundável em época de cheia.

RESERVATÓRIO ANFÍBIO:

Para o **Parque Fluvial do Jardim Maravilha**, inserido em planície aluvial com ocorrências de inundações, sugere-se que a inserção do reservatório anfíbio seja na área destinada ao armazenamento de água. É necessária a realização de estudo hidrológico e hidráulico para verificar o volume necessário e a necessidade de controle de cheias, por se tratar de um dispositivo desenvolvido para substituir a necessidade do uso de reservatórios convencionais.

Idealizado como um parque, para além das paredes de concreto, este tipo de reservatório se transforma também em área de lazer e recuperação ambiental (características e necessidades importantes identificadas para o Parque Fluvial do Jardim Maravilha).

Mais informações técnicas estão descritas no item **Reservatório Anfíbio** deste Catálogo.

Localização estratégica: Reservação e lazer.

Para o **Parque Linear do Córrego dos Bandeirantes** esta tipologia **não se aplica**, uma vez que serão propostas outras estruturas de contenção de águas mais adequadas.

WETLANDS CONSTRUÍDOS:

Para o **Parque Fluvial do Jardim Maravilha** sugere-se a inserção de wetlands construídos na área do parque. É necessária a realização de estudo hidrológico e hidráulico para verificar dimensionamento necessário. É uma tecnologia flexível que pode compor diferentes arranjos

WC

tecnológicos específicos para tratar diversos tipos de efluentes (características e necessidades identificadas para o Parque Fluvial do Jardim Maravilha).

Para o **Parque Linear do Córrego do Bandeirantes** sugere-se associar wetlands aos equipamentos sanitários e/ou quiosques instalados na área do parque. Essa composição visa tratar a carga pontual de esgotamento sanitário e após desemboque de galerias com alta carga de poluentes, proporcionando um tratamento dessa contribuição antes que este seja despejado no corpo hídrico principal.

O sistema otimiza a capacidade de fitorremediação de plantas e microorganismos, capazes de absorverem nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, decompondo contaminantes e patógenos por meio de processos biológicos.

Mais informações técnicas estão descritas no item Wetlands Construídos deste Catálogo.

Localização estratégica: Parques.

ILHAS FILTRANTES FLUTUANTES:

Para o **Parque Fluvial do Jardim Maravilha**, sugere-se a inserção das Ilhas Filtrantes Flutuantes ao longo do Rio Piraquê Cabuçu. Elas possuem um papel similar aos Wetlands Construídos com o diferencial de que podem ser implementadas diretamente ao longo do curso do rio, córrego, lago e lagoas.

Para o **Parque Linear do Córrego dos Bandeirantes**, onde a vazão de base é baixa, sugere-se as Ilhas em bacias de retenção com lâmina d'água a partir de 0,8m. O sistema otimiza a capacidade de fitorremediação de plantas e microorganismos, capazes de absorver nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio e decompor contaminantes e patógenos por meio de processos biológicos.

Mais informações técnicas estão descritas no item **Ilhas Filtrantes Flutuantes** deste Catálogo.

Localização estratégica: Lagos e lagoas eutrofizados, rios e córregos com excesso de nutrientes e canais de águas residuais abertos.

POLDER VEGETADO:

Para o **Parque Fluvial do Jardim Maravilha**, inserido em planície aluvial com ocorrências de inundações, sugere-se a inserção do Polder Vegetado na área urbanizada e no parque fluvial (inundável), conforme avaliações prévias de dados do local e fornecidas ao consórcio, da Fundação Rio Águas e Hidrostudio.

O sistema visa ser mais eficiente e ecológico se for construído em conexão com as SbN, de modo a se tornar uma infraestrutura híbrida com: alterações em sua infraestrutura, incluindo materiais naturais e filtros; substituição de rede de microdrenagem convencional por biovaletas e outras tipologias cabíveis ao cenário; e, a se considerar, a substituição do reservatório tradicional pelo reservatório anfíbio.

Mais informações técnicas estão descritas no item **Polder Vegetado** deste Catálogo.

Localização estratégica: entre área urbanizada e curso de rio existente; entre área urbanizada e parque fluvial (inundável).

Para o **Parque Linear do Córrego dos Bandeirantes** esta tipologia **não se aplica**, uma vez que serão propostas outras estruturas de contenção de águas.

ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO:

MURO DE CONTENÇÃO COM PEDRAS:

Para o **Parque Fluvial do Jardim Maravilha**, sugere-se a inserção de Muros de Contenção com Pedras ao longo do Rio Piraquê Cabuçu, em pontos específicos em que as margens sejam verticalizadas ou taludes mais íngremes.

Para o **Parque Linear do Córrego dos Bandeirantes** sugere-se a inserção de barragens com pedras argamassadas para contenção das águas fluviais. O detalhamento da sua dimensão e estrutura será entregue no Produto 4.

Mais informações técnicas estão descritas no item **Muro De Contenção Com Pedra** deste Catálogo.

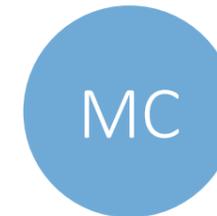
Localização estratégica: margens de rios e taludes

MURO DE PEDRA COM VEGETAÇÃO:

Para o **Parque Fluvial do Jardim Maravilha**, sugere-se a inserção de Muros de Pedras com Vegetação ao longo do Rio Piraquê Cabuçu, em pontos específicos em que as margens sejam verticalizadas. Podem ser utilizados em taludes mais íngremes com interesse de plantio de vegetação.

Mais informações técnicas sobre o dispositivo foram descritas no item **Muro de Pedras com Vegetação** deste Catálogo.

Para o **Parque Linear do Córrego dos Bandeirantes** optou-se por não utilizar esta SbN, frente aos cálculos de drenagem apresentados no Produto 4- Projeto básico do Parque Linear Córrego dos Bandeirantes.





Localização estratégica: margens de rios e taludes.

MURO DE GABIÕES COM VEGETAÇÃO:

Para o **Parque Fluvial do Jardim Maravilha** sugere-se que a inserção de Muros de Gabiões com Vegetação seja ao longo do Rio Piraquê Cabuçu em pontos específicos em que as margens sejam verticalizadas. Podem ser utilizados em taludes mais íngremes onde o fluxo de água não tenha velocidade elevada.

Para o **Parque Linear do Córrego dos Bandeirantes** sugere-se a inserção de gabhões nas barragens a montante para contenção das águas fluviais. O detalhamento da sua dimensão e estrutura será entregue no Produto 4- Projeto básico do Parque Linear do Córrego dos Bandeirantes.

Mais informações técnicas estão descritas no item **Muro de Gabiões com Vegetação** deste Catálogo.

Localização estratégica: margens de rios e taludes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Catálogo apresentou um método para seleção dos dispositivos (ou tipologias) de SbN em espaços livres públicos, reunindo informações técnicas, exemplos de aplicação, serviços ecossistêmicos prestados e os desafios para sua implantação.

As SbN constituem uma parte relevante do desenvolvimento urbano alinhado aos objetivos contemporâneos de cidades resilientes, sustentáveis e biofílicas.

Acredita-se que este material seja uma grande contribuição para gestores públicos e demais atores interessados na promoção de desenvolvimento sustentável para as cidades, reunindo informações que venham auxiliar a tomada de decisão, a ampliar a resiliência das cidades e prover a sociedade com soluções eficientes, inspiradas na natureza, com benefícios sociais, ambientais, e econômicos.

REFERÊNCIAS

- AACG- Anne Arundel County Government. Design Guidelines for Step Pool Storm Conveyance. 2 ed. Nov, 2010 (Online)
- ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland. Projeto Técnico: Reservatório de Detenção, 2013 (Online) Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha-São Paulo. *Revista Árvore*, v. 27, p. 257-262, 2003.
- BAPTISTA, M; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 2005.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. (Online) Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br>. Acesso: em jan. 2023
- BARBOSA, L.M. et al. Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Botânica, 2017.
- BROADBENT, Ashley M. et al. The cooling effect of irrigation on urban microclimate during heatwave conditions. *Urban climate*, v. 23, p. 309-329, 2018.
- BURKHARD, B.; KROLL, F.; NEDKOV, S.; MÜLLER, F. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological indicators*, v. 21, p. 17-29, 2012.
- CITY OF PORTLAND. Stormwater Management Manual. Portland: Bureau of Environmental Services, 2020.
- COHEN-SHACHAM, E. et al. Nature-based solutions to address global societal challenges. *IUCN: Gland, Switzerland*, v. 97, p. 2016-2036, 2016.
- CORMIER, N.; PELLEGRINO, P.R.M. Infraestrutura Verde: Uma estratégia paisagística para a água Urbana. *Paisagem e Ambiente*, v. 25, p. 127-42. 2008
- COSTANZA R. et al. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem services*, v. 28, p. 1-16, 2017]
- DIÁRIO OFICIAL DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. Lista de Espécies Vegetais Exóticas Invasoras do Município do Rio de Janeiro. Ano XXVIII, n. 11. Rio de Janeiro. 31.mar.,2014
- EGGLESTON, S. Estimation of Emissions from CO2 Capture and Storage: the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: Presentation at the UNFCCC workshop on carbon dioxide capture and storage. 2006.
- EISENBERG, Bernd; POLCHER, Vera. Nature Based Solutions–Technical Handbook. Personal Communication, 2019.
- EMBRAPA, 2017
- EVERS, H. et. al. Soluções baseadas na natureza: exemplos implementados por cidades brasileiras. WRI. 31.Out, 2022 (Online) Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/solucoes-baseadas-na-natureza-exemplos-implementados-por-cidades-brasileiras>
- FCTH/SIURB-PMSP. Cadernos de Bacia Hidrográfica. São Paulo: FCTH/SIURB, 2022.
- FCTH/SIURB-PMSP. Caderno de bacia hidrográfica: bacia do córrego Anhangabaú. São Paulo: FCTH/SIURB, 2021. 264 p.
- GALLAI, N. et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009.
- GOBATTO, A.A.; CHAGAS, L.S.; DE SOUZA PEREIRA, R. É o arboreto do Jardim Botânico do Rio de Janeiro Hotspot Urbano para Polinizadores?. *Biodiversidade*, v. 20, n. 2, 2021.
- GONÇALVES, F. C.; Tominaga, E. N. S.; Algodoal, P.; Sandre, A. A.; Pombo, R. M. R.; Sosnoski, A.; Pion, S. M.; Conde, F.; Garcia, J. I. B.; Barros, M. T. L. de. Avaliação de dispositivos de drenagem de baixo impacto (LIDS) para fins de planejamento: um estudo de caso na Bacia do córrego Saracura (São Paulo). XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS, 2018.
- HEADLEY, T. R.; TANNER, C. C. Floating treatment wetlands: an innovative option for stormwater quality applications. In: 11th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Indore, India. 2008.
- HELGARD, Z. *Ingenieurbiologie: Handbuch Bautypen*. ed.1 Zurich: vdf Hochschulverlag, 2007
- HERZOG, C.; ROZADO, C.. Diálogo Setorial UE-Brasil sobre soluções baseadas na natureza. Contribuição para um roteiro brasileiro de soluções baseadas na natureza para cidades resilientes. Bélgica: Comissão Europeia. Jul., 2019. (Online) Disponível em: <https://oppla.eu/sites/default/files/docs/Portuguese-EU-Brazil-NBS-dialogue-low.pdf>
- Parque Fluvial do Jardim maravilha. Prefeitura municipal do Rio de Janeiro. HIDROSTUDIO, no prelo.
- POTTS, S.G. et al. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. 2016.
- IUCN- International Union for Conservation of Nature. Defining Nature-based Solutions, 27 set. 2016 (Online). Disponível em: <http://www.iucn.org/theme/nature-based-solutions/about>. Acesso em 19 dez.2019
- JBRJ- Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Flora e Funga do Brasil. (Online) Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em: 04 jan. 2023
- MACHADO, P.; WADT, P. Terraceamento. Embrapa. 29 set, 2021.(Online) Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-de-terras-altas/terraceamento>
- MAGNOLI, M. M. O parque no desenho urbano. *Paisagem e Ambiente*, n. 21, p. 199-213, 2006.
- MATOS, M; MATOS, A. A importância do substrato poroso e atuação das macrófitas no desempenho dos wetlands construídos no Tratamento de Águas Residuárias. In: *Wetlands Construídos como Eco-tecnologia para o Tratamento de Águas Residuárias*. Curitiba: Brazil Publishing, 2021
- MMA- Ministério do Meio Ambiente. Bibliografia brasileira de polinização e polinizadores. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Questões Teóricas de Conforto Térmico em Espaços Abertos: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos. *Ambiente Construído*, v. 7, n. 3, p. 43-58, 2007.
- MORAES, D. F. Fragmentos verdes na Avenida Paulista: análise dos espaços livres sob o viés do urbanismo biofílico. 2020.
- ONU HABITAT III. Nova Agenda Urbana: Declaração de Quito sobre Cidades e Assentamentos Humanos Sustentáveis para Todos. 2016. (Online) Disponível em: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Portuguese-Angola.pdf>.
- PAVLINERI, N.; SKOULIKIDIS, N.T.; TSIHRINTZIS, V. A. Constructed floating wetlands: a review of research, design, operation and management aspects, and data meta-analysis. *Chemical Engineering Journal*, v. 308, p. 1120-1132, 2017.
- PELLEGRINO, P. R. M et al. A paisagem da borda: uma estratégia para a condução das águas, da bio-

diversidade e das pessoas. Rios e paisagens urbanas em cidades brasileiras. PROURB, Rio de Janeiro, p. 57-76, 2006.

PINHEIRO, Maitê Bueno. Plantas para infraestrutura verde e o papel da vegetação no tratamento das águas urbanas de São Paulo: identificação de critérios para seleção de espécies. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PREFEITURA DE CAMPINAS. Resolução Nº 12 de 22 de outubro de 2015. Campinas: Biblioteca Jurídica. 22 Out, 2015 (Online) Disponível em: <https://bibliotecajuridica.campinas.sp.gov.br/index/visualizaroriginal/id/129068>. Acesso em: jan. 2023

PREFEITURA DE FORTALEZA. Programa Fortaleza Cidade Sustentável. (Online) Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/infocidade/362-programa-fortaleza-cidade-sustentavel>. Acesso em: jan.2023

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Prefeitura de São Paulo ultrapassa a marca de 200 jardins de chuva na cidade. 23 Set, 2022 (Online) Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/noticia/prefeitura-de-sao-paulo-ultrapassa-a-marca-de-200-jardins-de-chuva-na-cidade> Acesso 06 out. 2022

PREFEITURA DE NITERÓI. Parque Orla Piratininga. Pró-Sustentável. (Online). Disponível em: <http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/> Acesso em: 3. Jan.2023

RIGHETTO, A. M. (org.). Manejo de águas pluviais urbanas: manejo de águas pluviais urbanas. Rio de Janeiro: Abes, 2009.

RUSSEL, J.M. et al. Lake ecosystem on the Qinghai–Tibetan Plateau severely altered by climatic warming and human activity. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. v. 576, 15. Ago, 2021

SANDRE, A.A. Landscape information modeling: um conceito para projetos de paisagens multifuncionais. 2022. 241 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

SANDRE, A.A. et al. Soluções baseadas na natureza para manejo de águas pluviais. No prelo

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A.M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 2005.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A.I M.. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

SEZERINO, P.H. et al. Cartilha Wetlands construídos aplicados no tratamento de esgoto sanitário: recomendações para implantação e boas práticas de operação e manutenção. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018

SEZERINO. PH; PELISSARI. C. (orgs) Wetlands construídos como ecotecnologia para o tratamento de águas residuárias: experiências brasileiras 1.ed. Curitiba: Brazil Publishing, 2021. Disponível em <https://gesad.ufsc.br/files/2021/02/E-book-WETLANDS-BRASIL-Experiências-Brasileiras-1.pdf>

SHARIFI, A. et. al. Wetlands: Earth’s Kidneys. J. Lamar and B.G. Lockaby (ed.), Auburn Speaks. Auburn University, Auburn, AL, , 140-143, 2013.

SMDU- Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. v. 1,2 e 3 São Paulo: SMDU, 2012

STANFORD UNIVERSITY. InVEST Carbon Storage and Sequestration Model (Online) 2022 Disponível em: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest-models/carbon>

TAKAVAKOGLU, Vasileios et al. Screening Life Cycle Environmental Impacts and Assessing Economic Performance of Floating Wetlands for Marine Water Pollution Control. *Journal of Marine Science and Engineering*, v. 9, n. 12, p. 1345, 2021.

TALLIS, Heather et al. The natural capital project. *Bulletin of the British Ecological Society*, v. 41, n. 1, p. 10-13, 2010.

UACDC- University of Arkansas Community Design Center. Low Impact Development, a design manu-

al for urban areas. 2010 (Online) Disponível em : https://s3.amazonaws.com/uacdc/LID-Manual_Excerpt.pdf

UNEP- United Nations Environment Programme. Nature-based Solutions: Opportunities and Challenges for Scaling Up. Nairobi: UNEP, 2022

VILLAMAGNA, A.M. et. al. Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecological Complexity*, v. 15, p. 114-121, 2013.

XIAO, Qingfu et al. Rainfall interception by Sacramento’s urban forest. *Journal of Arboriculture*, v. 24, p. 235-244, 1998.

ZHAO, B. et al. Mapping coastal wetlands of China using time series Landsat images in 2018 and Google Earth Engine, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 163, 2020

Realização:



Autoria:



Esse catálogo integra material de elaboração de Metodologia para quantificação dos riscos e benefícios ambientais, econômicos e sociais de Soluções baseadas na Natureza (SbN) adotadas na implantação de Parques Lineares e Fluviais; Projeto Básico do Parque Linear do Córrego Bandeirantes, no município de Campinas - SP e Modelagem econômico financeira para manutenção do Parque Fluvial do Jardim Maravilha, no município do Rio de Janeiro- RJ.