



# 7<sup>o</sup> SSS

Simpósio sobre  
Sistemas  
Sustentáveis

**ANAIS**

---

Volume 03

## ***Organizadores***

Dr. Cristiano Poletto – UFRGS (Presidente)  
Dr. Julio Cesar de S. Inácio Gonçalves – UFTM  
Dr.<sup>a</sup> Cristhiane Michiko Passos Okawa – UEM

# **7º SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS**



Madrid – España  
2023

**Copyright © 2023, by IAHR Publishing.**

Direitos Reservados em 2023 por **IAHR Publishing.**

**Organização Geral da obra:** Poletto, Cristiano ; Inácio Gonçalves, Julio Cesar de S.; Passos Okawa, Cristhiane Michiko

**Editor:** Cristiano Poletto

**Diagramação:** Cícero Manz

**Revisão:** Elissandro Voigt Beier

**Capa:** Juliane Fagotti

**Copyright © 2023, by IAHR Publishing.**

Derechos Reservados en 2023 por **IAHR Publishing.**

**Organización General de la Obra:** Poletto, Cristiano ; Inácio Gonçalves, Julio Cesar de S.; Passos Okawa, Cristhiane Michiko

**Editor:** Cristiano Poletto

**Maquetación:** Cícero Manz

**Relectura General:** Elissandro Voigt Beier

**Portada:** Juliane Fagotti

---

Poletto, Cristiano; Inácio Gonçalves, Julio Cesar de S.; Passos Okawa, Cristhiane Michiko  
(Organizadores)

Anais do 7º Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis / Organizadores: Cristiano Poletto,  
Julio Cesar de S. Inácio Gonçalves, Cristhiane Michiko Passos Okawa. Volume 03.  
MADRI, España: IAHR Publishing, 2023.

677p.: il.;

ISBN • 978-90-833476-2-2

CDD: 600

*É AUTORIZADA a livre reprodução, total ou parcial, por qualquer meio, sem  
autorização escrita do Editor ou dos Organizadores.*

*ES AUTORIZADA la libre reproducción, total o parcial, por cualquier medio, sin  
autorización escrita del Editor o de los Organizadores.*

---



# A INFRAESTRUTURA VERDE COMO ABORDAGEM DE RENATURALIZAÇÃO DA PAISAGEM URBANA: CONCEPÇÕES E ELEMENTOS ESTRUTURANTES

1 Raquel Oliveira de Albuquerque, 2 Maria do Carmo de Lima Bezerra

1 Universidade de Brasília, e-mail: arq.raquel.a@gmail.com; 2 Universidade de Brasília, e-mail:mdclbezerra@gmail.com

**Palavras-chave:** Infraestrutura verde; Soluções baseadas na Natureza; drenagem

## Resumo

As cidades constituídas valeram-se sempre da urbanização com o aumento de áreas impermeabilizadas, esse fato se somou ao aumento dos picos climáticos levando a infraestrutura de drenagem tradicional não mais responder a sua função de promover o escoamento das águas de forma eficaz. Isso impõe, de um lado, a adoção de um urbanismo sensível à água, onde houver condições para tal, e ao retrofit das áreas críticas com soluções que aumentem a infiltração, como as que apresentam a infraestrutura verde. Nesse contexto, esta pesquisa visa identificar os princípios estruturantes que norteiam ações de promoção à infraestrutura verde e identificar elementos que podem ser utilizados nas áreas verdes e livres para atender os desafios da drenagem. Com base nos princípios aplicados à infraestrutura verde, foram analisados três projetos. Nas três situações, os problemas são basicamente os mesmos: alagamentos causados pelo excesso de impermeabilização. As soluções em comum tratam sempre das bacias onde estão localizados os projetos, se valendo de elementos de infraestrutura verde para aumentar a infiltração por meio da renaturalização da paisagem. Os elementos mais utilizados foram: pisos drenantes, tetos verdes, jardins de chuva, canteiros pluviais e biovaletas. A partir dos resultados obtidos nos projetos estudados, considerando os elementos de infraestrutura verde utilizados para a drenagem, pode-se concluir que essas soluções constituem alternativas tecnicamente viáveis para ampliar o volume de retenção em áreas urbanas e para aumentar os índices de infiltração da água no solo.

## Introdução

O aumento no número e no tamanho das cidades estão continuamente gerando pressões sobre os ecossistemas, pois esses processos conduzem uma conversão em larga escala de paisagens rurais para urbanas com alterações no ciclo da água e consumo de mais recursos naturais. Como consequência dos impactos sobre a natureza, também, se produz impactos sobre as pessoas, pois as cidades como decorrência da criação de superfícies impermeáveis concentram riscos de desastres naturais devido à interrupção do ciclo da água. São comuns problemas como enchentes, poluição da água, deslizamentos de terra, rebaixamento dos lençóis freáticos, etc. Esses problemas representam novos desafios à funcionalidade do ecossistema e ao bem-estar humano nas cidades onde o tema das águas urbanas se destaca como dos mais relevantes.

Todavia, pode ser identificado um movimento na criação de paisagens urbanas que mimetizam as pressões sobre as funções ecológicas. Destaca-se a estratégia de implantação de espaços livres, paisagisticamente tratados para serem muito mais do que meras ações de embelezamento urbano, mas também para desempenharem funções infraestruturais relacionadas ao manejo das águas urbanas, conforto ambiental, biodiversidade, alternativas de circulação, acessibilidades e imagem local (Cormier e Pellegrino, 2008).

Essa rede de espaços interconectados, na escala do planejamento urbano e regional, pode ser vista como uma “infraestrutura verde”, composta de áreas naturais e outros tipos de espaços abertos que conservam os valores dos ecossistemas naturais e suas funções como mananciais, controle ambiental, regulação climática, recreação e lazer, provendo uma ampla gama de benefícios para a sociedade. Os sistemas naturais oferecem valiosos serviços ecológicos para as cidades: o abastecimento de água, o tratamento das águas pluviais, a melhoria do microclima e o sequestro de carbono (Cormier e Pellegrino, 2008). Torna-se necessária a implantação de ações para a renaturalização da paisagem urbana que podem ocorrer tanto na escala local, com implantação de jardins de chuva, telhados verdes e outros, como na escala regional, onde essa rede de espaços é composta de parques, corredores verdes e espaços naturais preservados.

Como recorte temático, esta pesquisa visa identificar os princípios estruturantes que norteiam ações de promoção à infraestrutura verde e identificar elementos que podem ser utilizados nas áreas verdes e livres para atender os desafios da drenagem. Diante do exposto, este artigo tem como objetivo sistematizar soluções baseadas na natureza utilizando as estratégias de infraestrutura verde para adequar as cidades já constituídas em áreas mais resilientes à gestão das águas urbanas.

## Metabolismo Urbano Circular E Sua Semelhança Com A Lógica Da Natureza

As cidades devem ser vistas como sistemas ecológicos. Segundo Rogers (2001), essa visão pode traduzir-se numa nova abordagem de pensar o planejamento das cidades. Os recursos consumidos por uma cidade podem ser medidos em termos de “seus rastros ecológicos” sendo que, quanto menor for a área em torno da cidade que é impactada com a retirada de recurso ou com sua disposição, maior equilíbrio a cidade estará com seu meio.

Essa leitura foi realizada pelo estudioso de ecologia urbana Herbert Girardet em 1997. Ele argumenta que a solução para promoção da sustentabilidade urbana está na busca de um metabolismo circular nas cidades, onde o consumo é reduzido e a reutilização de recursos é maximizada. Tem-se como entendimento de que grande parte da produção e do consumo ocorre

nas cidades. Assim, os atuais processos lineares de produção, causadores de poluição, devem ser substituídos por aqueles que objetivem um sistema circular de uso e reutilização. Esses processos aumentam a eficiência global do núcleo urbano e reduzem seu impacto no meio ambiente. Por isso, deve-se planejar a cidade para administrar seus recursos e para isso é preciso desenvolver uma nova forma de planejamento urbano holístico e abrangente (Rogers, 2001).

Diante disso, a abordagem do metabolismo urbano sintetiza um método de leitura do espaço urbano e pode ser utilizado para análise de diferentes condições de funcionamento das cidades. Contudo, pode-se encontrar, nos sistemas de infraestrutura urbana, uma fácil correlação com o metabolismo urbano, pois hoje eles funcionam de modo linear e há a necessidade deles se tornarem circular (Sant'Anna, 2020). Assim, as estratégias de infraestrutura verde urbana surgem como solução urbanística que adota a lógica da natureza e visa a renaturalização da paisagem urbana, por isso são garantidoras dos serviços ecossistêmicos.

### Transição Das Infraestruturas Cinzas Para Verdes

Por muito tempo, a infraestrutura cinza foi entendida como a melhor resposta às demandas de infraestrutura urbana (sistema viário, saneamento e drenagem). Esse tipo de solução, entretanto, possui características de funcionando linear, transpondo os resíduos das cidades para áreas cada vez mais distantes. Além disso, são inflexíveis e monofuncionais.

Diante do avanço de várias abordagens que surgem em diferentes partes do mundo voltadas a apresentar soluções para casos específicos como drenagem, mobilidade e saneamento, passou-se a adotar um termo genérico de Soluções baseadas na Natureza (SbN) para aquelas que de alguma forma se colocam como alternativas às infraestruturas cinzas.

Assim, o termo Soluções baseadas na Natureza é definido pela *International Union for Conservation of Nature* como “um conceito guarda-chuva que abrange diversas esferas, desde científicas e tecnológicas a sociais e políticas com o propósito de buscar na natureza inspiração e validação”. No meio urbano, as SbN podem promover diferentes Serviços Ecossistêmicos (Pereira et. al, 2021). Visa promover a manutenção, a melhoria e a restauração da biodiversidade e dos ecossistemas. Outros termos relacionados incluem “*ecosystem-based adaptation*”, “*green infrastructure*” e “*natural water retention measures*”. Na maioria dos casos, essas abordagens são complementares e têm sobreposição considerável (Kabisch et. al, 2016).

Desse modo, a Infraestrutura Verde (ou *green infrastructure*, em inglês) surge, dentro dessa abordagem, como ferramenta para se pensar o planejamento e o projeto da paisagem, visando a criação de uma rede de sistemas verdes e azuis no território, envolvendo: (i) a ação humana em harmonia com os processos naturais e suas características; e (ii) o significado e a percepção, de uso estético, cultural e patrimonial. São soluções que se baseiam no funcionamento da natureza sendo regenerativas e multifuncionais.

Cormier e Pellegrino (2008, p. 128) definem Infraestrutura Verde como uma “rede de espaços interconectados, na escala do planejamento urbano e regional, composta de áreas naturais e outros tipos de espaços abertos que conservam os valores dos ecossistemas naturais e suas funções como mananciais, controle ambiental, regulação climática, recreação e lazer, provendo uma ampla gama de benefícios para a sociedade”.

Esse termo pode ser entendido como um dos mais difundidos dentre as técnicas de Soluções baseadas na Natureza com funções que podem ser ambientais (ex.: conservação da biodiversidade), sociais (ex.: controle de drenagem em áreas urbanas) e econômicas (ex.: valorização de imóveis), e que muitas vezes desempenham mais de uma função ao mesmo tempo (Caiche et. al, 2021).

### Princípios Da Infraestrutura Verde

Diversas pesquisas apresentam características da infraestrutura verde. Isso permite analisar a recorrência de cada princípio de modo a auxiliar as intervenções em projetos da paisagem urbana. Sant'Anna e Bezerra (2021), em revisão bibliográfica, sintetizaram os seguintes princípios aplicados à infraestrutura verde: multiescalaridade, multifuncionalidade, conectividade, interdisciplinaridade e participação social.

#### *Multiescalaridade*

A infraestrutura verde pode atuar em diferentes escalas territoriais: global, regional e local. A escala global compreende os acordos internacionais de política urbana e ambiental, em que se discute o uso mais sustentável do capital natural, como no caso do uso e da ocupação do território e seus desdobramentos com relação às mudanças climáticas e à proteção da biodiversidade global. A escala metropolitana ou regional compreende as características histórico-naturais do território, inclusive as bacias hidrográficas, que são essenciais para a definição de áreas a serem preservadas e urbanizadas. No intraurbano, desponta o papel do plano diretor urbano na estruturação de um sistema de espaços verdes públicos para oferecer soluções de ordenamento territorial na escala da cidade. A escala local (bairro e edifício) compreende os projetos urbanísticos de espaços livres com a introdução de estruturas verdes sensíveis à água focadas em uma solução baseada na natureza, como: tetos verdes, jardins de chuva, jardins verticais, arborização urbana, elementos de drenagem filtrantes, entre outras estruturas verdes sensíveis à água, as quais colaboraram com o metabolismo circular das cidades.

#### *Multifuncionalidade*

A multifuncionalidade na infraestrutura verde se traduz na visão integrada entre o atendimento dos valores ecológicos e sociais presentes em dado território visando à intervenção na paisagem, que promova benefícios diretos e indiretos traduzidos pela garantia dos serviços ecossistêmicos e a integração social que se espera dos espaços verdes e livres. O planejamento da



paisagem baseado na infraestrutura verde repensa o uso e a ocupação do solo de forma a promover a integridade ecológica às demandas sociais.

#### *Conectividade*

Do ponto de vista da organização espacial, a conectividade se apresenta por meio de um trinômio de elementos (*sites, links, hubs*) que, por sua vez, caracterizam a própria infraestrutura verde. São elementos definidos pela ecologia da paisagem como aqueles que, em forma de rede no território, garantem a integridade do ecossistema. A relação entre eles, a depender da escala de abordagem (local, regional e global), responde tanto ao princípio da conectividade, como da multifuncionalidade, em função da gama de serviços e de funções ecossistêmicas e antrópicas que envolvem.

#### *Interdisciplinaridade*

Diante da amplitude de atuação da infraestrutura verde, que procura associar os aspectos bióticos, abióticos e socioculturais da paisagem para gerar benefícios sociais e ambientais, faz-se necessária uma visão sistêmica, interdisciplinar e transdisciplinar. Assim, a assertividade das intervenções vai depender de um levantamento e de um mapeamento de aspectos: (i) do meio físico e biótico, como condicionantes geológicos, geomorfológicos, hídricos, climáticos e da cobertura vegetal; (ii) das infraestruturas em relação à paisagem construída, como sistemas de drenagem, esgotamento sanitário, sistema viário e uso e ocupação do solo; (iii) dos aspectos socioeconômicos, como perfil da população, acesso a serviços e participação na vida coletiva.

#### *Participação Social*

O processo de intervenção na estruturação da paisagem deve ser dinâmico e participativo, envolvendo os diferentes atores representativos da sociedade que serão afetados pelo projeto. Esse engajamento dos usuários no desenvolvimento do planejamento do projeto é essencial para que a infraestrutura verde seja sustentável a longo prazo.

### **Elementos De Infraestrutura Verde Para Soluções De Drenagem Urbana**

Durante o século XX, o manejo das águas pluviais era feito através da coleta e da condução em um esquema geral de calhas, tubos de descida, condutos, ralos, guias, sarjetas e bocas de lobo, o que permitia secar as áreas edificadas de modo consideravelmente rápido e eficiente naquela época (Pellegrino, 2017). Todavia, pouca ou nenhuma consideração era dada ao fato de que (i) as águas não eram infiltradas na bacia urbanizada; (ii) cada alteração nesse grau de urbanização o sistema de tubos se tornava obsoleto e; (iii) há uma piora na qualidade dos corpos d'água nos mananciais.

Assim, no final do século XX, a partir de questionamentos dos sistemas tradicionais de drenagem surgem uma série de soluções que visam garantir quantidade e qualidade das águas ao mesmo tempo em que contribuem para renaturalizar a paisagem urbana. Pois, seja pela ampliação das superfícies impermeabilizadas, seja pela alteração dos eventos chuvosos impostos pelas mudanças climáticas, será necessário enfrentar cada vez mais volumes de escoamento superficial nas bacias. Logo, é prudente avançar além da mera coleta e condução das águas. Deve-se, também, combinar o controle do volume da água e da recarga subterrânea com a proteção dos corpos d'água e seus leitos de cheias (Pellegrino, 2017).

Dentro dessa perspectiva, a infraestrutura verde se torna uma estratégia para a drenagem urbana que enfatiza o metabolismo circular por meio do princípio básico da máxima infiltração no solo, ao invés do rápido escoamento promovido pelas técnicas e soluções de drenagem tradicionais (Rocha, 2019). O objetivo é evitar o escoamento superficial, retardando ao máximo sua entrada no sistema de macrodrenagem para não o sobrecarregar e evitar enchentes (Herzog, 2013).

Para se planejar e projetar a infraestrutura verde, todos os fluxos de água existentes devem ser mapeados, a fim de que se possa analisar por onde eles circulam e como se acumulam na paisagem em diferentes escalas. A infraestrutura verde objetiva mimetizar a paisagem natural, para que os fluxos hídricos sejam reconectados por meio da renaturalização dos corpos d'água canalizados e escondidos, de biovaletas e da criação de áreas naturalizadas e de acumulação de águas pluviais (Herzog, 2013).

Ademais, deve-se ter em conta que na maior parte das cidades já existe um sistema de drenagem convencional que pode ou não está obsoleto. Isso significa que novas intervenções que utilizem técnicas de infraestrutura verde vão se articular ao sistema existente e criar o que se denomina de um sistema híbrido. Esse sistema é o mais comum nas grandes áreas urbanas que não puderam ter todas suas demandas de drenagem resolvidas por infiltração. Assim, um sistema híbrido combina os elementos de infiltração e as áreas de acumulação e estoque de águas da infraestrutura verde, com a proteção dos corpos d'água remanescentes e a rede de drenagem convencional construída.

Muitas técnicas de drenagem utilizadas em projetos de infraestrutura verdes advém de estudos de drenagem sustentável que foram desenvolvidas na década de 1980 pela Agência de Proteção Ambiental Americana (US-EPA) e são conhecidas por *Low Impact Development* (LID). As LIDs possuem diversas práticas que mimetizam ou preservam os processos de drenagem natural no manejo de águas pluviais. Tais técnicas são utilizadas para reter as águas de chuva e incentivam a infiltração no solo, reduzindo o escoamento para condutos do sistema de drenagem tradicional (Rocha, 2019).

Outro conceito difundido são os *Sustainable Drainage Systems* (SuDS), que também fornecem uma alternativa à canalização direta de águas superficiais através de redes de tubulações e esgotos para cursos de água próximos. Ao imitar os regimes de drenagem natural, os SuDS visam reduzir as inundações das águas superficiais, melhorar a qualidade da água e aumentar o valor da biodiversidade do ambiente. Os SuDS podem ser projetados para transportar água de superfície, retardar o escoamento antes de entrar nos cursos de água, fornecer áreas para armazenar água em contornos naturais e podem ser usados para permitir que a água penetre (infiltre) no solo ou evapore a água superficial, perdida ou transpirada pela vegetação (conhecida como evapotranspiração).

Diante dos conceitos apresentados, tem-se uma série de técnicas de retenção, infiltração e evapotranspiração que, em conjunto, constituem soluções de drenagem. Quando se consideram as possíveis soluções para drenagem urbana, a bibliografia brasileira mais difundida sobre o assunto (Moura, 2017; Pellegrino, 2017 e Herzog, 2013) apontam para os seguintes elementos de drenagem utilizadas pela infraestrutura verde:

Elemento	Descrição/função
 <p>Áreas verdes</p>	Há o predomínio de vegetação e podem ser encontradas em praças, parques urbanos, jardins públicos e canteiros. Mantêm a permeabilidade e fertilidade do solo e diminuem o escoamento superficial.
 <p>Alagados construídos (wetlands)</p>	Áreas encharcadas ou de acumulação de águas pluviais com vegetação aquática. Podem ser lagos, lagoas ou bacias de retenção. Aumentam a área de filtragem e a superfície de contato; estabilizam o meio de suporte; aumentam a diversidade, densidade e atividade biológica; absorvem nutrientes; aumentam a condutividade hidráulica; reduzem a colmatção; representam a beleza paisagística; e melhoram a qualidade da água e controla cheias.
 <p>Bioengenharias</p>	Estrutura de engenharia biotécnica que mimetiza a natureza por meio de técnicas ecológicas voltadas à estabilização do solo que combinam o uso da vegetação com materiais tradicionais. Podem ser formados por gabiões vegetados, estacas vivas, muros de pedra vegetados, etc. Reforçam locais instáveis como encostas e margens
 <p>Pavimentos porosos</p>	Existem diversas formas de pavimentos porosos (drenantes), como: asfalto poroso; concreto permeável; materiais de demolição granulados como brita em várias cores e texturas; blocos intertravados; brita e pedriscos; entre outros. Eles permitem a infiltração das águas e fazem filtragem, além de reduzir o escoamento superficial.
 <p>Telhados verdes</p>	Tetos construídos com uma camada de isolamento, uma membrana impermeável, uma camada de geocomposto drenante e a cobertura de plantas. Permitem a gestão racional de água, reduzem ilhas de calor, contribui para eficiência energética, cria um habitat para vida silvestre.
 <p>Jardins de chuva</p>	Depressões topográficas que recebem o escoamento da água pluvial. O solo, tratado com compostos e demais insumos, que aumentam sua porosidade, age como uma esponja que suga a água, enquanto microrganismos e bactérias removem os poluentes difusos trazidos pelo escoamento superficial. A adição de plantas aumenta a evapotranspiração.
 <p>Bioaletas</p>	Semelhantes aos jardins de chuva, mas geralmente se referem a depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes. Processam a limpeza da água da chuva, ao mesmo tempo em que aumentam seu tempo de escoamento, dirigindo a água para os jardins de chuva ou sistemas convencionais de retenção e detenção das águas.
 <p>Canteiros Pluviais</p>	São basicamente jardins de chuva que foram inseridos em pequenos espaços urbanos. Um canteiro pode contar, além de sua capacidade de infiltração, com um extravasor, ou, em exemplos sem infiltração, contar só com a evaporação, evapotranspiração e transbordamento.
 <p>Lagoas Pluviais</p>	Funcionam como bacias de retenção e recebem o escoamento superficial por drenagens naturais ou tradicionais. Uma parte da água pluvial captada permanece retida entre os eventos de precipitação das chuvas. Dessa forma, essas tipologias paisagísticas acabam se caracterizando como um alagado construído, mas que não está destinado a receber efluentes de esgotos domésticos ou industriais.
 <p>Grades Verdes</p>	As grades verdes consistem na combinação das tipologias anteriores, em arranjos múltiplos, que conformam uma rede de intervenções urbanas. Se, por exemplo, em alguns trechos, os solos são argilosos e a topografia se apresenta íngreme, e, aqueles não se apresentam adequados para uma infiltração, com uma grade verde o escoamento superficial pode ser conduzido até outros lugares para infiltração ou armazenamento.

**Tabela 01: Síntese dos elementos de infraestrutura verde que favorecem a drenagem. Fonte: elaborado pela autora a partir de Moura, (2017), Pellegrino (2017) e Herzog (2013)**



Herzog (2013) recomenda que esses elementos quando projetados na escala local, de acordo com as especificidades de cada situação, sejam integrados em um planejamento de longo prazo na escala da bacia hidrográfica de modo a manter ou recuperar, mesmo que parcialmente, a funcionalidade da paisagem, com a melhoria estética em diversas escalas. Segundo Pellegrino (2017), esse processo deve acontecer na fase inicial de avaliação da área para um projeto urbanístico /paisagístico. O terreno, seu entorno e as edificações previstas devem ser examinados para a identificação de restrições e oportunidades.

A integração das águas no tecido urbano e a seleção dos elementos de infraestrutura verde aplicados devem levar em consideração a localização na bacia. Por exemplo: as áreas elevadas, como encostas e topos de morro são pouco afetadas por inundações, mas os sedimentos e contaminantes podem afetar canais e comprometer áreas de mananciais. Ademais, o rápido fluxo das águas pode provocar erosões e deslizamentos. Logo, deve-se tomar o cuidado para que o projeto de drenagem seja feito para conter sedimentos e tratar a poluição por meio dos elementos de infraestrutura verde. Já os projetos em áreas baixas, que sofrem com inundações e alagamentos, precisam de elementos de retenção e filtração para evitar a contaminação das águas subterrâneas e dos corpos d'água adjacentes, além de prover espaço para acomodação dos níveis de cheias (Pellegrino, 2017).

### Projetos De Drenagem Com Renaturalização Da Paisagem Urbana

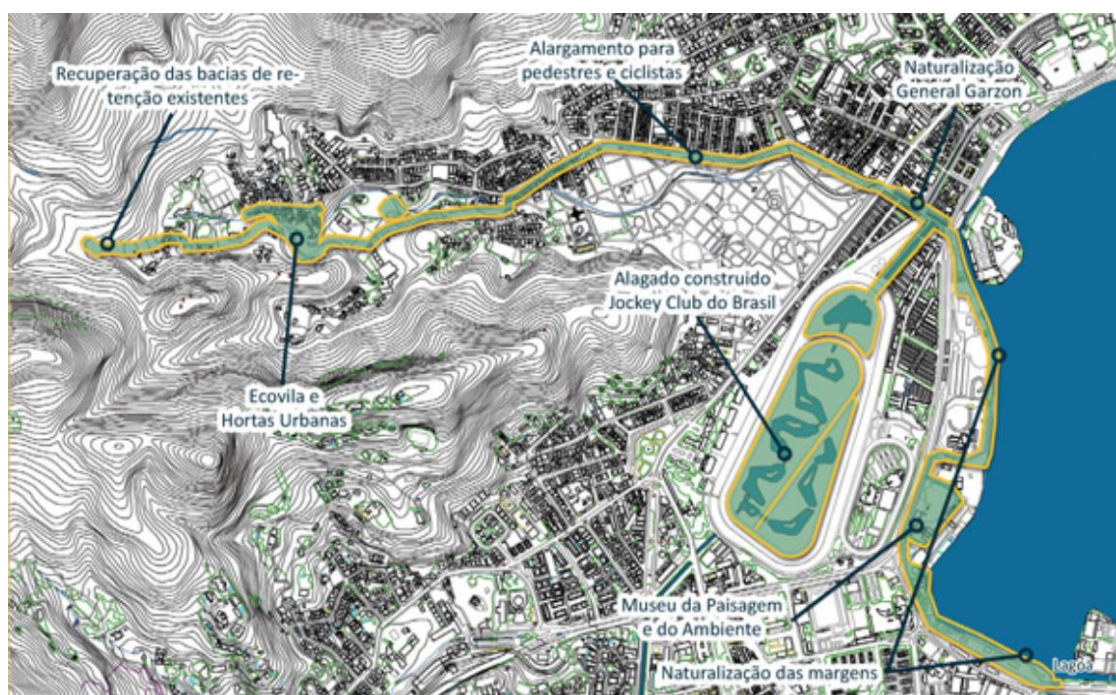
Nesse tópico, vale destacar que o termo SbN foi originalmente cunhado em países com climas e realidades socioeconômicas, ambientais e políticas distintas daquelas encontradas nos países da América Latina, e, portanto, o que hoje se tem como exemplos mais difundidos são soluções que podem soar distante do contexto brasileiro (Marques e Herzog, 2021). São escassas as publicações científicas que refletem a aplicação das SbN no contexto sul-americano, considerando que o continente tem adotado o termo há relativamente pouco tempo. Em uma revisão bibliográfica de literatura científica sobre o termo “Infraestrutura Verde” na América Latina (Breen et al. 2020) foi encontrado 47 publicações. A pesquisa, realizada por meio do Scopus, Web of Science e SciELO, indica que mais de 80% desses estudos foram publicados entre janeiro de 2010 e maio de 2020. Alinhando com as expectativas baseadas no tamanho da população, México e Brasil possuem 50% dos autores.

Diante disso, é relevante ter-se exemplos aplicados ao contexto brasileiro, pois estes funcionam como casos de aplicação à realidade local dos elementos estruturantes na solução ou mitigação dos problemas de drenagem urbana. Além disso, a experiência adquirida nas pesquisas de projetos brasileiros, têm o potencial de auxiliar na pesquisa de outros países da América Latina que possuem situações similares. Os projetos decorrem de pesquisa de diversos números da Revista LabVerde que constitui um periódico voltado ao tema das SbN e em publicações de Herzog e Rosa (2010) e Pellegrino (2017).

### Rio + Verde, Rio de Janeiro (Herzog E Rosa, 2010)

#### *Situação encontrada*

O Instituto Inverde desenvolveu uma proposta de infraestrutura verde para a bacia hidrográfica dos Macacos na cidade do Rio de Janeiro cuja área é muito impermeabilizada. Tanto os quintais das casas como as áreas públicas são frequentemente lavados com mangueira e produtos químicos, o que piora a poluição difusa das águas da bacia. O rio dos Macacos desce canalizado por dentro do Jardim Botânico. As zonas baixas em torno do entroncamento das ruas Pacheco Leão e Jardim Botânico sofrem inundações frequentes a cada chuva intensa.



**Figura 01: Percurso Rio+Verde. Fonte: Inverde.**

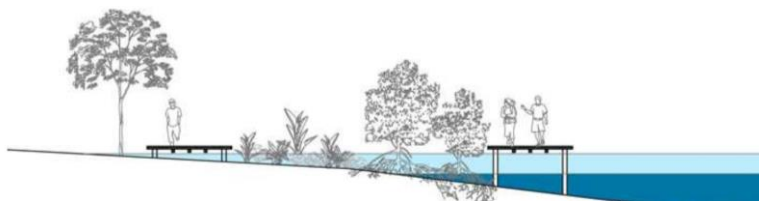


*Soluções Apresentadas*

- I. Nascente e encosta florestada: melhoria e manutenção de trilhas, instalação de lagoas pluviais e secas, recuperação de antigas instalações de tratamento de água abandonadas como ponto de atração de percurso ecológico-cultural.
- II. Encosta urbanizada ao longo do rio dos Macacos: Relocação da ocupação informal nas margens do Rio dos Macacos e recuperação da mata ciliar. O novo assentamento deve adotar princípios bioclimáticos, saneamento biológico, compostagem, lagoas pluviais e secas, campos esportivos drenantes. Para conter a expansão urbana na zona tampão do Parque deve-se implantar hortas, agroflorestas, trilhas marginais nas zonas tampão do parque.
- III. Baixada e encosta urbanizada no lado norte: de impermeabilização de áreas pavimentadas e construídas com pisos drenantes, tetos e muros verdes, jardins-de-chuva, biovaletas, entre outras tipologias. Melhorias com soluções permeáveis para nas calçadas de pedestres e pistas exclusivas para bicicletas ao longo da rua principal.
- IV. Foz e várzea: renaturalização dos canais com utilização de técnicas de bioengenharia, criação de um pequeno parque linear exclusivo para pedestres e ciclistas para melhorar a conectividade, sinalização das travessias, biovaletas e alagado construído dentro do hipódromo.
- V. Orla lagunar: estacionamentos com pavimentação permeável, canteiros pluviais, biovaletas, renaturalização da margem da Lagoa, arquibancada drenante, passarela para observação da paisagem e do mangue.
- VI. Canal lagoa-mar: melhoria dos acessos ao parque e às ciclovias, dos cruzamentos com as vias de grande fluxo de veículos, renaturalização das margens, pavimentação permeável e jardins de chuva.



**Figura 02: Renaturalização do canal dos Macacos - Antes e Depois. Fonte: Inverde**



**Figura 03: Passarela sobre área alagável. Fonte: Inverde**

### **Reservatórios De Detenção Em Bom Pastor, Santo André-Sp (Pellegrino, 2017)**

#### *Situação Encontrada*

A bacia do Araçatuba está localizada no município de Santo André, Região Metropolitana de São Paulo. Foram construídos, em 1991, os reservatórios de detenção de Bom Pastor com `piscinões`, inseridos no córrego Araçatuba para reter o excedente de escoamento da bacia, evitando, além do alagamento local, o transbordamento do Ribeirão dos Meninos, do qual o Araçatuba é afluente. Verificou-se que o reservatório funciona quanto à sua função de contenção de cheias, e que os moradores locais deixaram de ter suas casas ameaçadas pelas enchentes. Entretanto, registraram-se queixas da população da vizinhança em virtude da presença de mosquitos, mau cheiro e aspecto ruim. Nas águas também foram encontrados poluentes, tais como metais pesados e indicadores de degradação ambiental, como concentrações elevadas de coliformes totais.



**Figura 04: Localização da área de contribuição e dos reservatórios de detenção. Fonte: Pellegrino, 2017**

### Soluções Apresentadas

Para quantificar o volume de retenção possível, elementos de biorretenção e pavimentos porosos foram especificados para uma das ruas locais das áreas de contribuição dos reservatórios de detenção de Bom Pastor. Com o estreitamento do leito carroçável e a aplicação dos princípios de *traffic calming*, foram criados vazios para armazenar o escoamento pluvial nas subcamadas de brita e macadame hidráulico dos jardins de chuva, biovaletas, passeios porosos padronizados e faixas permeáveis de acesso aos lotes.

Essa estratégia foi replicada em outras vias locais da área de contribuição, que também foram requalificadas, configurando ruas-jardim e uma beira-rio ao longo do Ribeirão dos Meninos. As ruas escolhidas para receber o tratamento proposto apresentam escoamento lançado diretamente ao córrego Araçatuba, de acordo com a planimetria disponível. Considerando o detalhamento das técnicas de biorretenção e pavimentos permeáveis, calculou-se, então, a partir da porosidade dos materiais utilizados, o volume de armazenamento por metro quadrado de cada elemento e o volume total de escoamento que poderá ser armazenado.

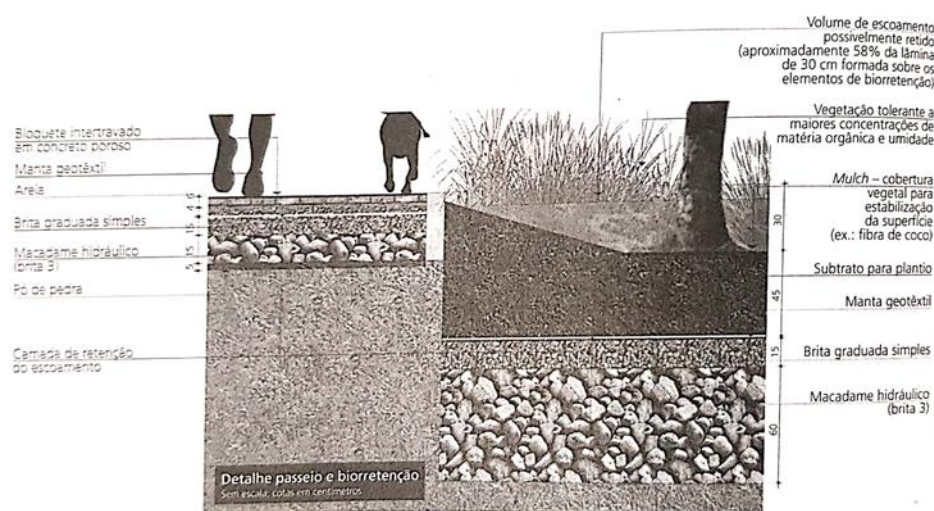


Figura 05: Detalhe do passeio permeável e do elemento de biorretenção. Fonte: Pellegrino, 2017

### Bacia do Córrego do Simeão, São Carlos-SP (Caiche et al., 2021)

#### Situação encontrada

A bacia hidrográfica do Córrego do Simeão, em São Carlos, é fortemente prejudicada por inundações urbanas. Alagamentos e enchentes se tornaram corriqueiros com a crescente impermeabilização das várzeas e encostas realizada ao longo dos anos. O córrego do Gregório, que cruza o centro da cidade, foi canalizado e, com isso, houve a supressão de árvores presentes nas ruas vizinhas.



Figura 06: Bacia do Córrego Simeão. Fonte: Caiche et al., 2021

#### Soluções apresentadas

Para se chegar a soluções de drenagem, houve uma análise integrada utilizando procedimentos da cartografia com a sobreposição de diferentes informações, as quais possibilitaram identificar os espaços livres potenciais para intervenção, considerando os princípios e abordagens das Soluções baseadas na Natureza. Foi desenvolvido um workshop envolvendo professores de diferentes formações a fim de criar um espaço interdisciplinar de debate. Além disso, procurou-se produzir uma estratégia metodológica multiescalar a partir do recorte da Bacia Hidrográfica do Córrego do Simeão.



Tomando como base os princípios da infraestrutura verde para drenagem, houve a identificação de lugares permeáveis, bem como a arborização urbana pensada sistemicamente. Um Sistema de Espaços Livres, que reúne ruas arborizadas, praças e parques, foi proposto para o território da bacia. Os sistemas de retenção são pensados como peças técnicas que diminuem a velocidade e aumentam a possibilidade de infiltração da água pluvial, ao mesmo tempo, articulam espaços livres de lazer, encontro e fruição para a população da cidade.



**Figura 07: Soluções de infraestrutura verde. Fonte: Caiche et al., 2021**

### Avaliação Dos Resultados

Diante do apresentado, é possível destacar:

- I. A maioria dos projetos e pesquisas desenvolvidos se encontram nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo.
- II. Quanto ao princípio da multiescalaridade, a maioria dos projetos tratou a escala local e a escala regional. Nota-se a dificuldade de desenvolver um plano em maior escala, já que este envolve uma coordenação interinstitucional e de atores que, ainda, não estão mobilizados para essa abordagem de drenagem. Contudo, os projetos mostram o desenvolvimento de um sistema na escala da cidade que consegue abarcar vários elementos de drenagem e outras estruturas verdes sensíveis à água no nível do bairro.
- III. Os três projetos buscaram o princípio da multifuncionalidade na infraestrutura verde de forma a atender valores tanto ecológicos quanto sociais. No projeto Rio+Verde, isso ficou bastante claro pela implantação de hortas, trilhas, passarela para observação do mangue, passeios e ciclofaixas conectados e outros elementos que renaturalizam a paisagem.
- IV. Do ponto de vista da organização espacial, tanto o projeto no Rio de Janeiro quanto em São Carlos apresentam utilização de elementos semelhantes com um bom grau de interligação de elementos da paisagem existente. Ora esses elementos assumem função de infiltração, ora, de retenção ou evapotranspiração.
- V. O projeto de São Carlos avançou para além do âmbito técnico e, por meio de workshops, aderiu aos princípios da interdisciplinaridade e, também, da participação social, envolvendo os diferentes atores representativos da sociedade daquela cidade.
- VI. Nas três situações os problemas são basicamente os mesmos, alagamentos causados pelo excesso de impermeabilização. As soluções em comum tratam sempre das bacias onde estão localizados, se valendo de elementos de infraestrutura verde para aumentar a infiltração por meio da renaturalização da paisagem.
  - A. Rio+Verde no Rio de Janeiro: lagoas pluviais; pisos drenantes; tetos verdes; jardins de chuva; canteiros pluviais e biovaletas.
  - B. Reservatórios de Bom Pastor em Santo André: elementos de biorretenção (jardins de chuva e biovaletas) e pavimentos porosos.
  - C. Bacia do Córrego do Simeão em São Carlos: áreas verdes, todavia os demais elementos não foram especificados.

## Considerações Finais

As cidades constituídas valeram-se sempre da urbanização com aumento de áreas impermeabilizadas, esse fato se somou ao aumento dos picos climáticos levando infraestrutura de drenagem tradicional a não mais responder a sua função de promover o escoamento das águas de forma eficaz. Isso impõe, de um lado, a adoção de um urbanismo sensível à água onde houver condições para tal, e ao retrofit das áreas críticas com soluções que aumentem a infiltração, como as que apresenta a infraestrutura verde. Como visto na pesquisa, se passa a adoção de Soluções baseadas na Natureza que podem ser empregadas em complementação ou substituição às medidas convencionais de drenagem e controle pluvial, devendo-se levar em conta a viabilidade entre as possibilidades técnicas na escolha da melhor tecnologia disponível a ser utilizada.

A partir dos resultados obtidos nos projetos estudados, considerando os elementos de infraestrutura verde utilizados para a drenagem, pode-se concluir que essas soluções constituem alternativas tecnicamente viáveis para ampliar o volume de retenção em áreas urbanas e para aumentar os índices de infiltração da água no solo. É importante destacar que cada elemento deve ser avaliado caso a caso, e, a partir dos primeiros modelos implantados, será mais fácil difundir as técnicas de infraestrutura verde, de modo a ampliar a aceitação por parte dos moradores, empreendedores, projetistas, construtores e órgãos públicos. O que se verifica na utilização das soluções na realidade brasileira é que elas vêm ocorrendo no nível local com participação da população (com amplo sentido de pedagogia social) e muito voltadas às condições de urbanização dos diferentes bairros das cidades que mudam de acordo com as condições de desigualdade social própria de nossas cidades.

## Referências Bibliográficas

Breen, A.; Giannotti, E.; Flores Molina, M.; Vásquez, A. (2020). From “Government to Governance”? A Systematic Literature Review of Research for Urban Green Infrastructure Management in Latin America. *Frontiers in Sustainable Cities*, 2, pp. 1-15.

Caiche, D. T.; Peres, R. B.; Schenk, L. B. M. (2021). Floresta urbana, soluções baseadas na natureza e paisagem: planejamento e projeto na cidade de São Carlos (SP). *Revista LABVERDE*, 11(1), pp. 121-149.

Cormier, N. S.; Pellegrino, P. R. M. (2008). Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. *Paisagem E Ambiente*, (25), pp 127-142.

Herzog, C. P.; Rosa, L. Z. (2010). Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. *Revista LABVERDE*, (1), pp. 92-115.

Herzog, Cecilia. (2013). Livro: Cidades Para Todos - (re)aprendendo a conviver com a Natureza. *LABVERDE*, pp 266-266.

Kabisch, N. N.; Frantzeskaki, S.; Pauleit, S.; Naumann, M.; Davis, M.; Artmann, D.; Haase, S.; Knapp, H.; Korn, J.; Stadler, K.; Zaunberger, A.; Bonn. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society* 21(2):39.

Marques, T. H. N.; Rizzi, D.; Ferraz, V.; Herzog, C. P. (2021). Soluções baseadas na natureza: conceituação, aplicabilidade e complexidade no contexto latino-americano, casos do Brasil e Peru. *Revista LABVERDE*, 11(1), pp. 12-49.

Moura, N. B. (2017). Biorretenção como alternativa para manejo das águas urbanas e mudanças climáticas na Grande São Paulo. In: *Estratégias para uma infraestrutura verde*. Paulo Pellegrino, Newton Becker Moura (organizadores). Barueri, SP: Manole, pp. 43- 62.

Pellegrino, P. (2017). Paisagem como infraestrutura hídrica. In: *Estratégias para uma infraestrutura verde*. Paulo Pellegrino, Newton Becker Moura (organizadores). Barueri, SP: Manole, pp. 25- 42.

Pereira, M. C. S.; Gobatti, L.; Soares, M. C.; Leite, B. C. C.; Martins, J. R. S. (2021). Soluções baseadas na natureza: quadro da ocupação da cidade de São Paulo por células de biorretenção. *Revista LABVERDE*, 11(1), pp. 95-120.

Rocha, M. A. (2019). Paisagem urbana integrada às técnicas compensatórias de drenagem: solução para os alagamentos em Brasília. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)—Universidade de Brasília, Brasília, pp. 196.

Rogers, R. (2001). Cidades para um pequeno planeta. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 25-65.

Sant’anna, C. G.; Bezerra, M. C. L. (2021). Contribuições da infraestrutura verde para o planejamento da paisagem urbana. In *Paisagem urbana: natureza & pessoas*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, pp. 45-70.

Sant’anna, C. G. (2020). A infraestrutura verde e sua contribuição para o desenho da paisagem da cidade. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)—Universidade de Brasília, Brasília, pp. 303.