

JULHO -
DEZEMBRO 2025

V. 13

N. 2

REVISTA ineana

ISSN: 2238-2496 Impresso – 2764-7366 On-line

SOLUÇÕES
BASEADAS NA
NATUREZA



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Cláudio Castro, governador

Secretaria de Estado do Ambiente
e Sustentabilidade
Bernardo Rossi, secretário

Instituto Estadual do Ambiente
Renato Jordão Bussiere, presidente

Diretoria da Vice-Presidência
José Dias da Silva, diretor

Diretoria de Licenciamento Ambiental
Juliana Lucia Ávila, diretora

Diretoria de Pós-Licença
e Fiscalização Ambiental
Rodrigo Regis Lopes de Souza, diretor

Diretoria de Biodiversidade, Áreas
Protegidas e Ecossistemas
Cleber Ferreira Graça Filho, diretor

Diretoria de Segurança Hídrica
e Qualidade Ambiental
Cauê Bielschowsky, diretor

Diretoria de Recuperação Ambiental
Raul Marques Fanzeres, diretor

Diretoria Executiva e de Planejamento
José Antônio Paulo Fonseca, diretor

Diretoria das
Superintendências Regionais
João Pedro Rabelo Paixão, diretor

REVISTA
ineana

JULHO -
DEZEMBRO 2025

V. 13
N. 2

ISSN: 2238-2496 Impresso – 2764-7366 On-line

Coordenação editorial/Editora

Tania Machado de Oliveira

Assistente editorial

Karin Thiele Dracxler

Produção editorial

Gerência de Publicações e Acervo Técnico
(GERPAT/Diretoria da Vice-Presidência)

Revisão

Tania Machado de Oliveira
Karin Thiele Dracxler
Maria Eduarda Mendes Laguardia
Eloisa Coelho Sabino
Vitor Costa de Sousa

Normalização

Wellington Lira dos Santos

Diagramação

Marcus Vinicius Reis Gama
Bruna Albuquerque de Lima

Capa

Marcus Vinicius Reis Gama

Conselho Editorial

Alcides Pissinatti
Silvia Marie Ikemoto
Deise de Oliveira Delfino
Maicon Guerra de Miranda
Luciana Maria Baptista Ventura
Renata da Matta dos Santos
Ricardo Marcelo da Silva
Viviani de Moraes Freitas Ribeiro
Waldir Ruggieri Peres
Rogerio Borba da Silva
Tania Maria Machado de Oliveira

Pareceristas ad hoc

Alexander dos Santos Reis

Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira

<http://lattes.cnpq.br/5016950162930775>

Bruna Peres Battemarco

<http://lattes.cnpq.br/9109113821733927>

Deise de Oliveira Delfino

<http://lattes.cnpq.br/1614863760143882>

Juliana Baladelli Ribeiro

Luciana Fernandes Guimarães

<http://lattes.cnpq.br/9018473712041258>

Luiz Firmino Martins Pereira

<http://lattes.cnpq.br/6900211049600226>

Pablo Pimentel Pessoa

Ricardo Marcelo da Silva

<http://lattes.cnpq.br/6730273256535992>

Rogerio Borba da Silva

<http://lattes.cnpq.br/8611177542263906>

Victor Buznello de Vasconcellos Maluf

Viviani de Moraes Freitas Ribeiro

Waldir Ruggieri Peres

<http://lattes.cnpq.br/6698342303026099>

© Instituto Estadual do Ambiente (INEA)

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução de dados e informações contidas nesta publicação, desde que citada a fonte. Os artigos são de inteira responsabilidade de seus autores.

Periodicidade: semestral

Disponível em:

<https://www.inea.rj.gov.br/publicacoes/publicacoes-inea/ineana/>

Endereço para correspondência:

Gerência de Publicações e Acervo Técnico
Av. Venezuela, 110, sala 113, térreo – Saúde
CEP 20081-312 – Rio de Janeiro/RJ

E-mail:

revistaineana@inea.rj.gov.br

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do INEA

R454 Revista Ineana [recurso eletrônico] / Instituto Estadual do Ambiente. – v. 1, n. 1 (2012-). – Rio de Janeiro: INEA, 2012-

Semestral.

Esta publicação é referente ao v. 13, n. 2 (jul./dez. 2025).
ISSN impresso: 2238-2496. ISSN on-line: 2764-7366.

1. Meio ambiente – Rio de Janeiro - Periódico. I. Instituto Estadual do Ambiente (RJ).

CDU 628(815.3)

Soluções baseadas na Natureza: evolução conceitual, marcos normativos e aplicações na gestão pública do estado do Rio de Janeiro

José Edson Falcão de Farias Júnior
Hanna Nahon Casarini
Larissa Ferreira da Costa
Silvia Marie Ikemoto

9

Parque Orla Piratininga em Niterói: realizações, desafios e lições aprendidas com Soluções baseadas na Natureza

Dionê Maria Marinho Castro; Heloisa Helena da Penha dos Santos Osanai; Andrea Maia; André Fraga Damasceno; Camille Alves Duque Ribeiro; José Carlos Soares do Nascimento; Lorenza Paste Yang; Mariah da Silva Bessa da Costa

31

Petrópolis resiliente: uso de Soluções baseadas na Natureza para mitigação de cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha, em Petrópolis – RJ

Laura Leite Vidal

50

Soluções baseadas na Natureza em Copacabana: como jardins de chuva contribuem para a resiliência do Rio de Janeiro

Claudia Grangeiro da Silva Castro
Inês Mauad Andrade

66

Análise de um jardim de chuva implementado em área pública na cidade do Rio de Janeiro

Viviane Japiassú Viana
Hanna Nahon Casarini

85

Agricultura urbana na cidade do Rio de Janeiro como estratégia de adaptação às mudanças climáticas e estímulo à resiliência de cidades

Noi Fernandes Pereira Júnior

103

Análise da dinâmica das inundações na Bacia do Córrego Ipiranga: impactos das alterações antrópicas e Soluções baseadas na Natureza

Rosangela do Amaral
Jurandyr Luciano Sanches Ross

119

Editorial

Renato Jordão Bussiere

Presidente do Instituto Estadual
do Ambiente

Bernardo Rossi

Secretário de Estado do Ambiente
e Sustentabilidade

Nesta edição, a Revista Ineana dedica suas páginas ao tema “Soluções baseadas na Natureza (SbN): Cidades Sustentáveis, Saneamento e Drenagem Urbana”, reforçando o compromisso da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) e do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) em estimular a reflexão crítica, a produção científica e a disseminação de práticas inovadoras em prol da sustentabilidade.

As Soluções baseadas na Natureza (SbN) são conhecidas como uma estratégia eficaz para mitigar desafios globais, como as mudanças climáticas e a degradação ambiental, promovendo benefícios simultâneos de ordem ecológica, social e econômica. Embora o conceito seja recente, a incorporação progressiva das SbN, está, de forma crescente, influenciando a formulação e a implementação de políticas públicas no Brasil, pois muitos projetos concluídos ou em andamento já incorporam princípios alinhados a essa abordagem. No contexto estadual, iniciativas que envolvem pagamento por serviços ambientais, restauração ecológica, manejo sustentável de ecossistemas e dispositivos de drenagem urbana sustentável exemplificam ações que, embora não tenham sido inicialmente concebidas sob essa nomenclatura, apresentam convergência com seus fundamentos.

Sob este enfoque, esta edição da Ineana apresenta pesquisas e projetos realizados no estado do Rio de Janeiro, especialmente aqueles que dialogam com os desafios contemporâneos das mudanças climáticas, cidades resilientes, drenagem urbana sustentável, vulnerabilidade socioambiental, segurança hídrica, serviços ecossistêmicos, adaptação baseada em ecossistemas e políticas públicas. Os artigos aqui reunidos revelam a riqueza de abordagens e a diversidade de contextos em que as SbN vêm sendo aplicadas para a construção de soluções eficazes, integradas e sustentáveis.

O artigo Soluções baseadas na Natureza: evolução conceitual, marcos normativos e aplicações na gestão pública do estado do Rio de Janeiro revisita a trajetória histórica, legal e institucional do tema, destacando os avanços e os desafios para a consolidação das SbN nas políticas públicas. Ressaltando avanços, lacunas e perspectivas para a consolidação desse paradigma no planejamento e nas políticas ambientais.

As experiências práticas também se destacam nesta edição. O artigo Parque Orla Piratininga em Niterói: realizações, desafios e lições aprendidas com Soluções baseadas na Natureza evidencia os benefícios

da aplicação prática de SbN na recuperação ambiental, na valorização da biodiversidade e na criação de espaços públicos integradores. A utilização das técnicas de SbN transformaram a paisagem e fortaleceram a biodiversidade por meio da gestão pública participativa.

Na Região Serrana, o artigo Petrópolis resiliente: uso de Soluções baseadas na Natureza para mitigação de cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha propõe soluções integradas de planejamento urbano que aliam justiça socioespacial e resiliência hídrica, propondo corredores verdes, ruas permeáveis e parques alagáveis como alternativas inovadoras para a mitigação de cheias.

A experiência da cidade do Rio de Janeiro é retratada em dois estudos que dão visibilidade às SbN aplicadas em áreas urbanas densamente ocupadas: Soluções baseadas na Natureza em Copacabana: como jardins de chuva contribuem para a resiliência do Rio de Janeiro e Análise de um jardim de chuva implementado em área pública na cidade do Rio de Janeiro, ambos ressaltando o potencial dos jardins de chuva para a drenagem pluvial, a redução de riscos e a mobilização comunitária.

Na sequência, o artigo Agricultura urbana na cidade do Rio de Janeiro como estratégia de adaptação às mudanças climáticas e estímulo à resiliência de cidades apresenta um olhar para a agricultura urbana na cidade do Rio de Janeiro, discutindo sua inserção como alternativa inovadora para segurança alimentar, inclusão social e mitigação de impactos climáticos no espaço urbano.

A experiência da cidade de São Paulo também é apresentada aqui, por meio do artigo Análise da dinâmica das inundações na Bacia do Córrego Ipiranga: impactos das alterações antrópicas e Soluções baseadas na Natureza, que analisa a dinâmica das inundações na Bacia do Córrego Ipiranga e evidencia como os limites das medidas estruturais tradicionais diante da recorrência de enchentes e aponta para a urgência de soluções inspiradas em processos naturais, que têm o potencial de reduzir danos e promover a resiliência aos riscos de inundações.

Cada contribuição, com sua especificidade e a diversidade de abordagens reunidas nesta edição comprovam que as SbN constituem um caminho promissor para enfrentar os dilemas ambientais e sociais do nosso tempo. Contudo, apesar das experiências exitosas, persistem desafios, especialmente na integração efetiva dessas abordagens às políticas públicas e aos modelos de desenvolvimento. Nesse sentido, torna-se essencial o fortalecimento de políticas intersetoriais, o incentivo a pesquisas multidisciplinares e o investimento em educação ambiental. A cooperação entre governos, setor privado, academia e comunidades locais e a ampliação dessas abordagens pode desempenhar um papel estratégico na consolidação da natureza como aliada na construção de um futuro ambientalmente equilibrado e socialmente resiliente, essencial para garantir qualidade de vida e uma sociedade mais consciente e engajada com a sustentabilidade.

Esperamos que os leitores encontrem, nas páginas que seguem, inspiração e subsídios técnicos para ampliar o uso das SbN em nosso estado e além de suas fronteiras, contribuindo para a transformação de territórios urbanos em espaços mais sustentáveis e justos.

Boa leitura!

Soluções baseadas na Natureza: evolução conceitual, marcos normativos e aplicações na gestão pública do estado do Rio de Janeiro

Nature-based Solutions: conceptual evolution, regulatory milestones, and applications in public management in the state of Rio de Janeiro

José Edson Falcão de Farias Júnior

Hanna Nahon Casarini

Larissa Ferreira da Costa

Silvia Marie Ikemoto

Resumo

O artigo analisa a evolução conceitual, os marcos normativos e as aplicações das Soluções baseadas na Natureza (SbN) na gestão pública do estado do Rio de Janeiro nas últimas duas décadas. A pesquisa revisita os conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e SbN, discutindo sua consolidação internacional e sua incorporação em políticas públicas no Brasil e no estado do Rio de Janeiro. Destacam-se dispositivos legais, programas e projetos implementados pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e pela Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS), evidenciando a adoção gradual de SbN. Entre os principais exemplos analisados estão o Projeto Iguaçu, o Programa Pacto pelas Águas, o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais, o Programa Florestas do Amanhã e o Programa Ambiente Resiliente, abrangendo iniciativas de conservação, restauração ecológica e infraestrutura verde urbana. A análise aponta avanços relevantes, sobretudo associados à segurança hídrica, mas também lacunas relacionadas à baixa difusão do conceito, limitações de financiamento e integração restrita em políticas setoriais. Conclui-se que a consolidação das SbN depende principalmente do fortalecimento de políticas intersetoriais, fomento a instrumentos financeiros, disseminação do conhecimento técnico-científico e articulação entre governos, setor privado, academia e sociedade civil.

Palavras-chave

Soluções baseadas na Natureza (SbN). Serviços Ecossistêmicos (SE). Infraestrutura Verde (IV). Sustentabilidade.

Abstract

This article analyzes the conceptual evolution, regulatory framework, and applications of Nature-Based Solutions (NbS) in public management in the State of Rio de Janeiro over the past two decades. The study revisits the concepts of Ecosystem Services, Green Infrastructure, and NbS, discussing their international consolidation and integration into public policies in Brazil and in the State of Rio de Janeiro. Key legal instruments, programs, and projects implemented by the State Environmental Institute (INEA) and the State Secretariat for Environment and Sustainability (SEAS) demonstrate the gradual adoption of NbS. Notable initiatives include the Iguaçu Project, the Pact for Water Program, the State Payment for Environmental Services Program, the Forests of Tomorrow Program, and the Resilient Environment Program, encompassing conservation, ecological restoration, and urban green infrastructure. The analysis highlights significant progress, particularly in water security, but also identifies gaps related to limited dissemination of the concept, funding constraints, and restricted integration into sectoral policies. The consolidation of NbS depends on strengthening cross-sectoral policies, promoting financial instruments, disseminating technical-scientific knowledge, and fostering collaboration among governments, the private sector, academia, and civil society.

Keywords

Nature-based Solutions (NbS). Ecosystem Services (ES). Green Infrastructure. Sustainability.

1. Introdução

O estado do Rio de Janeiro, foco deste estudo, enfrenta desafios ambientais complexos, muitos dos quais resultam do crescimento urbano desordenado e da predominância de infraestruturas cinzas,

frequentemente planejadas sem a devida consideração dos impactos das mudanças climáticas. Diante desse cenário, estratégias inovadoras e multifuncionais tornam-se essenciais para mitigar esses impactos e promover a resiliência socioambiental.

Dentre essas estratégias, as Soluções baseadas na Natureza (SbN) destacam-se como uma abordagem promissora, integrando processos ecológicos ao planejamento urbano e oferecendo benefícios ambientais, sociais e econômicos de longo prazo. O conceito de SbN integra elementos fundamentais para a construção de cidades sustentáveis, articulando abordagens como a Infraestrutura Verde e a Adaptação baseada em Ecossistemas. Ambos os conceitos têm sido amplamente aplicados em diferentes contextos ao redor do mundo, inclusive no Brasil, como instrumentos eficazes para promover resiliência urbana, sustentabilidade ambiental e bem-estar humano (FGB, 2023).

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivos: apresentar uma síntese histórica dos conceitos de Infraestrutura Verde, Serviços Ecossistêmicos e Soluções baseadas na Natureza; destacar as legislações estaduais e federais que regulamentam e incentivam a adoção de práticas sustentáveis relacionadas a esses temas; e exemplificar ações desenvolvidas pela Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) e pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), na últimas duas décadas, que ilustram a aplicação de iniciativas voltadas à preservação, ao manejo e à criação de novos ecossistemas.

2. Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Soluções Baseadas na Natureza: Evolução Conceitual e Marcos Normativos

Para uma compreensão mais aprofundada, por parte do Estado, dos entes municipais e da sociedade civil, acerca dos múltiplos benefícios advindos das Soluções baseadas na Natureza — especialmente no que se refere à promoção de cidades mais sustentáveis e resilientes — torna-se fundamental revisitar a evolução conceitual de temas correlatos, como os serviços ecossistêmicos, a infraestrutura verde e as próprias SbN.

2.1 Cenário Internacional

Embora, globalmente, o desenvolvimento conceitual e a discussão sobre a importância dos ecossistemas para o suporte e manutenção da sociedade humana tenham começado no final da década de 1960, foi somente em 1977 que a ideia de "serviços" emergiu, denominada "Serviços da Natureza" (Hermann *et al.*, 2011). Westman (1977) sugeriu que o valor social dos benefícios fornecidos pelos ecossistemas poderia ser avaliado, permitindo à sociedade tomar decisões mais apropriadas em relação à gestão ambiental.

No decorrer das décadas, outros autores aprimoraram ainda mais a discussão sobre o termo "serviços ecossistêmicos" e o conceito passou a fazer parte, de modo mais efetivo, de debates ao longo da década de 1990, por meio da Rio-92 (ou ECO-92, conhecida também como Cúpula da Terra ou oficialmente como Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no ano de 1992 na cidade do Rio de Janeiro), e de publicações posteriores, como o livro *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems* (DAILY, 1997), que compilou artigos e textos de diversos cientistas, colaboradores renomados e especialistas em Serviços Ecossistêmicos.

O conceito de Infraestrutura Verde na Europa foi incorporado como parte da política de biodiversidade (European Commission, 2019), com ênfase na conexão entre áreas naturais e na criação de corredores ecológicos, enquanto que, nos EUA, o conceito foi primeiramente utilizado em planos de conservação de grandes áreas naturais para proteger serviços ecossistêmicos essenciais como a qualidade da água e a regulação do clima.

A European Environment Agency (2015) define Infraestrutura Verde como uma rede de áreas naturais e seminaturais planejadas estrategicamente com outros elementos ambientais, concebida e gerida para

prestar um vasto leque de serviços ecossistêmicos. A Infraestrutura Verde inclui parques, áreas verdes urbanas, corredores ecológicos, telhados e paredes verdes, sistemas de drenagem sustentável, entre outros elementos e ações que contribuem para o aumento da resiliência urbana e da conservação da biodiversidade.

O primeiro registro do uso do termo Soluções baseadas na Natureza remonta a 2008, na publicação do Banco Mundial intitulada *Biodiversity, Climate Change and Adaptation: Nature-Based Solutions from the World Bank Portfolio*. Essa obra marcou o início do reconhecimento institucional das SbN como estratégias eficazes para enfrentar os desafios da perda de biodiversidade e das mudanças climáticas, especialmente no contexto de políticas de adaptação e desenvolvimento sustentável (Marques et al., 2021).

Por cerca de uma década, os avanços na consolidação e disseminação do conceito de Soluções baseadas na Natureza se concentraram predominantemente no cenário internacional, sendo promovidos principalmente por instituições como o Banco Mundial, a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e a Comissão Europeia (Marques et al., 2021; Cohen-Shacham et al., 2016). Cohen-Shacham et al. (2016) e Marques et al. (2021) citam alguns marcos que contribuíram significativamente para o avanço das discussões sobre o tema:

- 2008 - Relatório *Biodiversity, Climate Change and Adaptation: Nature-Based Solutions from the World Bank Portfolio* (World Bank, 2008);
- 2009 - Documento de posicionamento da IUCN na 15ª Conferência das Partes da Convenção (COP 15) - Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) (IUCN, 2009, citado por Cohen-Shacham et al., 2016);
- 2010 - Relatório *Natural Solutions: Protected areas helping people cope with climate change*, encomendado por IUCN-World Commission on Protected Areas, The Nature Conservancy, UNDP, Wildlife Conservation Society, the World Bank and WWF (Dudley et al., 2010);
- 2012 - A IUCN adotou as SbN como uma das três áreas foco de trabalho em seu Programa 2013-2016 (Cohen-Shacham et al., 2016; MARQUES et al., 2021);
- 2015 - Relatório *Horizon 2020*, Programa de financiamento de pesquisa e inovação da União Europeia que além de definir SbN, promoveu uma agenda de investimentos de pesquisa, inovação e intervenções em SbN para enfrentar os desafios urbanos (Cohen-Shacham et al., 2016; Marques et al., 2021);
- 2015 - Artigos científicos como *Nature-based solutions: new influence for environmental management and research in Europe* (Eggermont, et al., 2015) e *Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development*. (Maes, J. and Jacobs, S., 2015);
- 2016 - Resolução WCC-2016-Res-069-SP da IUCN (IUCN, 2016).

As Soluções baseadas na Natureza (SbN) vêm ganhando espaço na América Latina desde 2018, impulsionadas por iniciativas como o Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS), no âmbito do projeto CiTInova, e o programa UrbanByNature, pelo Governos Locais para a Sustentabilidade (International Council for Local Environmental Initiatives - ICLEI em inglês). Apesar das diferenças contextuais em relação ao Norte Global, a adoção tem crescido, especialmente no meio urbano, com foco em gestão hídrica, risco de desastres e desenvolvimento sustentável (Marques et al., 2021).

2.2 Cenário nacional e do estado do Rio De Janeiro

A incorporação progressiva dos conceitos de Serviços Ecossistêmicos (SE), Infraestrutura Verde (IV) e Soluções baseadas na Natureza (SbN) nas agendas internacionais tem influenciado, de forma crescente, a formulação e a implementação de políticas públicas no Brasil, abrangendo as esferas federal, estadual e municipal. Ao longo dos últimos anos, novos marcos legais vêm sendo instituídos, refletindo mudanças nos entendimentos jurídico, político e social, em alinhamento com tratados e convenções internacionais.

Com o intuito de analisar como esses temas vêm sendo integrados ao arcabouço normativo brasileiro, em especial no contexto do estado do Rio de Janeiro, foi realizado um levantamento preliminar voltado à identificação de dispositivos legais que os contemplam, seja de forma direta ou indireta.

A Tabela 1 apresenta a relação de dispositivos legais que abordam a evolução conceitual em nível federal, e a Tabela 2 os dispositivos legais que refletem as transformações conceituais nas leis estaduais. Cada tabela reflete os marcos legais em diferentes esferas (federal e estadual) que adotaram ou se ajustaram aos conceitos derivados de mudanças internacionais, oferecendo uma visão ampla da interação entre os conceitos globais e o direito local.

No estado do Rio de Janeiro esses temas vêm ganhando espaço na última década, principalmente no combate aos desafios relacionados à segurança hídrica. Por ser um tema complexo e novo, um desafio adicional é o seu processo de assimilação e adaptação no cenário regional.

Tabela 1 - Legislação federal relacionada aos conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Soluções Baseadas na Natureza

Normas Jurídicas	Principais aspectos relacionados aos conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Soluções Baseadas na Natureza
Constituição Federal (1988)	Estabelece em seu Art. 225, "... o direito de todos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado e impõe ao poder público o dever de preservá-lo e restaurá-lo ."
Lei nº 9.985/2000	Regulamenta o art. 225 da Constituição Federal, e instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza como a principal estratégia para conservação e recuperação de áreas estratégicas para provisão e manutenção de serviços ecossistêmicos.
Lei nº 11.428/2006	Estabelece como objetivos específicos, a salvaguarda da biodiversidade, da saúde humana, dos valores paisagísticos, estéticos e turísticos, do regime hídrico e da estabilidade social.
Lei nº 12.187/2009	A Política Nacional sobre Mudança do Clima incentiva medidas de adaptação e mitigação que podem incluir a restauração, manejo sustentável e áreas verdes urbanas.
Lei nº 12.651/2012, que revogou a Lei nº 4.771/1965	Estabelece normas sobre a preservação e restauração e manejo sustentável da vegetação nativa, como Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais.
Lei nº 12.608/2012	Cria a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e aborda a prevenção de desastres naturais e a resiliência climática, o que pode envolver a conservação e restauração ecológica.
Lei Federal nº 14.119/2021	Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, que tem como objetivos: incentivar a preservação dos ecossistemas, biodiversidade, solo, recursos hídricos, patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado, valorizando os serviços ecossistêmicos econômica, social e culturalmente; evitar a perda de vegetação nativa, a fragmentação de <i>habitats</i> e demais processos de degradação do ecossistema; incentivar medidas para garantir a segurança hídrica contribuindo assim para a regulação do clima e redução de emissões; dentre outros. Definiu os "Serviços Ecossistêmicos" como "benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais".

Continua

Tabela 1 - Legislação federal relacionada aos conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Soluções Baseadas na Natureza	
Normas Jurídicas	Principais aspectos relacionados aos conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Soluções Baseadas na Natureza
Decreto nº 4.339/2002	A Política Nacional de Biodiversidade, reconhece a relevância dos serviços ecossistêmicos, como "serviços ambientais". O documento enfatiza a necessidade de manter a provisão desses serviços, realizar estudos para avaliar seu valor socioeconômico e promover ações que assegurem sua oferta de forma sustentável.
Decreto nº 12.041/2024	Institui o Programa Cidades Verdes Resilientes que tem como objetivo aumentar a qualidade ambiental e a resiliência das cidades brasileiras diante dos impactos da mudança do clima, por meio da integração de políticas urbanas, ambientais e climáticas, estimulando as práticas sustentáveis e a valorização dos serviços ecossistêmicos do verde urbano. Dentre os objetivos específicos do Programa, destaca-se potencializar os serviços ecossistêmicos nas cidades, com a criação, ampliação, recuperação, conexão e melhorias das áreas verdes, da arborização e dos recursos hídricos, de forma integrada com outros sistemas de estruturação territorial. Prevê a adoção de uma abordagem integrada no território e uma das temáticas no contexto urbano serão as Soluções baseadas na Natureza.
Resolução CONABIO nº 9/2024	Dispõe sobre as Metas Nacionais de Biodiversidade para 2030. Entre os destaques, a Meta 3 e a Meta 8 fazem referência explícita às Soluções baseadas na Natureza (SbN). Já a Meta 11 e a Meta 12 incorporam conceitos essenciais relacionados, como serviços ecossistêmicos e a valorização de espaços verdes e azuis urbanos.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Além das legislações citadas, cabe ainda destacar a Estratégia e o Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade (EPANB - BRASIL, 2017), que buscou definir o curso de ação para o alcance da conservação e uso sustentável dos recursos fundamentais que sustentam e garantem resiliência à sociedade e à economia nacional: a biodiversidade, o equilíbrio entre seus componentes, e os serviços ecossistêmicos resultantes.

Tabela 2 - Legislação estadual relacionada aos conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Solução Baseada na Natureza	
Normas Jurídicas	Principais aspectos relacionados aos conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Solução Baseada na Natureza
Constituição Estadual (1989)	Estabelece em seu Art. 261: "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente saudável e equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo-se a todos, e em especial ao Poder Público, o dever de defendê-lo, zelar por sua recuperação e proteção, em benefício das gerações atuais e futuras."
Lei nº 3.239/1999	Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos com a criação do sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos. E embora a Lei não mencione explicitamente os termos "serviços ecossistêmicos" ou "serviços ambientais", os objetivos estabelecidos no Capítulo II, Art. 3º, demonstram alinhamento com esses conceitos. ►

Continua

Tabela 2 - Legislação estadual relacionada aos conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Solução Baseada na Natureza

Normas Jurídicas	Principais aspectos relacionados aos conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Soluções Baseadas na Natureza
Lei nº 3.239/1999	(Continuação) Destacam-se, em especial, os seguintes objetivos: (i) garantir, para as gerações presentes e futuras, a disponibilidade dos recursos naturais em padrões de qualidade adequados aos seus respectivos usos; (ii) assegurar o abastecimento prioritário da população humana; (iii) promover a prevenção e a mitigação de eventos hidrológicos críticos, sejam eles de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais; e (iv) buscar a recuperação e preservação dos ecossistemas aquáticos, bem como a conservação de sua biodiversidade. A Política Estadual de Recursos Hídricos diferencia-se da Política Nacional de Recursos Hídricos, principalmente, pela criação do Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos (PROHIDRO), vide Artigo 5, Inciso IV. Segundo o Artigo 11, § 1º, "o objetivo do PROHIDRO é proporcionar a revitalização, quando necessária, e a conservação, onde possível, dos recursos hídricos, como um todo, sob a ótica do ciclo hidrológico, através do manejo dos elementos dos meios físico e biótico, tendo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e trabalho".
Lei nº 5.690/2010, alterada pela Lei nº 9.072/2020	Prevê a adoção de estratégias de adaptação baseadas em ecossistemas e medidas de mitigação com base na conservação e restauração ambiental.
Lei Estadual nº 6.572/2013	Dispõe sobre a compensação devida pelo empreendedor responsável por atividade de significativo impacto ambiental no estado do Rio de Janeiro e institui a contribuição por "serviços ecossistêmicos" nos termos da Lei federal nº 9.985/00.
Lei nº 8.538/2019	Institui a Política Estadual de Restauração Ecológica, e tem como princípios e objetivos a promoção, o incremento e o fomento à restauração ecológica associada a Programas de Pagamento de Serviços Ambientais, utilizando como instrumento os Planos e Programa de Pagamento por Serviços Ambientais.
Decreto Estadual nº 43.029/2011 alterado pelo Decreto Estadual nº 49.439/2024	Regulamenta o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais, subordinado ao Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos - PROHIDRO, previsto nos artigos 5 e 11 da Lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos, e dá outras providências.
Decreto Estadual nº 43.946/2012 alterado pelos Decretos nº 44.313/2013 e nº 43.983/2012	Regulamenta a contribuição financeira devida pelos serviços ecossistêmicos proporcionados por unidades de conservação estaduais e dá outras providências.
Decreto Estadual nº 47.498/2021	Dispõe sobre o Programa Estadual de Segurança Hídrica - PROSEGH, no Estado do Rio de Janeiro, que dentre os eixos de atuação, considera a conservação e recuperação de áreas estratégicas para a proteção dos recursos hídricos.
Resolução INEA nº 158/2018 alterado pela Resolução INEA nº 244/2021	Institui o Programa de Proteção e Recuperação de Mananciais no Estado do Rio de Janeiro – Pacto pelas Águas.
Resolução CERHI-RJ nº 218/2019, alterada pela Resolução CERHI-RJ nº 250/2021	Dispõe sobre diretrizes para planejamento, implementação, monitoramento e avaliação de iniciativas para proteção e recuperação de mananciais. E apresenta mapas das Áreas de Interesse para Proteção e Recuperação de Mananciais de Abastecimento Público – AIPM e das Áreas Prioritárias para Restauração Florestal – APRF visando à proteção e recuperação de mananciais.

Continua

Tabela 2 - Legislação estadual relacionada aos conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Solução Baseada na Natureza

Normas Jurídicas	Principais aspectos relacionados aos conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Soluções Baseadas na Natureza
Resolução CERHI-RJ nº 227/2020	Dispõe sobre o Cadastro Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais – PRO-PSA e define os procedimentos necessários para realizar o cadastro de iniciativas de PSA, e para tanto, utilizam as seguintes definições para Serviços Ecossistêmicos - benefícios que o ser humano obtém dos ecossistemas; e para Serviços Ambientais - às práticas e iniciativas prestadas por possuidores, a qualquer título, de área situada no Estado do Rio de Janeiro, que favoreçam a conservação, manutenção, ampliação ou restauração de serviços ecossistêmicos.
Resolução CERHI-RJ nº 232/2020	Aprova a criação da Câmara Técnica de Infraestrutura Verde do CERHI.
Resolução CERHI-RJ nº 251/2021	Dispõe sobre o Cadastro Estadual de Soluções Baseadas na Natureza (CESBN) e atualizar a Resolução CERHI nº 227/2020
Resolução SEAS nº 195/2024	Institui o Programa Ambiente Resiliente e a Rede Ambiente Resiliente

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.3 Conceitos de Soluções baseadas na Natureza (SbN)

Com base na análise das abordagens presentes em documentos oficiais de instituições ambientais nacionais e internacionais, bem como em publicações acadêmicas relevantes, este artigo apresenta três definições centrais do conceito de Soluções baseadas na Natureza, amplamente reconhecidas na literatura e nas agendas institucionais contemporâneas:

- União Europeia: ações inspiradas, apoiadas ou copiadas da natureza, que utilizam soluções naturais para enfrentar desafios sociais como mudança climática, segurança hídrica, segurança alimentar, saúde humana e gestão de riscos de desastres (European Commission, s.d.);
- União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN): ações que protegem, gerem de forma sustentável e restauram ecossistemas naturais ou modificados, que abordam desafios sociais e ambientais de maneira eficaz e adaptativa, proporcionando simultaneamente benefícios para o bem-estar humano e a biodiversidade (Cohen-Shacham *et al.*, 2016);
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE): Estratégias que utilizam processos naturais ou processos inspirados na natureza para lidar com desafios ambientais, climáticos e sociais, promovendo simultaneamente o desenvolvimento sustentável, a preservação da biodiversidade e a geração de serviços ecossistêmicos (CGEE, 2020).

Os três conceitos convergem em apontar as SbN como abordagens integradoras que oferecem múltiplos benefícios, alinhando a sustentabilidade ao desenvolvimento social e econômico. Apesar da similaridade entre as definições citadas, para a União Europeia, as SbN são vistas como alternativas sustentáveis que promovem benefícios sociais, econômicos e ambientais. Já a IUCN foca o conceito na conservação da biodiversidade como um meio para enfrentar desafios globais e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) enfatiza a integração de SbN nas políticas públicas e sua capacidade de gerar benefícios múltiplos para a sociedade.

No âmbito da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade, bem como no Programa Ambiente Resiliente e no Cadastro Estadual de Soluções baseadas na Natureza, o conceito de SbN é adotado

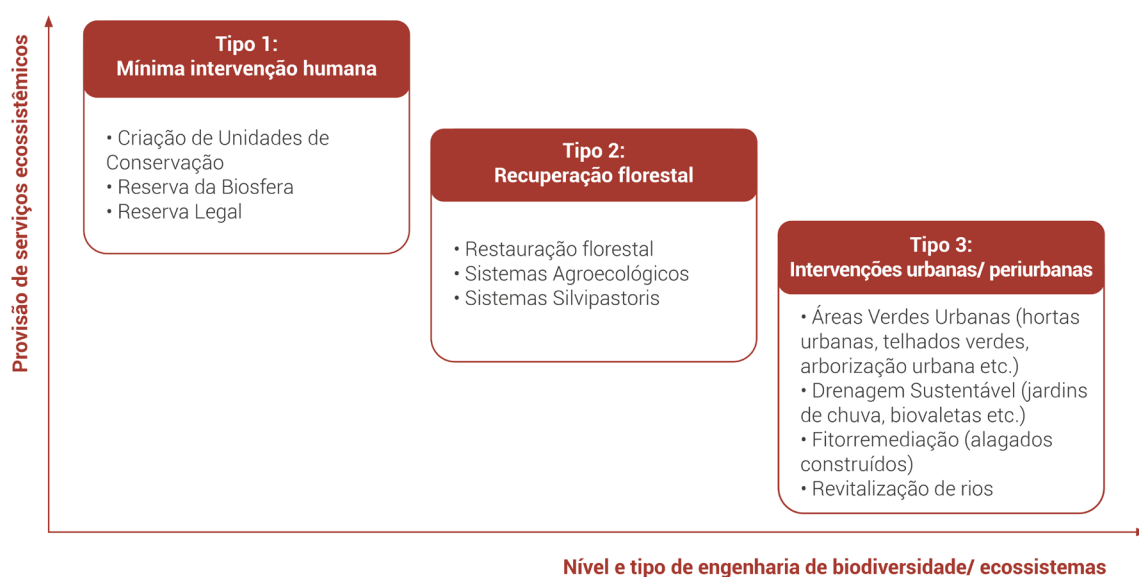
com base na definição da União Internacional para Conservação da Natureza (Union for Conservation of Nature - IUCN em inglês), porém de forma adaptada à realidade local. Nesse contexto, as SbN são descritas como “medidas sistêmicas e eficientes, inspiradas e apoiadas na natureza, que proveem simultaneamente benefícios ambientais, sociais e econômicos, auxiliam no aumento da resiliência e proporcionam bem-estar humano, serviços ecossistêmicos e melhorias à biodiversidade”.

Além das definições conceituais, é possível identificar um conjunto de elementos que caracterizam estruturalmente as SbN. Essas estratégias incorporam os processos e funções dos ecossistemas como base para enfrentar desafios socioambientais contemporâneos. Entre os principais elementos, destacam-se:

- a) Abordagem sistêmica e eficiente: as SbN adotam uma perspectiva integrada, que busca resolver problemas de maneira holística, levando em consideração os múltiplos aspectos ambientais, sociais e econômicos. Visam, ainda, promover soluções sustentáveis, eficazes e com boa relação custo-benefício (Eggermont *et al.*, 2015; IUCN, 2016; Cohen-Shacham *et al.*, 2016).
- b) Inspiradas, baseadas ou apoiadas na Natureza: fundamentam-se em processos e dinâmicas naturais como modelo para enfrentar questões como a gestão hídrica, recuperação de ecossistemas degradados e redução de riscos ambientais, utilizando a própria natureza como ferramenta de intervenção (FGB, 2023; IUCN, 2016).
- c) Geração de benefícios ambientais, sociais e econômicos: ao conservar e restaurar ecossistemas, as SbN contribuem para a saúde ambiental e a preservação da biodiversidade. Promovem, também, o bem-estar humano, por meio da melhoria da qualidade de vida, inclusão social e criação de ambientes urbanos mais seguros. Além disso, ao reduzir os custos associados à infraestrutura cinza tradicional e fomentar novas oportunidades econômicas, geram benefícios financeiros e soluções sustentáveis (Eggermont *et al.*, 2015; IUCN, 2016).
- d) Promoção da resiliência e do bem-estar humano: as SbN fortalecem a capacidade adaptativa das comunidades frente aos impactos das mudanças climáticas e aos desastres naturais. Simultaneamente, proporcionam melhorias nos espaços urbanos, tornando-os mais saudáveis, seguros e propícios ao bem-estar coletivo (Cohen-Shacham *et al.*, 2016; Frantzeskaki *et al.*, 2019).
- e) Serviços ecossistêmicos e melhoria da biodiversidade: essas estratégias asseguram a preservação e a recuperação dos serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação climática, a purificação da água e a polinização. Também promovem a biodiversidade ao criar e restaurar habitats para diversas espécies de fauna e flora (IUCN, 2016).

Com relação às tipologias, a SEAS tem adotado a categorização proposta por Eggermont *et al.* (2015), que, diante da ampla diversidade de abordagens contempladas pelo conceito de Soluções baseadas na Natureza (SbN), definiu três categorias. Essas categorias estão relacionadas à provisão de serviços ecossistêmicos e ao nível/tipo de engenharia de biodiversidade/ecossistemas, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Categorias de Soluções baseadas na Natureza



Fonte: Elaborada pelos autores, adaptada de Eggermont et al. (2015).

A primeira categoria envolve nenhuma ou mínima intervenção humana nos ecossistemas, com foco na preservação ou conservação dos ecossistemas, incluindo a melhoria dos serviços ecossistêmicos. Essa abordagem busca manter a integridade ecológica, promovendo a biodiversidade e assegurando benefícios ambientais tanto intrínsecos ao ecossistema quanto para as comunidades adjacentes. Ações que promovem a criação e o monitoramento de unidades de conservação, são exemplos de ações desta categoria.

A segunda categoria apresenta um enfoque na restauração ecológica, adotando estratégias de restauração da flora e manejo sustentável dos ecossistemas, e conciliam o uso responsável dos recursos naturais e a ampliação dos serviços ecossistêmicos. Exemplos incluem práticas agroecológicas que aprimoram a resiliência ambiental, como o manejo agrícola voltado à multifuncionalidade da paisagem e a restauração florestal para o fortalecimento da biodiversidade.

A terceira categoria abrange intervenções majoritariamente em ambientes urbanos e periurbanos por meio da implementação de infraestruturas verdes e azuis que favorecem a recuperação ambiental. Exemplos dessas intervenções incluem jardins de chuva, canteiros pluviais, biovaletas, alagados construídos, bacias de retenção, retenção e infiltração, telhados verdes, corredores verdes, revitalização de corpos hídricos e parques fluviais.

Essas três categorias ajudam a clarificar as diferentes formas de implementação das Soluções baseadas na Natureza, variando desde abordagens mais naturais e passivas até aquelas que envolvem maior intervenção humana e engenharia. Cada tipo de solução é selecionado conforme as necessidades específicas do contexto local, buscando sempre a eficiência na provisão de serviços ecossistêmicos e o equilíbrio entre a natureza e a intervenção humana.

3. Avanços e lacunas identificadas

A partir de uma análise sobre o tema, observa-se a existência de importantes avanços conceituais, normativos e operacionais relacionados à incorporação das Soluções baseadas na Natureza em políticas públicas e práticas de gestão ambiental. No entanto, persistem lacunas significativas que limitam sua aplicação plena e efetiva. Os pontos a seguir sintetizam os principais achados, destacando progressos já alcançados, bem como os desafios que ainda requerem aprofundamento teórico, aprimoramento institucional e maior articulação entre os diferentes níveis de governança.

- **Inserção recente do tema nas políticas públicas e restrita à esfera ambiental**

O conceito de SbN ainda é relativamente recente e, em muitos casos, permanece restrito ao setor ambiental. Embora sua importância venha sendo reconhecida de forma crescente, sua compreensão e adoção em outras áreas, como no planejamento urbano e no desenvolvimento de infraestruturas, ainda é incipiente.

- **Baixa presença do termo “SbN” nas normas e políticas públicas**

A utilização do termo SbN ainda é pouco frequente nas legislações em âmbito nacional, estadual e municipal. Além disso, o desconhecimento do conceito por parte de gestores públicos, servidores e da população em geral compromete sua efetiva implementação.

- **Avanços nas áreas de recursos hídricos e resiliência**

No estado do Rio de Janeiro, houve progressos expressivos na aplicação de SbN nos campos da gestão de recursos hídricos, segurança hídrica e resiliência. Tais avanços são refletidos na evolução das normativas e em iniciativas em andamento ou já concluídas, com destaque para sua relevância frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas e segurança hídrica.

- **Desafios para a implementação de SbN em áreas urbanas**

Apesar dos avanços, persiste a necessidade de maior integração das SbN nos contextos urbanos, com foco em soluções que respondam a problemas como enchentes, poluição e degradação ambiental. A adoção dessas estratégias pode contribuir significativamente para a promoção da biodiversidade e a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

- **Insuficiência de financiamento e necessidade de alocação direcionada de recursos:**

A ausência de linhas de financiamento específicas para SbN limita a escala e a continuidade de projetos. Atualmente, muitas iniciativas dependem de parcerias pontuais com instituições do terceiro setor e universidades, o que pode comprometer a sustentabilidade e o impacto das ações a longo prazo.

- **Progresso na formulação de planos e projetos**

Apesar dos obstáculos, observa-se um crescimento gradual da incorporação de SbN na elaboração de planos e projetos no estado do Rio de Janeiro. Esse movimento indica uma tendência positiva de integração dessas soluções nas políticas públicas e no planejamento territorial, apontando para um cenário mais promissor em médio e longo prazo.

Em resumo, embora ainda haja muitos desafios relacionados à compreensão e implementação das SbN, incluindo a Infraestrutura Verde, especialmente nas áreas urbanas, os avanços nas políticas públicas, especialmente as de recursos hídricos e resiliência, demonstram um caminho promissor para a incorporação de soluções baseadas na natureza nas próximas fases do planejamento e gestão ambiental e urbana no estado.

4. Atuação da SEAS e do INEA na disseminação e incorporação das Soluções baseadas na Natureza em suas ações e projetos

A SEAS e o INEA passaram, progressivamente, a incorporar, em seus projetos e iniciativas, a mesma perspectiva da evolução conceitual das abordagens que incorporam a natureza, os ecossistemas e os elementos verdes como provedores de serviços ecossistêmicos e impulsionadores do desenvolvimento social, cultural e ambiental dos territórios.

Este artigo não contempla um levantamento exaustivo das ações e iniciativas de SbN promovidas pela SEAS e INEA, mas busca evidenciar a adoção dessa abordagem na gestão ambiental estadual a partir de 2007. Nos programas e projetos, é avaliada a categoria de SbN que os dispositivos adotados se enquadram.

4.1 Disseminação do conhecimento técnico-científico

Ao longo dos anos, o INEA e a SEAS vêm incentivando e promovendo a disseminação do conhecimento técnico-científico. Desde 2020, esses órgãos ambientais, por meio da Universidade do Ambiente, promoveram quatro webinários e um seminário dedicado ao tema das Soluções baseadas na Natureza, com o intuito de capacitar gestores públicos, pesquisadores e membros da sociedade civil.

Os webinários trataram dos seguintes temas: (i) *SbN para Água, Clima e Biodiversidade*; (ii) *SbN com foco nas cidades*; (iii) *SbN e a promoção da segurança hídrica*; e (iv) *Serviços ecossistêmicos: conceitos, classificação e aplicação*.

O seminário, por sua vez, abordou as SbN sob a perspectiva das "cidades sustentáveis, do saneamento e da drenagem urbana". Todos os eventos foram gravados e estão disponíveis no canal do INEA no YouTube, ampliando o acesso contínuo ao conteúdo e contribuindo para o fortalecimento das capacidades técnicas sobre o tema.

Paralelamente, o INEA tem incentivado o desenvolvimento de estudos e a produção de trabalhos acadêmicos relacionados às SbN. Um exemplo dessa iniciativa é o tema do II Prêmio INEA de Meio Ambiente, realizado em 2021, que teve como foco "Soluções baseadas na Natureza para o Desenvolvimento Sustentável" (INEA, 2022).

4.2 Programas instituídos

A instituição de programas tem se consolidado como uma ferramenta estratégica para a promoção e a implementação de políticas públicas na área ambiental. No âmbito estadual, destacam-se alguns programas que abordam, direta ou indiretamente, o tema das Soluções baseadas na Natureza (SbN).

4.2.1 Programa Pacto pelas Águas

O Pacto pelas Águas foi lançado em 2015 com objetivo de proteger mananciais estratégicos de abastecimento, visando aumentar, a médio e longo prazos, a segurança hídrica do estado (Figura 2). Foi concebido como um programa de integração e otimização de diversas iniciativas e projetos da SEAS/INEA e parceiros em torno da conservação e restauração florestal de áreas prioritárias, tais como nascente, margens de rios, áreas de recarga de mananciais e áreas úmidas, de mananciais estratégicos para abastecimento público do estado do Rio de Janeiro (INEA, 2018b).

Figura 2 - Programa Pacto pelas Águas



Foto: Luana Bianchini.

O Programa é regido por seis diretrizes, dentre elas a contribuição para manutenção, recuperação ou aumento da provisão de serviços ecossistêmicos associados à água e para a conservação e recuperação dos recursos hídricos. Além disso, apoia as iniciativas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) em áreas de interesse para proteção e recuperação de mananciais de abastecimento público.

Este Programa contribuiu para a geração de conhecimento e bases técnicas para orientar as iniciativas de SbN para segurança hídrica (INEA, 2018a; INEA, 2018b; INEA, [2025?]) e que foram incorporadas em normativas estaduais que orientam a atuação da SEAS, do INEA e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Resolução INEA nº 158/2018, alterada pela Resolução INEA nº 244/2021 - Anexos I, II e III, e Resolução CERHI-RJ nº 218/2019, alterada pela Resolução CERHI-RJ nº 250/2021).

As iniciativas de SbN deste Programa referem-se, principalmente, às categorias 1 e 2, o que é evidenciado pelas ações de conservação e restauração florestal.

4.2.2 Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais

O Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PRO-PSA) foi estabelecido no âmbito da Política Estadual de Recursos Hídricos, como subprograma do Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos (PROHIDRO). Já o Cadastro de PSA foi instituído no âmbito do PRO-PSA e regulamentado por resolução CERHI nº 227/2020 e alterado pela resolução CERHI nº 251/2021. Este cadastro reúne dados e informações sobre áreas, beneficiários e serviços ambientais prestados no Rio de Janeiro.

Em nova redação do PRO-PSA, estabelecida pelo Decreto nº 49.439, de 19 de dezembro de 2024 (Rio de Janeiro, 2024), foi introduzida a definição de "Serviços Ecossistêmicos" como os benefícios essenciais gerados pelos ecossistemas para a sociedade, relacionados à manutenção, recuperação ou melhoria

das condições ambientais. Além disso, "Serviços Ambientais" foram definidos como práticas que promovem a conservação, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos, abrangendo, entre outras ações: (i) a conservação e a recuperação da qualidade e disponibilidade hídrica; (ii) a conservação e restauração da biodiversidade; (iii) a proteção e recuperação das Faixas Marginais de Proteção (FMP); e (iv) o aumento dos estoques de carbono da vegetação nativa e do manejo do solo, com foco na conservação e restauração florestal.

As iniciativas de SbN deste Programa referem-se, principalmente, às categorias 1 e 2, evidenciadas pelas ações de conservação e restauração florestal.

4.2.3 Programa Florestas do Amanhã

O Programa Florestas do Amanhã é uma iniciativa do governo do Estado do Rio de Janeiro, instituída pelo Decreto nº 49.438/2024, com o objetivo de incentivar e promover ações de restauração de ecossistemas e das paisagens da Mata Atlântica no estado.

A estratégia do programa baseia-se na recuperação florestal por meio de compensação ambiental, abrangendo cerca de 400 mil hectares de áreas degradadas. Essa iniciativa alinha-se aos compromissos assumidos pelo estado durante a 26ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP 26), em 2021, onde foi estabelecida a meta de aumentar a cobertura florestal da Mata Atlântica no estado, passando de 30% para 40% até 2050 (SEAS, 2025a).

Este programa representa um esforço significativo na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, na conservação da biodiversidade e na ampliação dos serviços ecossistêmicos, contribuindo para a resiliência ambiental da região (Figura 3).

Figura 3 - Projeto Florestas do Amanhã



Foto: Fabiano Veneza - Ascom/SEAS.

As iniciativas de SbN deste Programa referem-se principalmente à categoria 2, evidenciadas pelas ações de restauração florestal.

4.2.4 Programa Ambiente Resiliente

Em 2024 foi instituído o Programa Ambiente Resiliente (Resolução SEAS nº 195/2024), que tem como objetivo geral fortalecer as capacidades institucionais dos municípios do Rio de Janeiro para promover o aumento da resiliência diante dos desafios climáticos, e dentre seus objetivos específicos, incentivar a

implementação de SbN como ferramenta estratégica para o fortalecimento da resiliência nos municípios fluminenses e para o aprimoramento das políticas e ações de adaptação às mudanças climáticas.

No âmbito deste Programa cabem destacar dois projetos em desenvolvimento pela SEAS: Projeto Guanabara Verde e o Projeto Ambiente Resiliente.

O Projeto Guanabara Verde Resiliente é uma iniciativa promovida pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) em parceria com a SEAS, e é financiado com recursos de doação internacional do *Global Affairs Canada* (GAC). Lançado no fim de 2024, com previsão de duração até 2027, o projeto visa promover cidades inclusivas e resilientes por meio da conservação ambiental da Baía de Guanabara, através da adoção de políticas públicas personalizadas para viabilizar a adoção de SbN.

Os principais produtos do projeto incluem: o desenvolvimento de uma base legal e de um roteiro metodológico sobre SbN; a identificação de mecanismos financeiros e fontes de financiamento para sua implantação; a capacitação do setor público, privado e do terceiro setor para fomentar a adoção de SbN; a avaliação e valoração de serviços ecossistêmicos; a capacitação de agentes multiplicadores para a adoção de SbN na agricultura, na aquicultura e no conforto térmico em núcleos urbanos e periurbanos; além da criação de uma plataforma dedicada ao cadastro dessas soluções.

Já o Projeto Ambiente Resiliente é fruto de investimento de cerca de 38 milhões de reais do Fundo Estadual de Conservação Ambiental e Desenvolvimento Urbano (FECAM).

Dentre as atividades previstas destacam-se a elaboração de Planos de Adaptação e Resiliência Climática para 34 municípios; a capacitação de agentes multiplicadores para redução de risco em escolas públicas; a elaboração de mapeamento preliminar de risco de inundações para o estado do Rio de Janeiro; a realização de treinamentos técnicos para todos os municípios do estado com o objetivo de identificar, avaliar e gerenciar riscos climáticos; a mentoria de nove municípios para elaboração de notas conceituais de projetos relacionados ao clima; a implementação de projetos pilotos de Soluções baseadas na Natureza de drenagem sustentável; e um projeto piloto utilizando o conceito de "Cidade Esponja" (SEAS, 2025b).

As iniciativas de SbN deste Programa estão relacionadas principalmente às categorias 2 e 3, o que é evidenciado pelas ações de fomento a implementação de SbN na agricultura e piscicultura, além da previsão de implantação de SbN no contexto urbano.

4.3 Participação em Fóruns Colegiados

A SEAS e INEA vêm participando de diferentes fóruns no âmbito nacional e estadual, com o intuito de promover e trocar experiências com outros estados e instituições.

• Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI)

No ano de 2018, foi criado o Grupo de Trabalho de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), coordenado pelo INEA, que deu início às discussões sobre PSA no âmbito do CERHI. Com o aumento da relevância do assunto, o grupo foi posteriormente extinto e substituído pela Câmara Técnica de Infraestrutura Verde (CTIV), atualmente coordenada pela SEAS.

Um dos marcos dos encaminhamentos da CTIV foi a proposição da Resolução CERHI nº 251/2021, que resultou na criação do Cadastro Estadual de SbN voltado à segurança hídrica, ao qual o INEA e a SEAS são responsáveis por sua gestão. Seu objetivo é consolidar e disseminar informações acerca das ações, projetos e programas que visem proteger, gerenciar e restaurar de maneira sustentável os ecossistemas no estado, de modo a abordar os desafios de segurança hídrica e proporcionar simultaneamente bem-estar humano e benefícios à biodiversidade. Em 2025, contava com 10 iniciativas cadastradas, de diferentes instituições como comitês de bacias, universidades e prefeituras.

• Associação Brasileira de Entidades de Meio Ambiente (ABEMA)

A SEAS coordena, desde 2023, o grupo de trabalho de Soluções baseadas na Natureza (GT SbN), criado no âmbito da Câmara Técnica de Biodiversidade (CTBIO) da ABEMA.

Dentre as principais atividades desenvolvidas nos primeiros dois anos, destacam-se: o mapeamento de iniciativas de SbN e diagnóstico dos estados; a realização de capacitações, seminário e webinar sobre o tema para os membros da Associação; a elaboração de repositório sobre publicações de SbN; e o fomento à criação de redes e de parcerias para ações de SbN.

4.4 Projetos

Com relação aos projetos, é apresentado, a seguir, um levantamento e um descritivo dos principais projetos planejados e/ou implementados nas últimas duas décadas pelo INEA e/ou pela SEAS que, de forma direta ou indireta, incorporaram SbN, ainda que essa nomenclatura não estivesse amplamente utilizada no estado à época da concepção de tais projetos.

• Projeto Iguaçu

O Projeto Iguaçu, concebido no final da década de 1990, foi atualizado e implementado a partir de 2007, incorporando soluções inovadoras à época para a gestão hídrica e a resiliência urbana. Entre suas ações, destacava-se a adoção de polders como bacias de retenção de águas pluviais, uma estratégia amplamente utilizada em SbN para drenagem sustentável. Além disso, o projeto contemplou a implantação de parques fluviais, que desempenharam um papel fundamental na mitigação dos impactos das inundações na Baixada Fluminense e contribuíram para a ampliação da biodiversidade local (INEA, 2007 ?).

Um marco importante concebido no âmbito deste projeto foi a criação da Área de Proteção Ambiental do Alto Iguaçu (APAIGU), por meio do Decreto Estadual nº 44.023/2013, cujo objetivo é promover a conservação e a recuperação de ecossistemas da Mata Atlântica, possibilitando a manutenção de populações da sua fauna e flora e favorecendo a biodiversidade. A criação da APA prevê, entre outros elementos, as chamadas Zonas de Contenção de Cheias (ZCC), áreas dedicadas ao acúmulo das águas pluviais, e as Zonas de Ocupação Restrita (ZOR), para controle de ocupação de áreas relevantes para conservação da natureza a montante das ZCC. Em 2021 foi aprovado o Plano de Manejo da APAIGU, no qual foram propostas normas, restrições de uso e planejamento de ações a serem desenvolvidas, a exemplo das práticas agrícolas sustentáveis.

Figura 4 - Área de Proteção Ambiental Alto Iguaçu



Foto: Erica Sodré.

Ao analisar as iniciativas adotadas no projeto, observam-se que algumas delas, embora não implementadas sob a perspectiva contemporânea de SbN, apresentam características análogas às SbN de drenagem sustentável. Destaca-se o caso dos pôlderes, que funcionam como bacias de retenção natural de águas pluviais e excedentes de drenagem de cursos hídricos. Parte dos dispositivos de drenagem sustentável adotados no projeto se enquadram como SbN da categoria 3.

Os pôlderes foram concebidos sob uma visão de bacia hidrográfica, considerando a escala global do problema, com o intuito de mitigar inundações e alagamentos. Adicionalmente, proporcionam cobenefícios como a melhoria da saúde populacional, do bem-estar social e o aumento da biodiversidade local, haja vista a utilização de áreas outrora degradadas para essa finalidade.

Já a criação e a elaboração do Plano de Manejo da APAIGU estabeleceram, entre outras diretrizes, a prática de iniciativas agrícolas sustentáveis, alinhadas às SbN de categoria 2.

• Parque Fluvial do Rio Macacu

O Parque Fluvial do Rio Macacu foi o primeiro projeto desenvolvido no estado a adotar a nomenclatura recém estabelecida de “parque fluvial”. Planejado em 2009, o projeto tinha como principais objetivos a formação de um corredor florestal ao longo das margens dos rios Macacu e Guapiaçu, bem como a melhoria da qualidade da água desses corpos hídricos, que abastecem os municípios de Niterói e São Gonçalo, parte de Itaboraí, a Ilha de Paquetá (no município do Rio) e os distritos de Inoã e Itaipuaçu, em Maricá (CAP, 2008).

De forma integrada à restauração da vegetação das margens do rio, foram instalados, ao longo de diferentes trechos do parque, dispositivos destinados ao uso público, incluindo ciclovias, quadra esportiva e um centro de educação ambiental, entre outros equipamentos.

As iniciativas à época planejadas se enquadram no conceito de SbN da categoria 2, devido ao seu enfoque na formação de corredor florestal e previsão de restauração florestal. No entanto, a escassez de registros detalhados sobre a implementação dos dispositivos planejados impede a confirmação de que todas as diretrizes originalmente estabelecidas foram seguidas integralmente.

• Projeto de Recuperação Ambiental da Região Serrana

O Projeto de Recuperação Ambiental da Região Serrana surgiu em 2011, após esta região ser atingida pela maior tragédia ambiental da história do estado. Diante desse cenário, o INEA desenvolveu e implementou ações voltadas à mitigação dos impactos ambientais e a adaptação das cidades afetadas. No âmbito do projeto foram restaurados quilômetros de rios e implantados parques fluviais nos municípios de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo, além do reflorestamento de áreas devastadas pelo evento climático (Farias Júnior *et al.*, 2013).

Os parques fluviais foram projetados para integrar infraestrutura verde e espaços de uso público, contemplando áreas de lazer, práticas esportivas e atividades culturais para diferentes faixas etárias, com gramados e arborização distribuídos ao longo das margens dos cursos d'água. O projeto incluía ainda medidas voltadas à proteção dos ecossistemas naturais, como o reflorestamento e a estabilização de taludes por meio de técnicas de revestimento vegetativo, contribuindo para a prevenção de deslizamentos e a recuperação da paisagem natural. Algumas destas iniciativas o enquadram, principalmente, como SbN categoria 2 devido às ações de recuperação de áreas degradadas e restauração florestal.

• Conexão Mata Atlântica

O Projeto Conexão Mata Atlântica, iniciado em 2007, teve como objetivo a recuperação e proteção dos serviços ecossistêmicos na Mata Atlântica brasileira. A iniciativa fortaleceu o mecanismo de PSA, aumentando a resiliência do território da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, promovendo a

conservação e a conectividade florestal, e incentivando a adoção de práticas produtivas rurais sustentáveis (INEA, 2015; Ikemoto *et al.*, 2019). No estado do Rio de Janeiro, o projeto foi implementado nos municípios de Varre-Sai, Porciúncula, Italva, Cambuci, Valença e Barra do Piraí (Figura 5).

Figura 5 - Conexão Mata Atlântica



Foto: Gustavo Stephan.

As iniciativas adotadas no âmbito do projeto o enquadram, principalmente, como SbN categorias 1 e 2, evidenciadas por ações de conservação florestal, restauração ecológica e conversão produtiva.

5. Considerações finais

A evolução dos conceitos de Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Soluções baseadas na Natureza reflete a crescente conscientização acerca da necessidade de integrar a conservação ambiental ao desenvolvimento socioeconômico.

Nas últimas décadas, tem-se observado uma mudança de paradigma, em que a natureza deixa de ser vista apenas como um recurso explorável e passa a ser reconhecida como um componente fundamental para a promoção do bem-estar humano e o fortalecimento da resiliência de paisagens e ambientes urbanos.

As Soluções baseadas na Natureza configuram-se como uma estratégia eficaz para mitigar desafios globais, como as mudanças climáticas e a degradação ambiental, promovendo benefícios simultâneos de ordem ecológica, social e econômica. Apesar da recente consolidação do termo, muitos projetos concluídos ou em andamento já incorporam princípios alinhados a essa abordagem. No contexto estadual, iniciativas que envolvem Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), restauração ecológica, manejo sustentável de ecossistemas e dispositivos de drenagem urbana sustentável exemplificam ações que, embora não tenham sido inicialmente concebidas sob essa nomenclatura, apresentam convergência com seus fundamentos.

Apesar dos avanços conceituais e da implementação de experiências exitosas, persistem desafios, especialmente na integração efetiva dessas abordagens às políticas públicas e aos modelos de desenvolvimento. Nesse sentido, torna-se essencial o fortalecimento de políticas intersetoriais, o incentivo a pesquisas multidisciplinares e o investimento em educação ambiental, visando promover uma sociedade mais consciente e engajada com a sustentabilidade.

A cooperação entre governos, setor privado, academia e comunidades locais pode desempenhar um papel estratégico na consolidação da natureza como aliada na construção de um futuro ambientalmente equilibrado e socialmente resiliente. Nesse contexto, ampliar a adoção dessas abordagens se torna essencial para garantir qualidade de vida às gerações atuais e futuras.

Referências

BRASIL. Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002. Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n. 162, 22 ago. 2002.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 145, n. 248, 29 dez. 2009.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nº 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 9, p. 7, 14 jan. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade**. Brasília, DF: MMA, 2017.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Inovação para cidades sustentáveis**: soluções baseadas na natureza: primeira etapa: resumo executivo. Brasília, DF: CGEE, 2020.

COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. (ed.). **Nature-based Solutions to address global societal challenges**. Gland, Suíça: IUCN, 2016. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (RJ). Resolução CERHI-RJ *Ad Referendum* nº 250, de 08 de dezembro de 2021. Altera os anexos I, II e III da Resolução CERHI nº 218/2019, para atualizar os mapas das áreas de interesse para proteção e recuperação de mananciais de abastecimento público – AIPM e das áreas prioritárias para restauração florestal – APRF visando à proteção e recuperação de mananciais. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, ano 48, n. 24, p. 19-37, 07 fev. 2022.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (RJ). Resolução CERHI-RJ *ad referendum* nº 251, 8 de dezembro de 2021. Dispõe sobre o Cadastro Estadual de Soluções baseadas na Natureza para Segurança Hídrica (CESbN). **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, ano 47, n. 238, 17 dez. 2021.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (RJ). Resolução CERHI-RJ nº 227, de 24 de junho de 2020. Dispõe sobre o Cadastro estadual de Pagamento por Serviços Ambientais – PRO-PSA. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, ano 46, n. 122, 08 jul. 2020.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (RJ). Resolução CERHI-RJ nº 218, de 16 de outubro de 2019. Dispõe sobre diretrizes para planejamento, implementação, monitoramento e avaliação de iniciativas para proteção e recuperação de mananciais. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, ano 45, n. 211, p. 22, 06 nov. 2019.

CONSULTORIA AMBIENTAL PAISAGÍSTICA. **Parque fluvial do Rio Macacu**: anteprojeto. Rio de Janeiro: CAP, 2008.

DAILY, G. C. **Nature's services**: societal dependence on natural ecosystems. Washington, DC: Island Press, 1997.

DIGE, G. **Infraestrutura verde**: viver melhor graças a soluções baseadas na natureza. [Copenhague]: EEA, 2015. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/pt/articles/infraestrutura-verde-viver-melhor-gracas>. Acesso em: 10 dez. 2024.

DUDLEY, N.; STOLTON, S.; BELOKUROV, A.; KRUEGER, L.; LOPOUKHINE, N.; MACKINNON, K.; SANDWITH, T.; SEKHRAN, N. (ed.). **Natural solutions**: protected areas helping people cope with climate change. Gland, Suíça: IUCN-WCPA, 2010. Disponível em: https://iucn.org/sites/default/files/import/downloads/natural_solutions.pdf. Acesso em: 20 out. 2024.

EGGERMONT, H. et al. Nature-based solutions: new influence for environmental management and research in Europe. **GAIA - Ecological perspectives for science and society**, v. 24, n. 4, p. 243-248, 1 jan. 2015. DOI: <https://doi.org/10.14512/gaia.24.4.9>. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/oekom/gaia/2015/00000024/00000004/art00010>. Acesso em: 15 set. 2024.

EUROPEAN COMMISSION. Green Infrastructure: promoting the use of green infrastructure in all EU policies, to help restore nature and boost biodiversity. In: EUROPEAN COMMISSION. [Bruxelas: European Commission, 2019]. Disponível em: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en. Acesso em: 25 jan. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. Nature-based solutions: nature-based solutions and how the Commission defines them, the global context, funding, collaboration and jobs, projects and results, knowledge platforms, latest publications, news and events. In: EUROPEAN COMMISSION. [Bruxelas: European Commission, 2025]. Disponível em: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en. Acesso em: 25 jan. 2025.

FARIAS JÚNIOR, J. E. F.; IKEMOTO, S. M.; SANTOS, M. O. R. M.; JOHNSON, R. M. F. Gestão de riscos de inundações e a tragédia da Região Serrana: ações, resultados, desafios e perspectivas futuras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves, RS. **Anais [...]**. Bento Gonçalves, RS: ABRH, 2013.

FRANTZESKAKI, N.; MCPHEARSON, T.; COLLIER, M. J.; KENDAL, D.; BULKELEY, H.; DUMITRU, A.; WALSH, C.; NOBLE, K.; VAN WYK, E.; ORDÓÑEZ, C.; OKE, C.; PINTÉR, L. Nature-based solutions for urban climate change adaptation: linking science, policy, and practice communities for evidence-based decision-making. **BioScience**, Oxford, v. 69, n. 6, p. 455-466, jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biz042>. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioscience/article/69/6/455/5492440>. Acesso em: 16 jan. 2025.

HERMANN, A.; SCHLEIFER, S.; WRBKA, T. The concept of ecosystem services regarding landscape research: a review. **Living Reviews in Landscape Research**, v. 5, n. 1, p. 1-37, 2011.

IKEMOTO, S. M.; OLIVEIRA, M. B. D.; PEREIRA, G. S.; BARBOSA, D. F.; COSTA, M. M. Conexão Mata Atlântica-RJ: ações, resultados e perspectivas. **Revista Ineana**, Rio de Janeiro, RJ, ed. esp., p. 6-29, nov. 2019.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Atlas dos mananciais de abastecimento público do Estado do Rio de Janeiro**: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial. Rio de Janeiro, RJ: INEA, 2018a.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Conexão mata atlântica**. Rio de Janeiro, RJ: INEA, 2015.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **II Prêmio INEA de meio ambiente**: soluções baseadas na natureza para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: INEA, 2022.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Projeto Iguaçu**: rio limpo cidade saudável. Rio de Janeiro: INEA, 2017.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Resolução INEA nº 158, de 27 de novembro de 2018**. Institui o Programa de Proteção e Recuperação de Mananciais no estado do Rio de Janeiro – Pacto Pelas Águas. Rio de Janeiro, RJ: INEA, 2018b.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). Resolução INEA nº 244 de 18 de novembro de 2021. Altera os anexos I, II e III da Resolução INEA nº 158/2018, que instituiu o Programa de Proteção e Recuperação de Mananciais do Estado do Rio de Janeiro – Pacto Pelas Águas, para atualizar os mapas das áreas de interesse para proteção e recuperação de mananciais de abastecimento público – AIPM e das áreas prioritárias para restauração florestal – APRF visando à proteção e recuperação de mananciais. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, nº 219, p. 45, 22 nov. 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). Biodiversidade e território: proteção e recuperação de mananciais. Rio de Janeiro: INEA, [2025?]. Disponível em: <https://www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/protecao-e-recuperacao-de-mananciais>. Acesso em: 25 jun. 2025.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **WCC-2016-Res-069-SP**: definición de soluciones basadas en la naturaleza. [Gland, Suíça: IUCN], 2016. Disponível em: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_069_ES.pdf. Acesso em: 25 jan. 2025.

MACKINNON, K.; SOBREVILA, C.; HICKEY, V. **Biodiversity, climate change and adaptation**: nature-based solutions from the World Bank Portfolio. Washington, DC: The World Bank, 2008.

MAES, J.; JACOBS, S. Nature based solutions for Europe's sustainable development. **Conservation letters**, v. 10, n. 1, p. 121-124, 2015. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/conl.12216>. Acesso em: 05 nov. 2024.

MARQUES, T. H. N.; RIZZI, D.; FERRAZ, V.; HERZOG, C. P. Soluções baseadas na natureza: conceituação, aplicabilidade e complexidade no contexto latino-americano, casos do Brasil e Peru. **Revista LABVERDE**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 12-49, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/189419>. Acesso em: 20 out. 2024.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. **The limits to growth**. New York: Universe Books, 1972.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being**: synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005.

RIBEIRO, J. B.; SPINA, R.; BAIA, N. (coord.). **Cidades do futuro**: as soluções baseadas na natureza ajudando a enfrentar a emergência climática. Curitiba: Fundação Grupo Boticário, 2023. Disponível em: https://www.fundacaogrupoboticario.org.br/wp-content/uploads/2024/12/Book-de-cases-SbN-e-fontes_-Cidades-do-futuro-1.pdf. Acesso em: 16 jan. 2025.

RIO DE JANEIRO (Estado). Decreto nº 43.029, de 15 de junho de 2011. Regulamenta o programa estadual de conservação e revitalização de recursos hídricos - Prohidro, previsto nos artigos 5º e 11 da Lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, ano 37, n. 112, 16 jun. 2011.

RIO DE JANEIRO (Estado). Decreto nº 49.442, de 19 de dezembro de 2024. Dispõe sobre a execução antecipada do orçamento anual do poder executivo para o exercício de 2025 e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, ano 50, n. 237, 20 dez. 2024.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, ano 25, n. 147, 4 ago. 1999.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 5.690, de 14 de abril de 2010. Institui a política estadual sobre mudança global do clima e desenvolvimento sustentável e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, ano 36, n. 68, 15 abr. 2010.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 8.538, de 27 de setembro de 2019. Institui a política estadual de restauração ecológica, o plano estadual de restauração ecológica e estabelece seus mecanismos e altera as leis estaduais n.º 3.239/1999 e 6.572/2013. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, ano 45, n. 185, 16 jun. 2011.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade. **Floresta do amanhã**. Rio de Janeiro: SEAS, 2025a. Disponível em: <https://geoportal.inea.rj.gov.br/portal/apps/storymaps/stories/82f1b32bafb84e1a-82f1c0900d381a8c>. Acesso em: 15 jan. 2025.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade. **Ambiente resiliente**. 2025b. Disponível em: <http://ambientesresiliente.ambiente.rj.gov.br>. Acesso em: 15 jan. 2025.

VIANNA, J. N. S. A evolução do conceito de desenvolvimento sustentável e a questão ambiental. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 4, p. 759-780, 2008.

WESTMAN, W. E. How much are nature's services worth?. **Science**: new series, Washington, DC, v. 197, n. 4307, p. 960-964, Sept. 1977. Disponível em: www.jstor.org/stable/1744285. Acesso em: 11 nov. 2024.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

Sobre os autores

José Edson Falcão de Farias Júnior

Doutorando em Planejamento Energético (COPPE/UFRJ), mestre em Recursos Hídricos (COPPE/UFRJ), especialista em Análise Ambiental e Gestão do Território (ENCE) e engenheiro civil (UFAL). Desde 2024, exerce a função de coordenador de Estudos e Projetos da Assessoria de Cidades Resilientes, vinculada à Subsecretaria de Mudanças do Clima e Conservação da Biodiversidade, na SEAS. Servidor do Governo do Estado do Rio de Janeiro desde 2007, atuou como chefe do Serviço da Divisão de Hidrologia na Superintendência Estadual de (SERLA). No INEA, exerceu os cargos de assessor técnico, coordenador de Planejamento e Projetos Estratégicos, gerente de Segurança Hídrica e diretor adjunto de Recuperação Ambiental. Na SEAS, foi assessor e coordenador na Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade. Entre 2022 e 2023, atuou como chefe de Gabinete da presidência do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente.

Hanna Nahon Casarini

Pós-graduada em Paisagismo Ecológico pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2019) e graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (2015), com mobilidade acadêmica realizada na Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, Espanha (2013/2014). Atua há treze anos na elaboração de projetos e em consultorias voltadas para soluções urbanas sustentáveis, Soluções baseadas na Natureza (SbN) e estratégias de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Larissa Ferreira da Costa

Mestra em Recursos Hídricos e Saneamento pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ) e graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Desde 2023, exerce o cargo de assessora especial de Cidades Resilientes na Subsecretaria de Mudanças do Clima e Conservação da Biodiversidade, na Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS), coordenando o Programa Ambiente Resiliente. Lidera projetos estratégicos voltados à adaptação climática e Soluções baseadas na Natureza, como o Rio Clima II e o Guanabara Verde Resiliente. É servidora do INEA desde 2014, onde atuou como chefe de Serviço de Planejamento e Avaliações de Recursos Hídricos e como gerente de Segurança Hídrica, onde acumulou experiência em segurança hídrica, gestão de crises (estiagens e inundações), monitoramento hidrológico, segurança de barragens e operação de sistemas hidráulicos.

Silvia Marie Ikemoto

Doutora em meio ambiente pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), mestre em Ciência Ambiental e graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Desde 2023 exerce o cargo de subsecretária de Mudanças do Clima e Conservação da Biodiversidade na Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS). É servidora do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) desde 2010, onde atuou como assessora da Diretoria de Gestão das Águas e do Território e como gerente de Gestão do Território e Informações Geoespaciais.

Parque Orla Piratininga em Niterói: realizações, desafios e lições aprendidas com Soluções baseadas na Natureza

Achievements, challenges and lessons learned in the implementation of the Piratininga Waterfront Park - Niterói

Dionê Maria Marinho Castro; Heloisa Helena da Penha dos Santos Osanai; Andrea Maia; André Fraga Damasceno; Camille Alves Duque Ribeiro; José Carlos Soares do Nascimento; Lorenza Paste Yang; Mariah da Silva Bessa da Costa

Resumo

O Parque Orla Piratininga Alfredo Sirkis, implantado na orla da Lagoa de Piratininga, no município de Niterói, tem como diferenciais a aplicação de técnicas denominadas Soluções baseadas na Natureza (SbN) e o processo de gestão fundamentada nas premissas do pensamento sistêmico, tendo como pilares a complexidade, a intersubjetividade e a irreversibilidade. Foram adotadas as SbN para tratar as águas que desembocam na Lagoa, oriundas das três bacias hidrográficas contribuintes e, também, de escoamento superficial. Os alagados construídos e mais o enriquecimento vegetal devido ao plantio de espécies nativas, bem como a recuperação de conectores da Mata Atlântica com áreas úmidas da Lagoa contribuíram para o aumento significativo da biodiversidade, e para a transformação dessa antiga área inóspita em espaço de uso igualitário e aprazível para moradores e visitantes. Todos estes ganhos foram estruturados a partir do processo de gestão pública, em que se buscou envolver as pessoas interessadas como coprotagonistas do projeto.

Palavras-chave

Soluções baseadas na Natureza. SbN. Gestão Pública. Pensamento Sistêmico. Inclusão Social. Alagados Construídos.

Abstract

The Alfredo Sirkis Piratininga Waterfront Park, located on the shore of the Piratininga Lagoon in the municipality of Niterói, is distinguished by the application of techniques known as Nature Based Solutions (NbS) and a management process based on the premises of systems thinking, with complexity, intersubjectivity and irreversibility as its pillars. NbS was adopted to treat the water that flows into the lagoon from the three contributing watersheds and also from surface runoff. The constructed wetlands, plus plant enrichment by planting native species, as well as the recovery of Atlantic Forest connectors with the Lagoon's wetlands, have contributed to a significant increase in biodiversity, transforming this formerly inhospitable area into a space of equal use and enjoyment for residents and visitors. All these gains were structured around the public management process, which sought to involve the people concerned as co-protagonists in the project.

Keywords

Nature based Solutions. NbS. Public Management. Thinking Systems. Social Inclusion. Constructed Wetlands.

1. Introdução

O Parque Orla Piratininga Alfredo Sirkis (POP) é o maior parque público urbano do Brasil que adotou técnicas inovadoras de Soluções baseadas na Natureza (SbN) para tratar as águas que aportam na Lagoa de Piratininga, oriundas de escoamento superficial e da rede de drenagem convencional. O outro diferencial do POP é a aplicação do pensamento sistêmico como premissa teórica no processo de gestão pública e implantação das obras (PRO Sustentável, 2024).

Foram aplicados diferentes tipos de SbN, como alagados construídos, biovaleta e recuperação de conectores ecológicos em trechos no entorno da Lagoa de Piratininga.

Os alagados construídos – três grandes sistemas de alagados construídos que recebem as águas das bacias urbanas dos rios Cafubá, Arrozal e do Jacaré – ocupam um total de 35.000 m² localizados em uma faixa de cerca de 2 km lineares à Lagoa de Piratininga, entre a Ilha do Pontal e o Canal do Camboatá. A biovaleta, destinada a tratar as águas de escoamento superficial que aportam à Lagoa de Piratininga, onde não há cursos d'água afluentes, abrange cerca de 3 km lineares à orla, e fica localizada entre o Canal de Camboatá e o Centro Ecocultural. Acrescente-se ainda a recuperação e proteção de uma área de 70.000 m², aproximadamente, de conectores de Mata Atlântica com área úmida junto à Lagoa, bem como o plantio de cerca 7.000 mudas de espécies nativas no entorno da Lagoa de Piratininga (PRO Sustentável, 2024).

Além disso, foram inseridos no POP diferentes equipamentos para o esporte e lazer, para o apoio à pesca artesanal e ao ecoturismo, conforme demonstrados na Figura 1.

O processo de gestão do POP, desde a fase conceitual, projeto básico, executivo e obras, teve como embasamento teórico os novos paradigmas da ciência¹. A adoção do pensamento sistêmico na gestão do Programa Região Oceânica Sustentável, ao qual está vinculado o Parque Orla Piratininga (POP), apontou como pilares fundamentais a atenção à complexidade e à intersubjetividade (PRO Sustentável, 2024).

O principal objetivo que norteou a implantação do POP foi reverter o histórico processo de degradação ambiental da Lagoa de Piratininga e seu entorno, investindo na recuperação dos sistemas ambientais e na requalificação dos bairros e comunidades, promovendo a sustentabilidade socioambiental com a valorização do patrimônio paisagístico e do bem-estar dos diferentes grupos sociais.

Dentre os objetivos específicos estão a interrupção do processo de assoreamento e de contaminação das águas da Lagoa de Piratininga; a reversão do uso das áreas utilizadas como vazadouros de resíduos sólidos domésticos, de construção civil e de despejo de esgoto sanitário; o aumento da biodiversidade; e a reintegração destas áreas de notável patrimônio paisagístico ao uso público inclusivo (PRO Sustentável, 2024).

¹ Os novos paradigmas da ciência indicam um novo modo de compreender e de atuar no mundo, percebendo a sua complexidade em uma enorme multiplicidade de interações entre diferentes elementos, a instabilidade/irreversibilidade do seu movimento evolutivo, e a subjetividade aceitando a diversidade de percepções da realidade pelos diferentes indivíduos. Esta nova percepção é oposta, respectivamente, à simplificação (por levar à separação dos fenômenos físicos, biológicos, sociais, econômicos, políticos, culturais etc., em uma atitude de compartimentação da realidade), à estabilidade/reversibilidade dos fenômenos (considerando-os previsíveis e controláveis, com base na regularidade das Leis de Newton), e à objetividade (em que é exigido o distanciamento entre o pesquisador e o objeto pesquisado, acreditando ser, deste modo, possível conhecer o mundo tal como ele é na realidade). Todavia, os cientistas novo-paradigmáticos, como Ilian Prigogine, Isabel Stengers, Henri Atlan, Humberto Maturana, Francisco Varela, Edgard Morin – assim considerados pela epistemóloga Maria José Esteves de Vasconcellos – defendem que tais métodos de compreensão do mundo são complementares. O método cartesiano (de René Descartes), por exemplo, pode ser utilizado, contudo, sem isolar o elemento pesquisado do seu contexto.

Figura 1 – Parque Orla Piratininga



Fonte: UGP/PRO Sustentável - PMN.

2. Parque Orla Piratininga: transformação de área inóspita em jardins

Iniciado em agosto de 2020, o POP tem cerca de 680.000 m² de extensão e ocupa 12 km de perímetro no entorno da Lagoa de Piratininga, incluindo o ninhal² do Morro da Viração. Este projeto representa um dos núcleos do Programa Região Oceânica Sustentável, sob a coordenação na Unidade Gestora de Projetos, vinculada à Secretaria Municipal de Obras do município de Niterói.

Além das técnicas baseadas nas SbN aplicadas em todo o Parque, foram instalados diversos equipamentos para a prática de esportes e lazer. Destacam-se: 9 km de ciclovia e uma pista de caminhada contígua, formando a Via Parque Chico Xavier, que inclui trechos destinados a automóveis; quinze pequenas praças, algumas equipadas com brinquedos infantis e atividades para a terceira idade (ATI), enquanto outras oferecem apenas bancos rústicos para contemplação paisagística; três praças com equipamentos para a prática de esportes, além dos aparelhos comuns nas demais áreas; oito píeres e dois mirantes voltados para a apreciação da paisagem; cinco estruturas de apoio à pesca artesanal, atendendo diferentes grupos de pescadores; passarelas suspensas sobre dois jardins filtrantes; e o Centro Ecocultural, que ocupa 2.800 m² e conta com um restaurante panorâmico, guarderia para caiaques e pranchas de *stand-up paddle*, bicicletário coberto no térreo e um espaço no mezanino destinado a exposições técnico-científicas (PRO Sustentável, 2024). Ao longo da Via Parque Chico Xavier, parte das águas superficiais que escoam para a Lagoa de Piratininga são tratadas por meio de biovaletas implantadas ao longo de 3 km, e dos jardins filtrantes implantados, com extensão de aproximadamente 2 km lineares à orla da Lagoa, bem como da reconfiguração do Recanto da Rua Estrela, com a inclusão da faixa de área úmida ao POP.

² O ninhal do POP é um local preservado onde várias espécies de aves se reproduzem e criam seus filhotes. Locais como esse são fundamentais para a preservação das espécies, pois oferecem abrigo, proteção e recursos necessários para a reprodução e o desenvolvimento dos filhotes.

O POP e seu entorno, incluindo as comunidades, receberam um investimento de cerca de 100 milhões de reais. O Parque foi implantado em uma área seriamente degradada, da qual os moradores se afastavam por considerá-la inóspita e socialmente perigosa, conforme pode ser observado na Figura 2 (PRO Sustentável, 2024).

Figura 2 – Entorno da Lagoa de Piratininga antes da implantação do POP



Fonte: UGP/PRO Sustentável.

Tal situação se reverteu completamente e, nos dias de hoje, o POP vem atraindo os moradores do entorno e de outras regiões do município de Niterói que passaram a desfrutar amplamente essa nova paisagem, como no Cafubá, onde foi implantado um dos sistemas de alagados construídos, destacado na Figura 3.

Figura 3 – Depois da implantação do POP: sistema de jardins filtrantes da Bacia do Rio Cafubá



Fonte: UGP/PRO Sustentável (2023).

Cabe mencionar que além dos alagados construídos, ou *wetlands* ou, ainda, jardins filtrantes® (marca registrada, cuja patente pertence à Phytoresource - Brasil, empresa líder do consórcio autor do projeto), da biovaleta e do plantio de espécies nativas, são consideradas também, como Soluções baseadas na

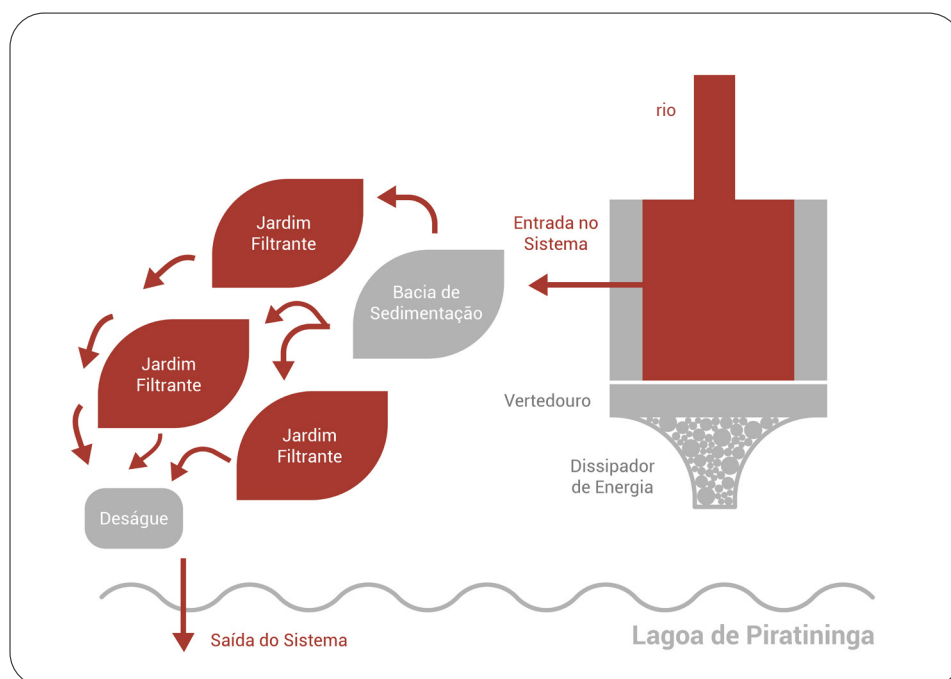
Natureza (SbN), a recuperação e a proteção de ecossistemas específicos e áreas conectoras de ecossistemas de transição, como as áreas úmidas, uma vez que está sendo recuperada e preservada a dinâmica da Natureza. Assim, no caso do Parque Orla Piratininga Alfredo Sirkis são, também, considerados SbN a área delimitada como Berçário de Jacarés e o Recanto da Rua Estrela, por ser um espaço de conexão entre ecossistemas do Bioma Mata Atlântica.

2.1 Estrutura dos sistemas de alagados construídos

Os Jardins Filtrantes® utilizam o processo de fitorremediação, técnica em bioengenharia que objetiva a descontaminação da água dos rios (Phytorestore, 2018), utilizando plantas nativas. A fitorremediação é um processo no qual os compostos orgânicos podem ser volatilizados, ou sofrer parcial ou completa desagregação, ou serem transformados em compostos menos tóxicos. Assim, trata-se da criação de um ecossistema propício ao consumo ou à desagregação de elementos poluentes, tais como a matéria orgânica, principal composto encontrado nos Rios Arrozal, Jacaré e Cafubá, devido ao lançamento furtivo de esgoto e ao aporte de poluentes contidos nas águas de escoamento superficial. As plantas possuem a função de consumir a matéria orgânica por meio das suas raízes para benefício próprio, a partir da criação de um ambiente propício para o desenvolvimento de bactérias na área em torno de suas raízes, que realizam a quebra de partículas poluentes (Mendes; Pina, 2017).

O funcionamento desse processo de fitorremediação para tratamento da água dos rios e de escoamento exige a construção das estruturas com tecnologias baseadas na dinâmica da natureza, as quais estão, no POP, organizadas em três sistemas de Jardins Filtrantes®, conforme descrição esquemática da Figura 4.

Figura 4 – Esquemática do funcionamento dos Jardins Filtrantes



Fonte: UGP/PRO Sustentável.

Vertedouros - são estruturados em gabião argamassado com fundo em colchão reno³. Os vertedouros têm a função de direcionar as águas dos rios contribuintes, conduzindo o fluxo para os sistemas de tratamentos (bacias de sedimentação e jardins filtrantes). Eles realizam também o controle do volume de águas que acessam o sistema, de forma a manter a sua eficiência.

³ Colchão Reno, também conhecido como gabião tipo colchão, é uma caixa aramada que, no POP, tem cerca de 17 cm de altura e é preenchida com pedra de mão. É utilizado para estabilizar os taludes do canal de cintura, das bacias de sedimentação e no trecho final do Rio Jacaré junto à foz.

Bacias de sedimentação - são estruturas com fundo em colchão reno, destinadas à sedimentação dos sólidos suspensos, evitando a entrada de sedimentos nos jardins filtrantes e o assoreamento da Lagoa de Piratininga (Figura 5).

Figura 5 – Vertedouro e bacia de sedimentação do Sistema Cafubá



Fonte: UGP/PRO Sustentável (2022).

Jardins Filtrantes® - conhecidos como *wetlands* ou alagados construídos, tratam as águas efluentes da bacia de sedimentação sem produtos químicos ou energia elétrica, utilizando a vegetação como principal elemento do sistema: as plantas macrófitas absorvem a matéria orgânica através de suas raízes e realizam processos de evapotranspiração através das folhas. Com a conclusão do sistema de jardins filtrantes® do Cafubá (Figura 6), foi possível comprovar, pelo monitoramento mensal realizado desde setembro/2022, a eficácia do tratamento das águas de escoamento superficial e da rede de drenagem.

Figura 6 – Jardins Filtrantes do Cafubá (plantio - setembro de 2022)



Fonte: UGP/PRO Sustentável.

Além dos alagados construídos, o Parque Orla Piratininga buscou adotar os conceitos de drenagem urbana sustentável, utilizando diferentes tipologias, de acordo com as características de cada área. Foi implantada uma extensa biovaleta para o tratamento das águas de escoamento superficial da Via Parque Chico Xavier; e, nos locais de deságue da microdrenagem dos bairros que foram drenados e pavimentados antes da implantação do sistema de jardins filtrantes, o antigo canal de cintura foi seccionado e requalificado, com a instalação de ilhas de macrófitas.

2.2 Outros tipos de SbN

Biovaletas - As biovaletas são depressões lineares preenchidas com solo e elementos filtrantes, como areia, brita, drenos e vegetação, para processar a limpeza das águas pluviais, e, ao mesmo tempo, aumentar o tempo de percolação no terreno. As biovaletas foram implantadas ao longo de 3,3 km na orla da Lagoa, na área mais densamente ocupada, como parte dos elementos da Via Parque (Figura 7).

Figura 7 – Biovaletas, em fases de construção e concluídas



Fonte: UGP/PRO Sustentável (2022).

Requalificação do antigo canal de cintura da Lagoa de Piratininga

Dando continuidade às ações para reverter o processo de degradação da Lagoa de Piratininga, foi realizada a requalificação do canal de cintura, originalmente construído na década de 1990, com o objetivo de minimizar os alagamentos recorrentes nos bairros Fazendinha, Cafubá, Comunidade da Ciclovía e Maralegre. Atualmente, esse corpo d'água foi seccionado, permanecendo aberto em apenas três trechos, onde já ocorria o deságue da drenagem das águas pluviais dos bairros mencionados. A revitalização incluiu a regularização do talude e da seção do canal, que agora possui fundo em pedra de mão e taludes revestidos com colchão reno (Figura 8). Para a fitorremediação das águas, foram implantadas ilhas com 20 metros de comprimento, com espécies macrófitas no centro do canal, intercaladas com trechos do espelho d'água.

Figura 8 – Requalificação do canal de cintura com ilhas de macrófitas



Fonte: UGP/PRO Sustentável (2022).

Proteção de ecossistemas: Berçário de Jacarés

Considera-se que a proteção e a manutenção de ecossistemas ameaçados é outro tipo de SbN. Durante a revitalização do canal de cintura, próximo a Ilha do Pontal foram identificados ninhos e pequenos filhotes de jacaré-de-papo-amarelo, sobre a vegetação. Em função disso, toda essa extensão foi mantida sem requalificação – contrariando o projeto executivo – para a preservação dos animais (Figura 9), sendo implantadas cercas e placas orientadoras. Hoje, o intitulado **Berçário de Jacarés** é considerado um novo atrativo turístico do POP.

Figura 9 – Berçário de Jacarés



Fonte: UGP/PRO Sustentável (2022).

Recuperação de conectores entre Mata Atlântica e Área Úmida - Recanto Boechat

Na Rua Estrela, estava prevista a implantação de uma praça em área úmida, e, também, existiam lotes que poderiam ser aterrados e edificados, de acordo com a legislação municipal. Diante do especial valor ecossistêmico intangível desse trecho, que é corredor ecológico natural entre o Parque da Cidade e o Parque Orla Piratininga, ou seja, Mata Atlântica e área úmida juntas à Lagoa de Piratininga, foi realizada a mudança de uso desta área visando à preservação da rica biodiversidade local. Para isso, foi necessário alterar o projeto executivo do POP, a fim de garantir a proteção e a conservação dessas áreas úmidas (Figura 10). A requalificação, nesse caso, exigiu a supressão de espécies exóticas invasoras para a recondução da regeneração natural, além do plantio de espécies arbóreas e herbáceas nativas da Mata Atlântica para enriquecimento botânico em trechos específicos. Dessa maneira, mais um atrativo turístico foi disponibilizado à população, que passou a dispor de uma estreita trilha mobiliada com mesas e bancos rústicos para contemplação, passeio e pesquisas.

Figura 10 – Recanto da Rua Estrela, recuperação e preservação dos conectores Mata Atlântica-Área Úmida



Fonte: UGP/PRO Sustentável (2022).

2.3 Gestão pública embasada no pensamento sistêmico

A metodologia da construção do Parque Orla Piratininga (POP) tem três aspectos importantes: as obras de engenharia tradicional com a construção dos tanques para a implantação dos *wetlands*; o plantio das macrófitas, que caracteriza aplicação de SbN; e a governança embasada nos novos paradigmas da ciência que definem a ótica cartesiana como insuficiente para dar conta do mundo atual.

A adoção do pensamento sistêmico na gestão do Programa Região Oceânica Sustentável, ao qual está vinculado o POP, tem como pilares fundamentais a atenção à complexidade e à intersubjetividade. Isto significa que para a recuperação de um determinado sistema ambiental devem ser considerados todos os elementos constituintes do espaço ambiental a ser alterado e, sobretudo, a sinergia resultante dessa interrelação (Marinho Castro, 2010).

A intersubjetividade exige a inclusão de todos os atores afetados pelo projeto com seus diferentes interesses, uma vez que eles são os elementos integrantes do interior do sistema trabalhado e que, conforme defendem H. Maturana e F. Varela, “nenhum sistema pode ser modificado de fora para dentro” (*apud* Marinho Castro, 2010). Esta convicção exigiu o envolvimento dos moradores do entorno da Lagoa de Piratininga, dos pescadores, das associações de moradores e de ambientalistas de Niterói, principalmente da Região Oceânica.

Tal estratégia de gestão exigiu o acréscimo de novas atividades e obras reivindicadas pelos ditos segmentos. Entre elas, a intensa atividade de mobilização social e de educação ambiental e sanitária, bem como o saneamento ambiental e a requalificação urbana das quatro comunidades localizadas no entorno da Lagoa, sendo que a maior delas, a Comunidade da Ciclovía, tem 1.277 moradias. Importante registrar que 85% das reivindicações apresentadas pelos participantes das reuniões realizadas na fase de elaboração do projeto conceitual, durante a elaboração dos projetos básico e executivo, e até mesmo na durante as obras, foram acolhidas e exigiram modificações nas diferentes fases de construção do POP.

2.4 Aspectos da prática da governança baseada no pensamento sistêmico: mobilização social, educação ambiental e sanitária junto aos moradores

As diversas ações desenvolvidas para estimular o envolvimento dos moradores dos bairros de classe média e das Comunidades de baixa renda localizadas em áreas contíguas ao POP, variaram desde con-

versas informais até atividades institucionais como mutirões para a coleta de lixo volumosos e oficinas, objetivando a reciclagem de resíduos.

As características das obras, principalmente aquelas relativas aos alagados construídos com densa camada de pedra britada e vegetação recobrimdo toda a área, exigiram o estabelecimento de uma relação de cumplicidade com os moradores visando à valorização e proteção dos jardins e demais equipamentos do POP. A apropriação por parte dos moradores das áreas próximas aos Jardins Filtrantes® traduz-se na garantia da não remoção clandestina das plantas e das pedras britadas usadas normalmente na feitura de concreto para obras.

Desta forma, estreitaram-se parcerias com os moradores, inclusive com formação de grupos de WhatsApp, o que tem facilitado, sobremaneira, as comunicações entre a equipe do PRO Sustentável e os moradores. Com efeito, as ações de mobilização social são realizadas durante todo o tempo através de conversas *tête-à-tête*, principalmente com as donas de casa, visando à inserção da população local como coprotagonista do projeto.

Visando a fortalecer tal coprotagonismo, optou-se pela contratação de residentes como operários das obras e como jardineiros, e, por mais de um ano, foram desenvolvidas atividades com os moradores para estabelecer a corresponsabilização na manutenção de todas as obras, principalmente nos sistemas de jardins filtrantes.

Partiu-se do princípio de que, quando o morador conhece o sistema ambiental em que vive — incluindo suas belezas naturais e os processos de degradação, sejam eles passivos ou ativos — e verbaliza os impactos negativos que provoca e sofre, por sua vez, como parte atuante desse sistema, ele desenvolve um senso de pertencimento em relação ao espaço que habita. A partir desse entendimento, inicia-se a atuação do morador como coprotagonista nas obras de recuperação e proteção do ambiente.

Uma técnica eficaz para dar início a esse processo é fazer com que o morador, ao observar um mapa do sistema ambiental em que reside (geralmente focando na bacia hidrográfica), localize sua moradia e identifique, nos percursos de sua rotina diária, os problemas a serem resolvidos. Em seguida, ele é incentivado a reconhecer os danos que causa ao sistema ambiental.

3. Resultados

O foco inicial do Parque Orla Piratininga foi auxiliar na recuperação da Lagoa de Piratininga, por meio do processo de fitorremediação, e de sedimentos retidos no vertedouro e na bacia de sedimentação, além das demais SbN. Destaca-se que os impactos ambientais positivos comungam com o social e cultural, pois a região já apresenta valorização do seu patrimônio imobiliário e turístico e, portanto, vislumbra-se grande potencial de ganhos econômicos para a população.

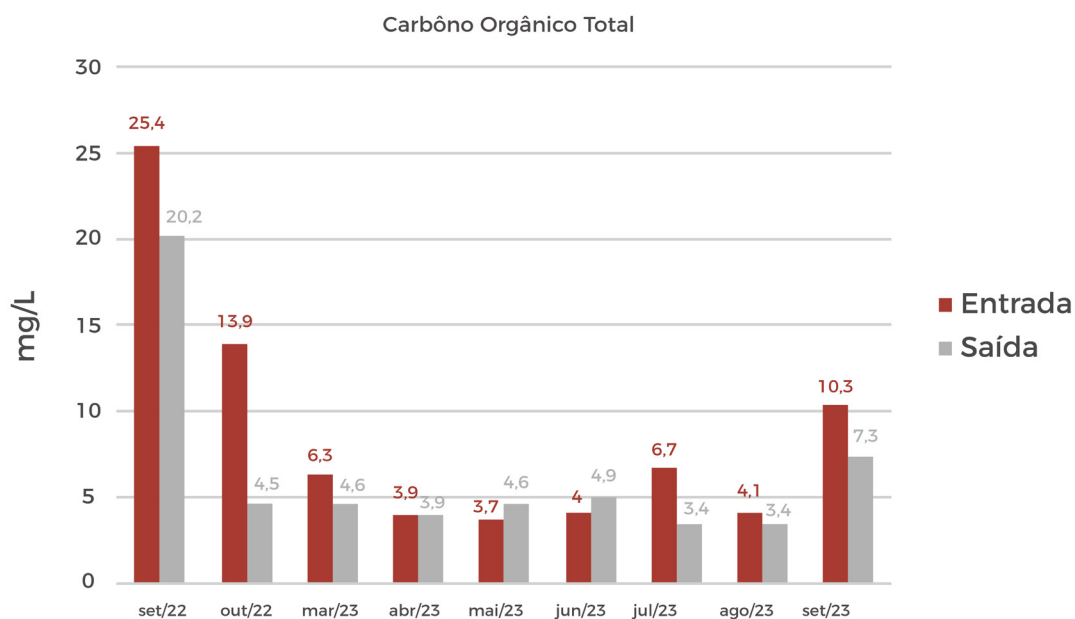
3.1 Eficiência dos alagados construídos na redução de poluentes

Em relação à qualidade das águas que aportam na Lagoa de Piratininga, é possível afirmar que, após quase dois anos de funcionamento do sistema de jardins filtrantes do Cafubá, alguns resultados têm demonstrado sua eficiência. Para comprovar isto, foi realizado o monitoramento com coleta de água nos pontos de entrada do sistema (vertedouro e bacia de sedimentação) e na saída em direção à Lagoa de Piratininga (caixas de passagem das saídas de cada jardim).

As coletas de água ocorreram nos meses de setembro e outubro de 2022; e, com o desenvolvimento das macrófitas, as coletas subsequentes foram realizadas no período de abril a dezembro de 2023. A análise comparativa dos resultados obtidos em setembro de 2022 (baseline) com os registrados na campanha de monitoramento foi realizada de acordo com os parâmetros definidos na Classe 1 da Resolução

Conama nº 357/2005, Seção II - Das Águas Doces - art. 14. Os gráficos a seguir demonstram os dados obtidos e a eficiência do sistema Cafubá.

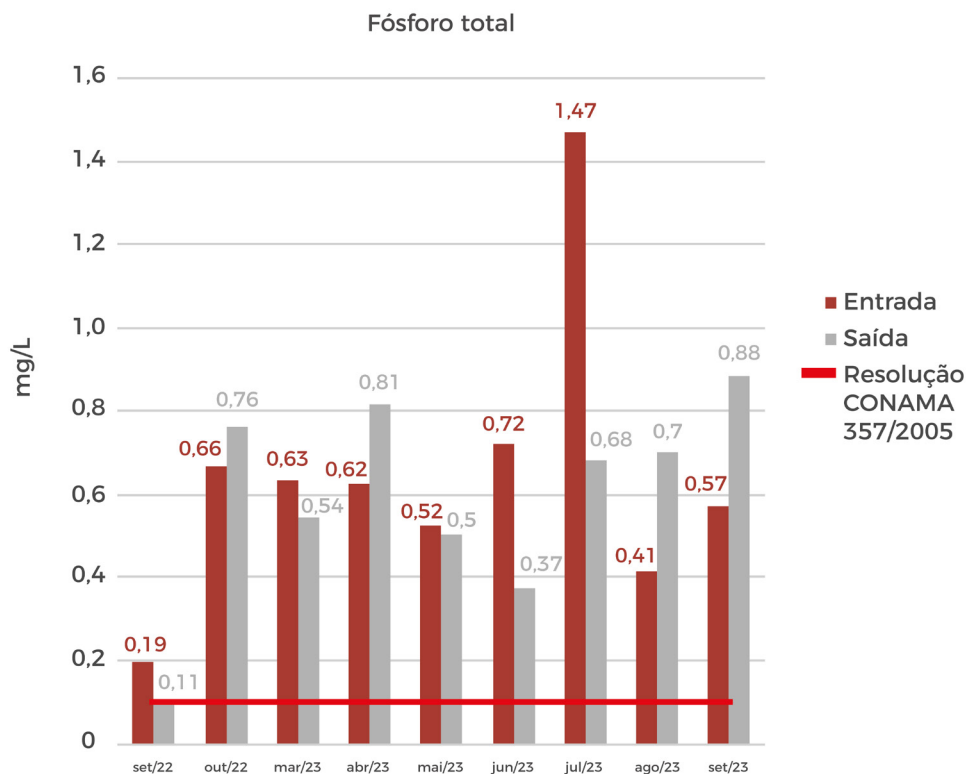
Gráfico 1 – Monitoramento Carbono Orgânico Total (COT)



Fonte: PRO Sustentável (2024).

O COT não apresenta valor limite na Resolução Conama nº 357/2005, mas é um importante indicador de poluição nos corpos hídricos. Este parâmetro apresentou valor menor na saída, conforme Gráfico 1, demonstrando eficiência no tratamento.

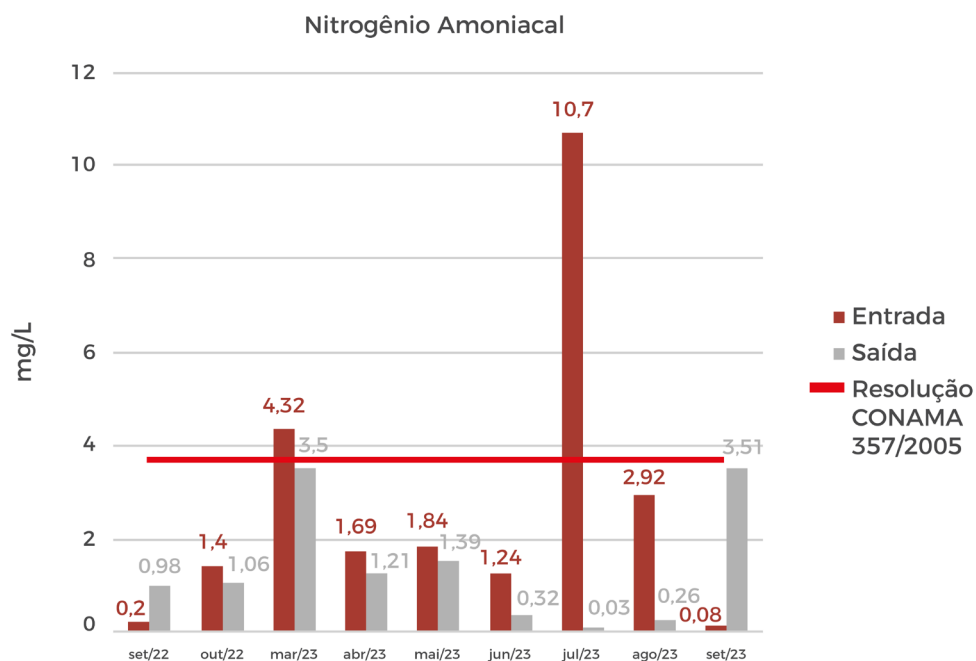
Gráfico 2 – Monitoramento Fósforo



Fonte: PRO Sustentável (2024).

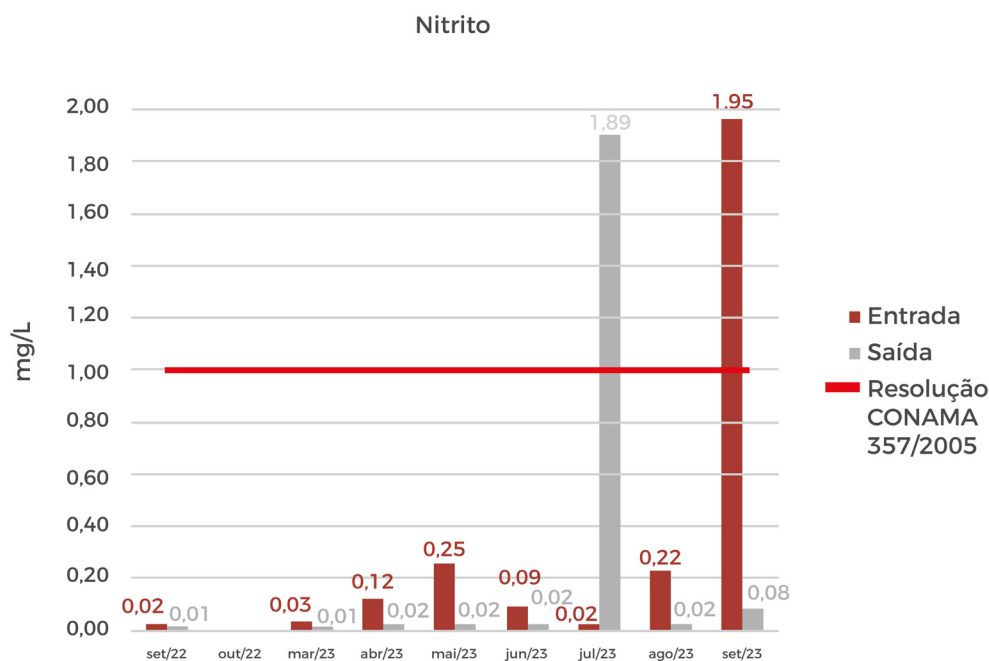
Conforme Gráfico 2, o fósforo demonstra oscilação de valores e se mantém acima dos limites normativos. Destaca-se que nos meses de abril, maio e junho de 2023 houve intensificação de manutenção, com poda das macrófitas dos jardins e remoção das macrófitas invasoras, pois a senescência dessas macrófitas, juntamente com a das macrófitas dos jardins, contribuem para que o fósforo absorvido retorne ao sistema, demonstrando que a manutenção é fundamental para a melhor eficiência da fitorremediação. Portanto, a ferramenta de extração do fósforo nos alagados construídos é feita com a associação do fósforo na biomassa das macrófitas, por meio de podas constantes (Kletecke, 2011; Kadlec; Knight, 1996).

Gráfico 3 – Monitoramento Nitrogênio Amoniacal



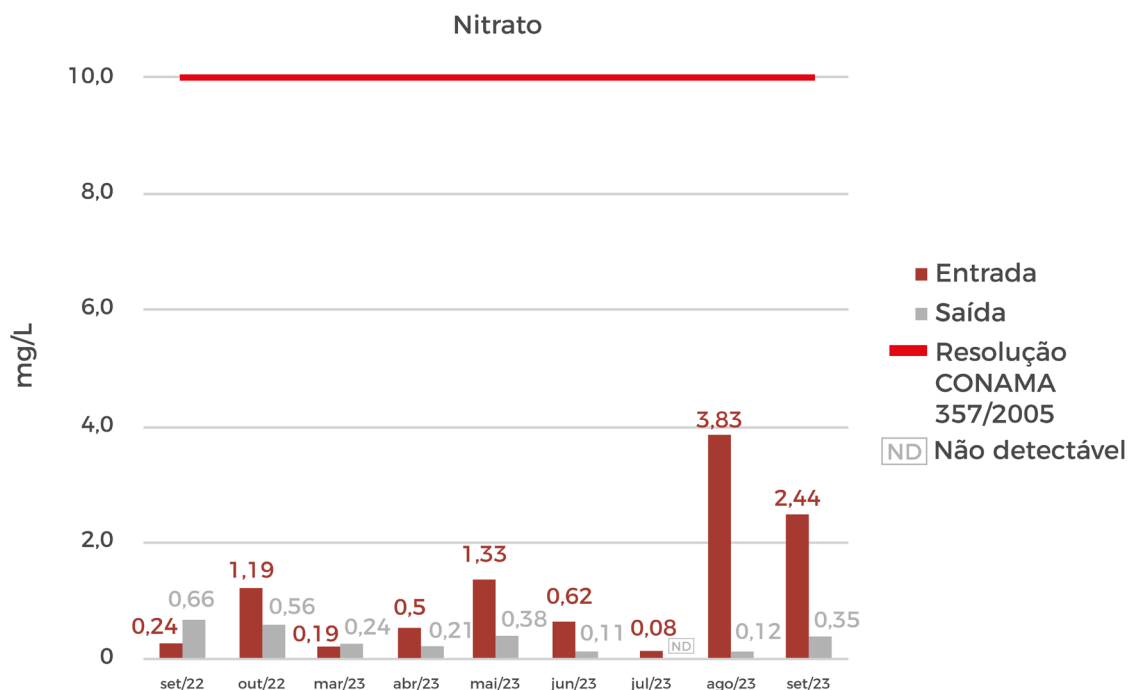
Fonte: PRO Sustentável (2024).

Gráfico 4 – Monitoramento Nitrito



Fonte: PRO Sustentável (2024).

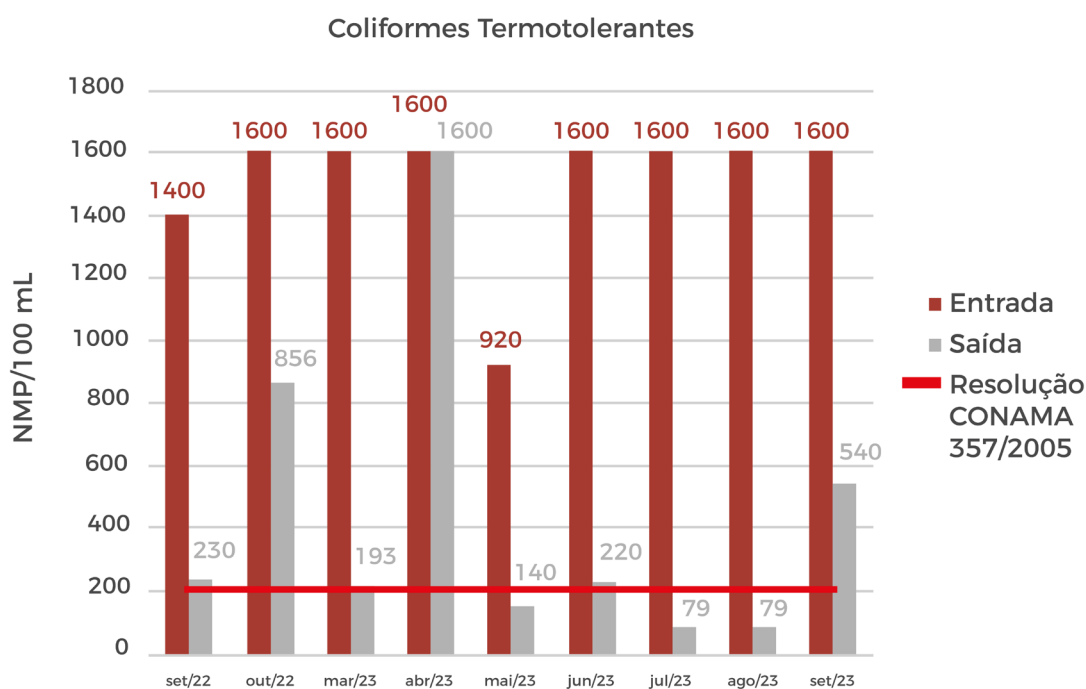
Gráfico 5 – Monitoramento Nitrato



Fonte: PRO Sustentável (2024).

No Gráfico 3, observa-se a prevalência na redução do nitrogênio amoniacal, e, apesar da variação dos valores, se mantêm em conformidade com a legislação. As formas oxidadas do nitrogênio – nitrato e nitrito – demonstram também redução dos valores com pouca oscilação na saída do sistema, conforme Gráficos 4 e 5, salvo o nitrito, que apresentou valor destoante na saída do sistema em julho de 2023.

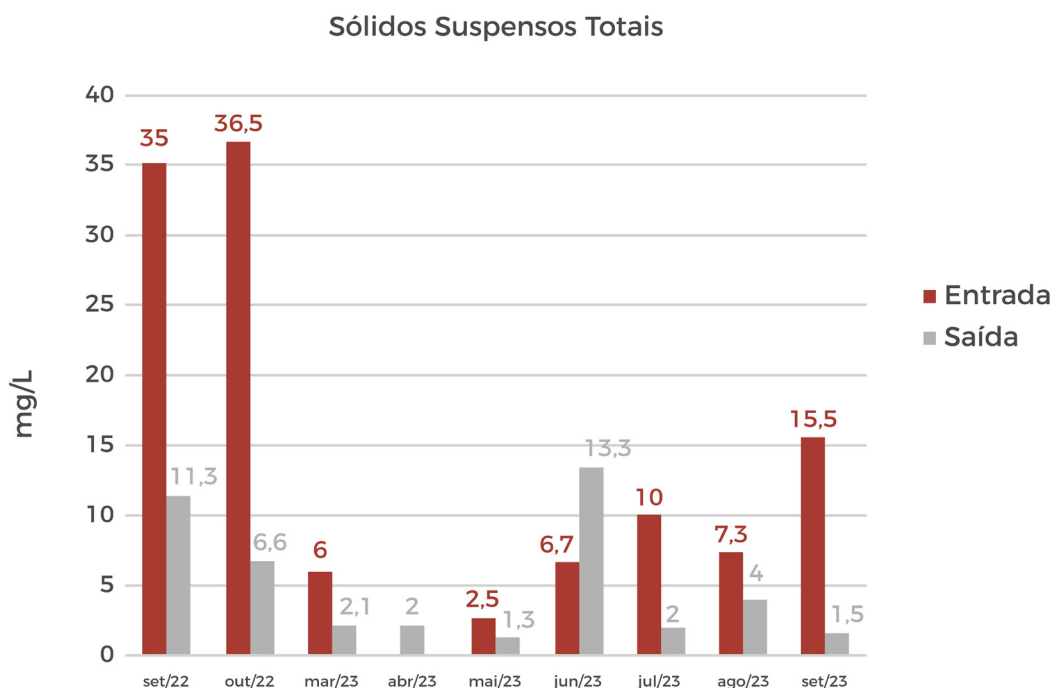
Gráfico 6 – Monitoramento Coliformes Termotolerantes



Fonte: PRO Sustentável (2024).

Quanto aos coliformes termotolerantes, houve expressiva redução da concentração, conforme Gráfico 6, pontuando a prevalência de redução de valores próximos à Classe 1 da Resolução Conama nº 357/2005.

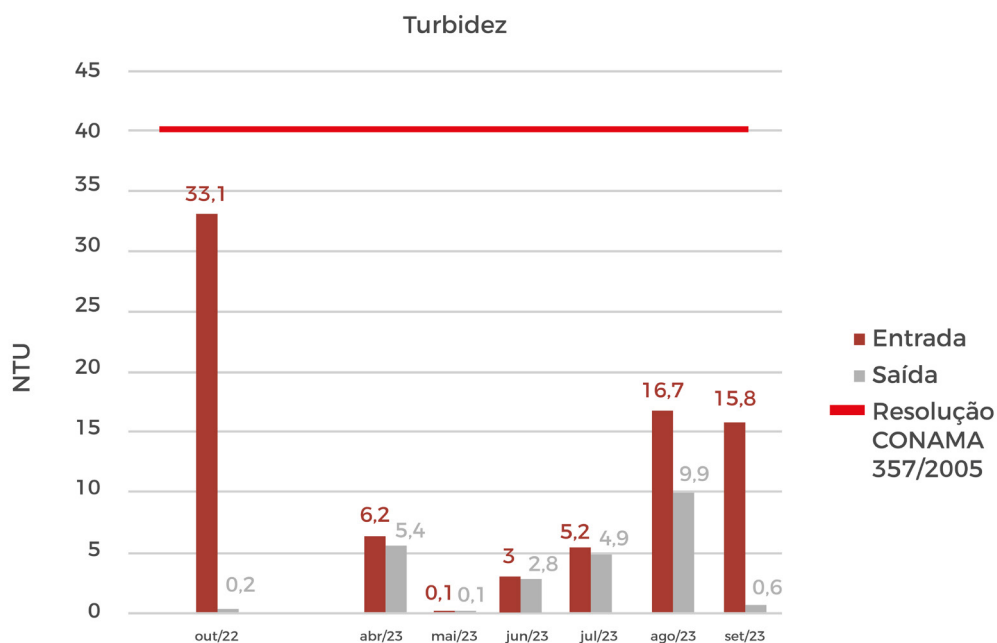
Gráfico 7 – Monitoramento Sólidos Suspensos Totais (SST)



Fonte: PRO Sustentável (2024).

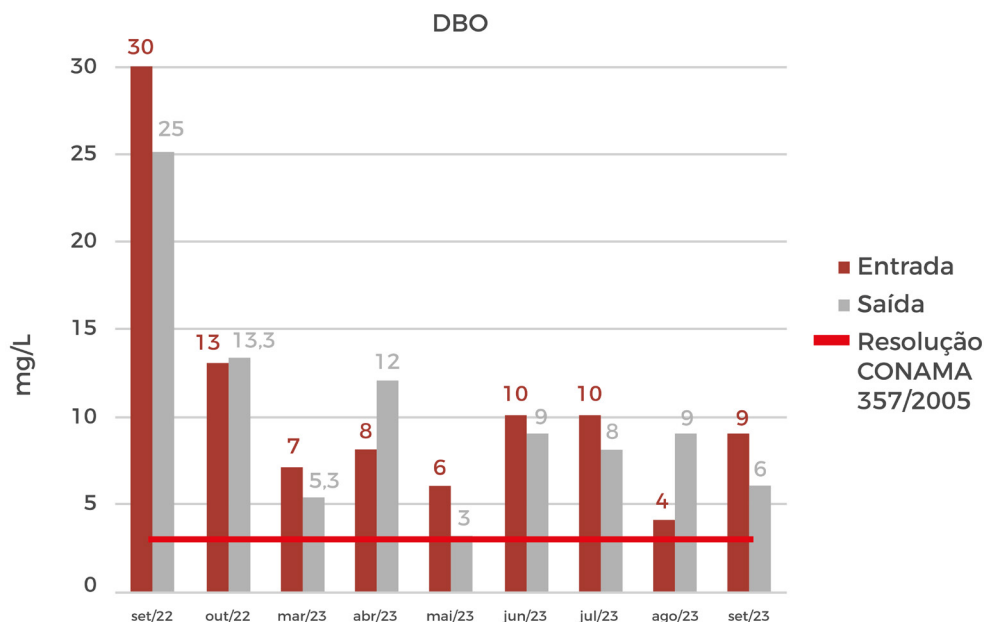
Sobre os valores apresentados no Gráfico 7, cabe destacar a grande quantidade de materiais sólidos retidos no vertedouro e nas bacias de sedimentação, o que é evidenciado pela redução das concentrações dos Sólidos Suspensos Totais (SST) na saída do sistema, ao longo das campanhas realizadas. A turbidez, de acordo com os dados do Gráfico 8, apresenta conformidade com a Resolução Conama nº 357/2005 na entrada e na saída do sistema, mas destaca-se a eficiência pós-tratamento, diante dos valores reduzidos nos deságues dos jardins.

Gráfico 8 – Monitoramento da Turbidez



Fonte: PRO Sustentável (2024).

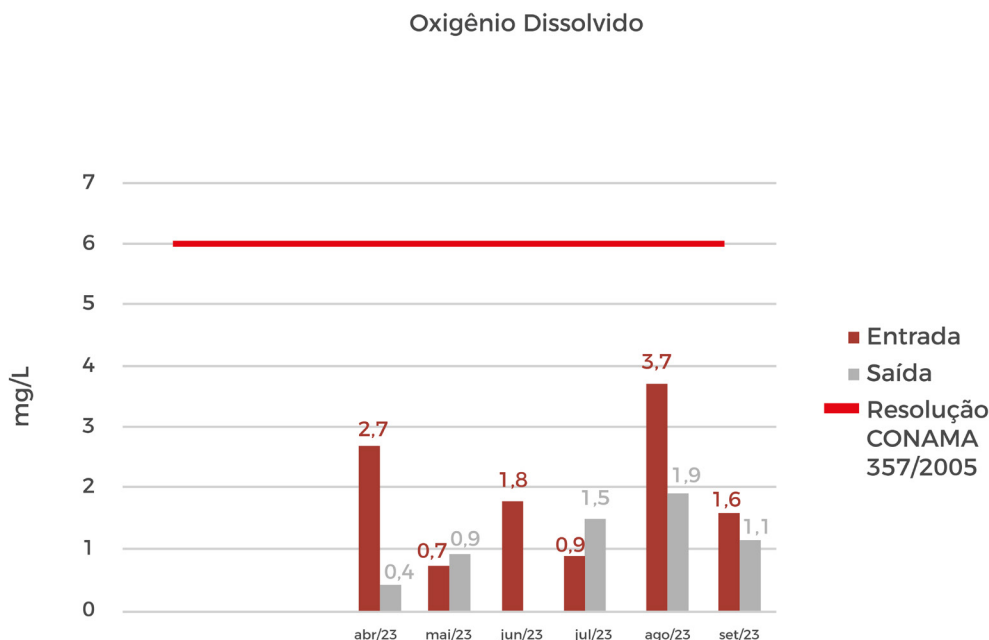
Gráfico 9 – Monitoramento da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)



Fonte: PRO Sustentável (2024).

Os valores referentes ao parâmetro DBO, de acordo com o Gráfico 9, refletem a carga de matéria orgânica que adentra os jardins, gerando uma alta demanda bioquímica de oxigênio. Apesar de apresentar concentrações acima do limite estabelecido, demonstra redução em relação à campanha de setembro de 2022, prévia ao plantio das macrófitas no sistema Cafubá.

Gráfico 10 – Monitoramento do Oxigênio Dissolvido



Fonte: PRO Sustentável (2024).

Quanto ao oxigênio dissolvido, como se tratam de tanques anaeróbios, é esperado que a saída do sistema esteja em condições de anaerobiose, justificando o fato de se apresentar com valores abaixo dos limites normativos, como demonstrado no Gráfico 10.

3.2 Serviços ecossistêmicos e biodiversidade

Considerando que “serviços ecossistêmicos são os benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir da dinâmica dos ecossistemas” (MEA, 2005), afirma-se que o Parque Orla Piratininga (POP), por meio de suas estruturas verdes, como os sistemas de jardins filtrantes e biovaletas, além do enriquecimento vegetal e da preservação dos conectores ecológicos entre a Mata Atlântica e as áreas úmidas adjacentes ao espelho d’água da Lagoa de Piratininga, contribui significativamente para a provisão, regulação, cultura e suporte de serviços ecossistêmicos em toda a região.

Com a implantação do sistema de jardins filtrantes® do Cafubá, o primeiro a ser concluído no POP, em menos de seis meses foram identificados e registrados pela população local, benefícios além da melhoria da qualidade da água aportada na Lagoa, proveniente da fitorremediação, como: redução significativa de mosquitos, inclusive nas residências próximas, devido às condições ambientais para regeneração dos níveis tróficos da cadeia alimentar; redução da carga orgânica e do aporte de sedimentos lançados na Lagoa de Piratininga, com a devida retenção no vertedouro e na bacia de sedimentação.

Os registros das percepções *in loco* indicam um impacto positivo na interação da vida silvestre, pois houve aumento da quantidade e da diversidade da avifauna no local, com reprodução de quero-quero (*Vanellus chilensis*), Frango d’água (*Gallinula chloropus*), Marreca toicinho (*Anas bahamensis*) e Jacanã (*Jacana jacana*); além da presença de outras aves, como Colhereiro (*Platalea ajaja*), Garça-branca-pequena (*Egretta thula*), Garça-branca-grande (*Ardea alba*), Andorinha (*Pygochelidon sp.*), Garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*), Marreca irerê (*Dendrocigna viduata*), Saracura-sanã (*Rallus nigricans*), e dezenas de Trinta-réis (*Sterna sp.*). Os jacarés-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) são avistados no vertedouro, acompanhados de biguás (*Phalacrocorax brasilianus*) e cágados.

Neste cenário de transformação do ambiente, antes degradado, com mosquitos e lixo, onde jacarés buscavam refúgio no interior das manilhas de drenagem, moradores questionam se o projeto levou os jacarés e as aves para a região, pois muitos não sabiam da existência desses animais, que nos dias atuais fazem parte da paisagem do POP.

3.3 Justiça ambiental

Na implantação do Parque Orla Piratininga (POP), foram implementadas políticas públicas fundamentadas em premissas que visam garantir a todos o direito a um meio ambiente ecológico e socialmente equilibrado, conforme estabelecido no art. 225 da Constituição Federal (1988). Dentre os diversos benefícios proporcionados pelo POP, a transformação socioambiental observada em menos de dois anos — especialmente a liberdade de ir e vir em todo o entorno da Lagoa, acessível tanto para moradores quanto para visitantes — destaca-se como um dos resultados mais gratificantes.

A Comunidade da Ciclovía, que até então se encontrava em situação de alta vulnerabilidade social, agora está integrada ao POP, graças a atividades de mobilização social, educação ambiental e sanitária, cadastramento para regularização fundiária e obras de saneamento ambiental. O uso equitativo do POP por moradores de bairros mais abastados, comunidades, ciclistas e visitantes confirma que o parque é um exemplo de justiça ambiental, onde todos desfrutam igualmente de um espaço saudável, agradável e inclusivo.

3.4 Lições aprendidas

Considerando-se ser factível a replicabilidade das técnicas de SbN em novos projetos similares, cabe alertar para alguns cuidados referentes à implantação das obras e aos processos de gestão e manutenção.

Com referência à implantação das obras: (a) conhecimento prévio detalhado do terreno onde serão implantados os tanques (vertedouros, bacia de sedimentação e jardins filtrantes) com número adequado

de sondagens e análise de solo; (b) consideração das biovaletas com grandes extensões como complementares ao sistema de drenagem e não como único item de drenagem das águas superficiais; (c) identificação topográfica dos deságues das drenagens convencionais como pré-requisito para a implantação de jardins de chuva de grandes extensões; (d) realização prévia do inventário botânico de plantas macrófitas existentes na região; (e) dimensionamento quanto ao número de espécies a serem plantadas em cada jardim, de acordo com as características botânicas de cada uma dessas espécies.

Com relação ao processo de gestão, destacam-se os seguintes pontos: (a) a permanência da mesma equipe gestora, composta por profissionais multidisciplinares que trabalham de forma transdisciplinar, durante todas as fases de elaboração dos projetos e execução das obras. Essa equipe é capaz de criar soluções para eventos inesperados, algo comum em projetos inovadores; (b) a comunicação constante com os moradores, visando seu envolvimento como coprotagonistas no empreendimento, tanto nas fases de planejamento quanto nas de execução, para que possam atuar na manutenção do projeto; (c) a previsão de manutenção intensiva das estruturas verdes, a ser realizada três meses após o início do plantio; (d) o monitoramento da qualidade das águas que entram e saem do sistema, incluindo a interpretação da dinâmica dos alagados construídos; (e) o acompanhamento da vida silvestre, incluindo a aquática; (f) o monitoramento das alterações socioambientais na área diretamente influenciada pelo projeto; e (g) a identificação, na fase final das obras, do potencial de empreendedorismo para os moradores do entorno do parque.

4. Conclusões

A relevância do Parque Orla Piratininga Alfredo Sirkis (POP) é evidenciada pelos resultados concretos que promovem melhorias socioambientais para os residentes da Região Oceânica de Niterói e de outros municípios. O parque tem atraído a atenção de prefeitos, empresas e profissionais de diversas áreas, resultando em frequentes solicitações de visitas técnicas por parte de equipes dedicadas à gestão pública de outros estados brasileiros, além de pesquisadores de ONGs e universidades. Já foram registradas mais de 50 visitas técnicas ao POP, incluindo a presença de prefeitos das cidades portuguesas de Braga, Cascais e Nazaré, e da imprensa internacional. Esse interesse é impulsionado pelas técnicas inovadoras implementadas no parque e pelas premiações recebidas antes mesmo de sua inauguração: o Smart City Expo Latam Congress 2023, em Mérida, México, na categoria Desenvolvimento Urbano Sustentável e Mobilidade; a Virada de ODS Cidades Sustentáveis 2023, em São Paulo, na categoria Ambiental de Cidades Grandes; o Prêmio Firjan de Sustentabilidade 2023, como melhor projeto na categoria Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos; a seleção como finalista no Congresso de Infraestrutura Verde 2023, em Berlim – Alemanha; e a classificação como finalista no AIPH World Green City Awards 2024, na categoria Viver Verde para a Coesão Social e Comunidades Inclusivas e, ainda, no Smart City Congress Barcelona 2024, como um dos três melhores entre 64 países do mundo, na categoria Meio Ambiente e Energia.

Atualmente, o Parque Orla Piratininga se configura como um grande laboratório vivo para o desenvolvimento de linhas de pesquisas técnico-científicas, oferecendo subsídios para novos projetos a serem implementados no Brasil.

Referências

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidente da República, [2016]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 26 abr. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em:

https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcdaltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 26 abr. 2024.

CASTRO, D. M. M. **Gestão ambiental pública sistêmica**: o papel do Estado e a afirmação dos sítios de pertencimento. 2010. 248 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2010. Disponível em: <https://www.gestiopolis.com/gestao-ambiental-publica-sistemica-o-papel-do-estado-e-a-a-firmacao-dos-sitios-de-pertencimento/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

KADLEC, R. H.; KNIGHT, R. L. **Treatment wetlands**. 2. ed. Boca Raton: Lewis Publishers, 1996. 893 p.

KLETECKE, R. M. **Remoção/exportação de nutrientes de esgoto doméstico utilizando plantas ornamentais**: *Hedychium coronarium*, *Heliconia psittacorum*, *Cyperus alternifolius* e *Colocasia esculenta*. 2011. 310 p. Tese (Doutorado em ...) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2011.

MENDES, M. E. R.; PINA, S. A. M. G. Soluções baseadas na Natureza para gestão de águas urbanas: aplicação de jardins filtrantes, jardins de chuva e biovaletas. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 3, 44 p., fev./mar. 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n3-097. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/1382>. Acesso em: 27 abr. 2024.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being**: synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005. 137 p. ISBN 1-59726-040-1.

PHYTORESTORE BRASIL. **Apostila técnica**: jardins. 2. ed. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: https://issuu.com/meri-beiromendes/docs/jardins_filtrantes_phytorestorebr_2. Acesso em: 16 abr. 2024.

PRO SUSTENTÁVEL. Programa Região Oceânica Sustentável. Niterói, RJ, 2024. Disponível em: <http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/>. Acesso em: 14 abr. 2024.

Sobre os autores

Dionê Maria Marinho Castro

Geógrafa e gestora pública, trabalha nos órgãos ambientais do estado do Rio de Janeiro desde 1978. Mestre em gestão ambiental e doutora em ordenamento territorial e ambiental. Atua como Coordenadora Executiva no Programa Região Oceânica Sustentável (PRO Sustentável) da Prefeitura de Niterói, além de Subsecretária de Resiliência Ambiental.

Heloisa Helena da Penha dos Santos Osanai

Bióloga, mestre em Engenharia de Biosistemas - Universidade Federal Fluminense. Consultora em Meio Ambiente e Soluções baseadas na Natureza (SbN). <https://orcid.org/0009-0002-3387-1542>.

Andrea Leonor Maia

Bióloga especializada em gestão e auditoria ambiental, com mais de 10 anos de experiência atuando na área socioambiental, implantação, certificação de sistemas de gestão integrados e técnicas em Soluções baseadas na Natureza (SbN). Atuou no PRO Sustentável da Prefeitura de Niterói, acompanhando as obras e atividades de envolvimento da população.

André Fraga Damasceno

Arquiteto e Urbanista com experiência em administração pública municipal. Atuou por 5 anos no PRO Sustentável da Prefeitura de Niterói. Possui experiência no desenvolvimento e gerenciamento técnico de projetos de infraestrutura urbana com foco em sustentabilidade ambiental e Soluções baseadas na Natureza (SbN).

Camille Alves Duque Ribeiro

Bióloga e especialista em gestão ambiental. Atua na área ambiental desde 2008, possui experiência em consultoria, coordenação e gestão socioambiental. Trabalhou na gerenciadora do PRO Sustentável, da Prefeitura de Niterói, com foco em Soluções baseadas na Natureza (SbN).

José Carlos Soares do Nascimento

Arquiteto e Urbanista, com larga experiência em obras de saneamento básico e atuando nos últimos anos na área ambiental, na supervisão dos projetos e obras do Parque Orla Piratininga Alfredo Sirkis no PRO Sustentável, da Prefeitura de Niterói.

Lorenza Ribeiro Paste Yang

Arquiteta e Urbanista formada pela UFF, pós-graduanda em Planejamento Inteligente e Impactos Socioambientais pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR). Possui experiência em projetos de urbanismo sustentável, Soluções baseadas na Natureza (SbN), bioconstrução, arquitetura bioclimática e paisagismo regenerativo.

Mariah da Silva Bessa da Costa

Engenheira Civil e Sanitarista. Possui experiência em fiscalização e acompanhamento técnico de obras vinculadas a Soluções baseadas na Natureza (SbN), verificação de conformidade ambiental, controle de qualidade de intervenções ecológicas, além de atuar também como consultora em meio ambiente e SbN.

Agradecimentos especiais

Ao ex-Prefeito Axel Schmidt Grael e aos integrantes da Equipe do PRO Sustentável: Luiz Heckmaier, Juliana Baptista, Clarissa Terezinha Nabuco, Patrícia Lima, Vanessa Moura, Paulo Vitor Cunha e Saint Clair Zugno Giacobbo.

Petrópolis resiliente: uso de Soluções baseadas na Natureza para mitigação de cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha, em Petrópolis – RJ

Resilient Petrópolis: use of Nature-based Solutions for flood mitigation in the Quitandinha River Basin, in Petrópolis – RJ

Laura Leite Vidal

Resumo

O município de Petrópolis/RJ enfrenta, historicamente, episódios recorrentes de inundações e alagamentos, sem dispor de estratégias sustentáveis e integradas para mitigar esses impactos. Este artigo propõe uma estratégia de intervenção na Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha, a partir da aplicação de Soluções baseadas na Natureza (SbN) como instrumento de planejamento urbano e fortalecimento da resiliência hídrica. A pesquisa fundamenta-se na revisão teórica sobre cidades resilientes e SbN, aliada ao modelo ABC de Jack Ahern, para construir um diagnóstico urbano e propor um conjunto de intervenções no alto curso da bacia. As ações projetuais se organizam em quatro tipologias de SbN conectadas em rede: corredor verde, ruas verdes, estacionamento verde e parque urbano alagável. A proposta visa reduzir o escoamento superficial, restaurar funções ecológicas e qualificar o ambiente urbano. Os resultados indicam que a adoção de SbN pode ampliar os serviços ecossistêmicos, promover justiça socioespacial e contribuir para uma cidade mais adaptativa, sensível e regenerativa.

Palavras-chave

Soluções baseadas na Natureza. Planejamento Urbano. Cidades Resilientes. Gestão Hídrica.

Abstract

The city of Petrópolis (RJ) has historically faced recurring episodes of flooding and inundation, without sustainable and integrated strategies to mitigate these impacts. This article proposes an intervention strategy for the Quitandinha River Watershed, in Petrópolis, through the application of Nature-based Solutions (NbS) as a tool for urban planning and strengthening water resilience. The research is grounded in a theoretical review of resilient cities and NbS, combined with Jack Ahern's ABC model, to develop an urban diagnosis and propose a set of interventions in the upper watershed area. The project actions are organized into four interconnected NbS typologies: green corridor, green streets, green parking, and floodable urban park. The proposal aims to reduce surface runoff, restore ecological functions, and enhance the urban environment. Results indicate that adopting NbS can expand ecosystem services, promote socio-spatial justice, and contribute to a more adaptive, sensitive, and regenerative city.

Keywords

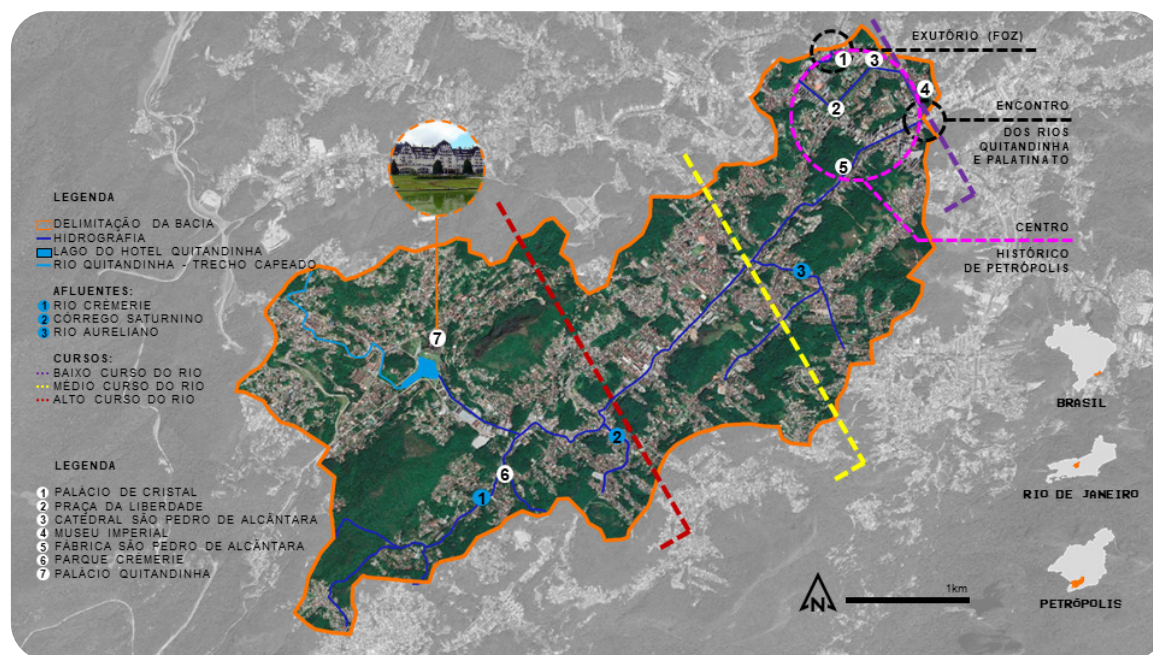
Nature-based Solutions. Urban Planning. Resilient Cities. Water Management.

1. Introdução

O Brasil vivenciou um processo intenso de urbanização a partir da primeira metade do século XX, impulsionado principalmente pela migração em massa da população rural para as cidades. Esse crescimento urbano acelerado, especialmente em áreas de transição rural-urbana, ocorreu sem o devido planejamento e resultou em ocupações desordenadas e precárias (Coutinho; Oliveira, 2019). Como consequência, muitas cidades brasileiras passaram a enfrentar vulnerabilidades estruturais e ambientais complexas, que se perpetuam até os dias atuais.

Entre essas cidades, destaca-se Petrópolis, localizada na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro e integrante da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Seu território montanhoso e a expansão urbana em áreas ambientalmente frágeis a tornam especialmente suscetível a eventos climáticos extremos. Nesse contexto, a Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha constitui o recorte espacial desta pesquisa, por concentrar características críticas de vulnerabilidade agravadas pela ocupação desordenada, além de apresentar recorrência de inundações e alagamentos. A Figura 1 ilustra a delimitação da área de estudo, destacando os principais fatores ambientais e urbanos que fundamentam a escolha da Bacia do Rio Quitandinha como foco da pesquisa, sendo este recorte essencial para a análise dos impactos das cheias na dinâmica local.

Figura 1 - Delimitação espacial da Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha



Fonte: Elaborada pela autora.

Diante da crescente frequência e intensidade de eventos extremos, vinculados às mudanças climáticas globais, torna-se imperativo que os territórios urbanos desenvolvam a capacidade para resistir, se adaptar e se recuperar dessas adversidades. Nesse cenário, o conceito de cidades resilientes ganha destaque, definindo a habilidade dos espaços urbanos em garantir condições ambientais, sociais e econômicas sustentáveis perante ameaças naturais e antrópicas, por meio de planejamento integrado, participação comunitária e governança multissetorial (UNDRR, 2011; Parra; López, 2020).

A promoção da resiliência urbana depende da adoção de estratégias que conjugam a gestão de riscos com a valorização dos recursos naturais e das especificidades socioculturais locais. Herzog (2013, p. 18) ressalta que o manejo sustentável dos recursos hídricos envolve práticas integradas que visam não apenas a conservação, mas também a restauração dos ecossistemas naturais, alinhando-se diretamente aos princípios das Soluções baseadas na Natureza (SbN). Essas práticas são fundamentais para a mitigação de eventos como enchentes e para o fortalecimento da resiliência urbana, estabelecendo uma ponte conceitual para a aplicação das SbN neste contexto.

Em alinhamento a esses desafios, as SbN se apresentam como uma abordagem inovadora e eficaz, reconhecida por organismos internacionais como a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2020) e a Comissão Europeia (EU Commission, 2021). SbN consistem em ações que utilizam processos e ecossistemas naturais para mitigar os impactos ambientais e sociais das mudanças climáticas, conforme definição da IUCN (2020), promovendo simultaneamente a conservação da biodiversidade e a melhoria da qualidade de vida das populações urbanas.

Este artigo visa contribuir para a construção de Petrópolis como uma cidade resiliente por meio da aplicação das SbN integradas ao planejamento urbano e à gestão hídrica, especificamente para a mitigação das cheias na Bacia do Rio Quitandinha. Os objetivos específicos são: propor estratégias para o manejo adequado das águas pluviais, visando a redução de inundações e alagamentos; e desenvolver soluções projetuais fundamentadas nas SbN, adaptadas à realidade socioambiental local.

A justificativa para o desenvolvimento deste estudo fundamenta-se em três aspectos principais:

- 1.** Planejamento urbano precário: Petrópolis experimentou expansão urbana significativa, especialmente após o Plano Koeler (1846), porém sem continuidade de planejamento eficiente, agravando a ocupação em áreas de risco, sobretudo em terrenos íngremes. Como consequência, houve impactos negativos, como a restrição e destruição de matas ciliares e a retificação dos cursos d'água, o que potencializa os riscos de inundações (Silva; Souza, 2019).
- 2.** Eventos climáticos extremos recorrentes: a região apresenta elevado índice pluviométrico anual (2.500 a 3.000 mm), o que intensifica os riscos de desastres naturais, com destaque para a Bacia do Rio Quitandinha (INMET, 2022).
- 3.** Necessidade de estratégias integradas e sustentáveis: diante dos desafios ambientais e sociais da região, torna-se imprescindível adotar abordagens que integrem planejamento urbano, gestão hídrica e conservação ambiental, com uso das SbN como ferramenta fundamental. Essa integração ainda é pouco explorada em cidades serranas brasileiras, como Petrópolis, o que evidencia a relevância técnica e científica deste estudo.

Neste contexto, as questões que orientam esta pesquisa são:

- Como as SbN podem ser aplicadas para mitigar os efeitos das cheias na Bacia do Rio Quitandinha?
- De que forma a integração do planejamento urbano e da gestão hídrica, apoiada em SbN, pode fortalecer a resiliência da cidade de Petrópolis?
- Quais são os desafios e oportunidades na implementação das SbN em contextos urbanos vulneráveis como o estudado?

A metodologia adotada compreende quatro fases principais:

- (i)** contextualização temporal e histórica da expansão urbana de Petrópolis;
- (ii)** revisão bibliográfica e teórica sobre os conceitos de cidades resilientes e SbN;
- (iii)** diagnóstico urbano fundamentado no modelo ABC; e
- (iv)** proposição de um projeto de intervenção baseado em SbN.

Essa última etapa será detalhada nas seções de resultados e discussão, onde as propostas projetuais serão apresentadas e analisadas.

Com esse recorte metodológico, busca-se contribuir tecnicamente para o avanço do conhecimento sobre o uso das SbN em cidades vulneráveis e, especificamente, para a mitigação dos impactos negativos das cheias em Petrópolis, fortalecendo a resiliência urbana a partir da integração ambiental, social e técnica, garantindo que as soluções propostas sejam aplicáveis ao cenário local.

2. Material e métodos

2.1 Contextualização histórica e territorial da expansão urbana de Petrópolis

A ocupação territorial de Petrópolis tem suas origens no século XIX, estruturada pelo Plano Koeler (1846), que estabeleceu um ordenamento urbanístico voltado para o aproveitamento das condições naturais, como os cursos d'água e a topografia local (Ambrozio, 2012). A configuração inicial do traçado urbano, que buscava harmonizar a malha viária à rede hidrográfica, constituiu uma base para o desenvolvimento planejado da cidade durante as primeiras décadas. Entretanto, a urbanização acelerada e desordenada ocorrida nas últimas décadas, principalmente no pós-guerra, provocou profundas transformações no território, com a ocupação de áreas de risco e supressão da vegetação nativa, agravando vulnerabilidades socioambientais (Silva; Souza, 2019; Pereira *et al.*, 2021).

A Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha, objeto focal desta pesquisa, encontra-se completamente inserida no tecido urbano consolidado e sofre modificações significativas em sua dinâmica natural por meio de intervenções, como canalizações, retificações de cursos d'água e remoção da vegetação ciliar, ações que impactam diretamente o regime hidrológico e a capacidade de contenção de cheias (Lima *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2022). O histórico de eventos extremos nesta bacia, que inclui inundações e alagamentos com grande impacto social e ambiental em anos recentes (2001, 2011, 2022), reforça a necessidade de intervenções integradas e sustentáveis para mitigação desses riscos (Assumpção, 2015; INMET, 2022).

Esses processos históricos e territoriais de ocupação urbana fornecem o pano de fundo essencial para a compreensão das vulnerabilidades ambientais da Bacia do Rio Quitandinha, evidenciando a urgência de estratégias eficazes de gestão urbana e ambiental. Esses elementos estruturam a base sobre a qual se justifica a adoção de abordagens integradas, como as Soluções baseadas na Natureza (SbN), que serão aprofundadas nas próximas seções.

2.2 Planejamento urbano, mudanças climáticas e resiliência urbana

A literatura contemporânea destaca que o processo de urbanização intensifica os riscos associados às mudanças climáticas, sobretudo em contextos urbanos vulneráveis, onde a infraestrutura deficiente e a ocupação irregular potencializam a exposição a desastres naturais (Marengo *et al.*, 2019; Lopes *et al.*, 2021). Neste cenário, o conceito de resiliência urbana tem sido fundamental para guiar estratégias que visam não apenas à resposta emergencial, mas também à capacidade adaptativa e transformadora das cidades perante os desafios socioambientais (Meerow *et al.*, 2016; Alves *et al.*, 2023).

Segundo Meerow *et al.* (2016), a resiliência urbana envolve múltiplas dimensões (ambiental, social, econômica e institucional), que devem ser integradas no planejamento urbano para fortalecer a capacidade de absorção de choques e recuperação rápida. Em especial, a promoção da resiliência requer processos participativos, gestão multiescalar e políticas públicas articuladas que valorizem os recursos naturais e o capital social local (Parra; López, 2020; Souza *et al.*, 2022). A experiência de cidades que implementam tais práticas demonstra a eficácia na redução dos impactos das inundações e outros eventos climáticos extremos, alinhando sustentabilidade e qualidade de vida (Gonçalves; Mendes, 2021).

Compreender as dinâmicas de urbanização e os desafios impostos pelas mudanças climáticas permite reconhecer a resiliência urbana como um conceito estratégico fundamental para a gestão de riscos e a adaptação das cidades, embasando a adoção das Soluções baseadas na Natureza (SbN) como ferramentas inovadoras e integradas para intervenções urbanas eficazes. Dessa forma, as SbN se consolidam como estratégias operacionais para viabilizar a construção de cidades resilientes, promovendo a integração entre sistemas ecológicos e urbanos.

Para que essas estratégias sejam eficazes, é imprescindível o fortalecimento de políticas públicas inclusivas e a adoção de uma governança adaptativa que envolva múltiplos atores e níveis de gestão, garantindo a articulação entre planejamento urbano, conservação ambiental e participação social (Alves *et al.*, 2023; Parra; López, 2020).

2.3 Soluções baseadas na Natureza (SbN): fundamentos teóricos e abordagem sistêmica

As Soluções baseadas na Natureza (SbN) surgem como uma abordagem sistêmica e multifuncional para os desafios urbanos, sendo amplamente recomendadas por organismos internacionais como a IUCN (2020) e a Comissão Europeia (2021). SbN são entendidas como intervenções que utilizam processos naturais para proteger, restaurar ou gerir ecossistemas, com o objetivo de mitigar impactos ambientais, promover adaptação climática e gerar benefícios sociais e econômicos (IUCN, 2020; *EU Commission*, 2021; WWAP, 2018).

Em contextos urbanos, a implementação de SbN envolve estratégias de renaturalização de corpos d'água, sistemas de drenagem sustentável e restauração de habitats, que além de controlar cheias e melhorar a qualidade da água, contribuem para a biodiversidade e o bem-estar das populações (Fernandes *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2021). O caráter holístico das SbN permite a integração de múltiplos benefícios, tais como regulação térmica, suporte à fauna e flora, além de aspectos culturais e recreativos, posicionando-as como ferramentas cruciais para a construção de cidades resilientes (Herzog, 2013; Almeida; Costa, 2023).

As SbN para mitigação de cheias urbanas envolvem um conjunto de intervenções que promovem a retenção, infiltração e retardamento do escoamento superficial, contribuindo para o equilíbrio hidrológico local (IUCN, 2020; *EU Commission*, 2021). Práticas como a restauração de vegetação ciliar fortalecem a estabilidade das margens e filtram contaminantes, enquanto sistemas de drenagem sustentável (SuDS) aumentam a capacidade de absorção do solo, reduzindo a velocidade e o volume do escoamento (Fernandes *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2021). Em bacias urbanas de relevo acentuado, como a do Rio Quitandinha, essas estratégias são particularmente eficazes para reduzir picos de cheia e controlar a erosão, mitigando impactos ambientais e sociais das inundações (Melo; Pereira, 2019). O diagnóstico integrado realizado possibilita propostas projetuais adaptadas às condições locais, garantindo maior eficiência e sustentabilidade das intervenções.

O reconhecimento das SbN como abordagens multifuncionais e integradas destaca a necessidade de um diagnóstico territorial detalhado, que considere os aspectos ambientais e socioculturais da área estudada, orientando a proposição de intervenções projetuais eficazes e adequadas à realidade local, conforme será apresentado na seção seguinte.

2.4 Fundamentação metodológica: aplicação do modelo ABC no diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha

Para a realização do diagnóstico ambiental e urbano da Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha, foi adotado o modelo ABC, desenvolvido por Jack Ahern (2011), que propõe uma leitura integrada dos componentes abiótico, biótico e cultural da paisagem. Esse modelo parte do pressuposto de que a resiliência e a sustentabilidade de sistemas urbanos dependem do equilíbrio entre esses três componentes fundamentais (Ahern, 2011; MacDonald; Shields, 2018).

A aplicação da metodologia ocorreu em três etapas principais, conforme os eixos do modelo:

- Componente abiótico: foram analisados elementos físicos e estruturais da paisagem, como o relevo (a partir de dados hipsométricos), a hidrografia local, a distribuição do uso do solo e as características topográficas da bacia. Essas informações permitiram avaliar os fatores que condicionam a dinâmica hidrológica e a suscetibilidade a processos erosivos e inundações (IBGE, 2019; IBGE, 2021).

- Componente biótico: foram identificadas e analisadas as formações vegetais predominantes, incluindo a vegetação nativa remanescente e espécies representativas da fauna local, com ênfase nas interações ecológicas e na função ecológica da cobertura vegetal na regulação do ciclo hídrico (Ribeiro *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2020). Este eixo considerou também a localização de áreas de preservação e o impacto da urbanização sobre a biodiversidade da bacia (WWAP, 2018).
- Componente cultural: envolveu o levantamento de dados sobre a ocupação urbana, o traçado do tecido construído, os equipamentos urbanos existentes e os padrões de uso e transformação do solo, buscando compreender as relações estabelecidas entre o ambiente construído e os sistemas naturais (Castro; Almeida, 2020; Pereira *et al.*, 2019). Foram incluídos também aspectos simbólicos e sociais associados à paisagem local, importantes para o entendimento das práticas de gestão e intervenção sobre o território (Harvey, 1996).

Para a coleta e análise dos dados, foram utilizados mapas temáticos gerados a partir de imagens de satélite Sentinel-2 (ESA, 2025), bases cartográficas do **IBGE**, dados de uso e cobertura do solo fornecidos pelo MapBiomas (2023), dados pluviométricos históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022), registros da Defesa Civil de Petrópolis e documentos técnicos municipais. Também foram consideradas cartografias históricas para apoiar a contextualização territorial e a evolução da ocupação urbana na bacia (Ambrozio, 2012; Lima *et al.*, 2020).

Essa abordagem metodológica permitiu estruturar um diagnóstico aprofundado da bacia, contribuindo diretamente para a identificação de áreas prioritárias e potenciais estratégias de aplicação das SbN, com vistas à mitigação de cheias e ao fortalecimento da resiliência urbana em Petrópolis. Os resultados da aplicação desse modelo serão apresentados na seção seguinte, organizados conforme os três componentes do modelo ABC.

3. Resultados

3.1 Diagnóstico ambiental e urbano da Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha a partir do modelo ABC

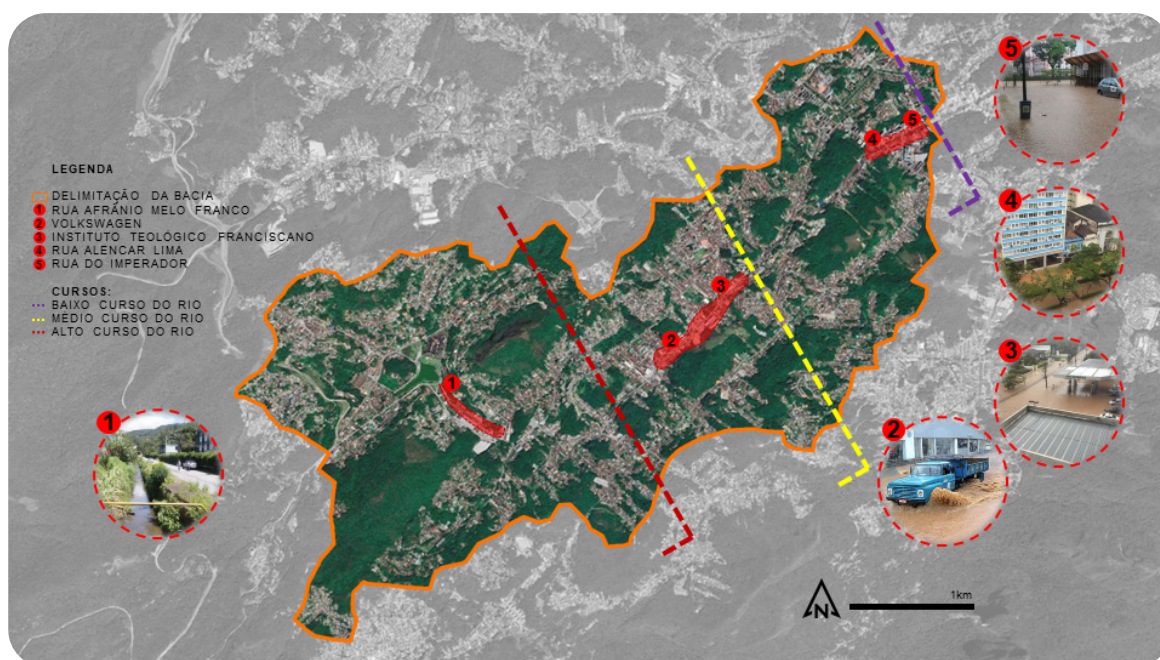
A análise ambiental e urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha foi realizada com base no modelo ABC, que integra os componentes abiótico, biótico e cultural, permitindo uma compreensão sistêmica dos desafios e vulnerabilidades da área de estudo (Ahern, 2011).

- Abiótico: as análises dos aspectos abióticos, hidrografia, hipsometria e uso do solo, revelam características físicas fundamentais para compreender a dinâmica da bacia. O Rio Quitandinha, principal corpo hídrico da região, recebe afluentes como o Rio Crémerie, o Córrego Saturnino e o Rio Aureliano, desaguando nas proximidades do Palácio de Cristal (INEA/RJ, 2019). A análise altimétrica evidencia predominância de terrenos acima de 800 metros, com áreas que ultrapassam 1.500 metros na porção leste, o que configura um relevo acentuado que influencia fortemente o escoamento superficial e a susceptibilidade a processos erosivos (IBGE, 2021). A leitura do uso do solo demonstra que a expansão urbana tem se concentrado nos vales fluviais e áreas de menor altitude, especialmente entre 800 e 900 metros, evidenciando ocupação predominante em fundos de vale, reconhecidos como zonas de risco para inundações (Câmara *et al.*, 2020).
- Biótico: inserida no bioma Mata Atlântica, a região apresenta elevada biodiversidade e grau de endemismo (Ribeiro *et al.*, 2020). A fauna inclui espécies ameaçadas ou de valor ecológico relevante, como a jaguatirica (*Leopardus pardalis*), o mono-carvoeiro (*Alouatta clamitans*), o sagui-da-serra (*Mico emiliae*), o gato-do-mato (*Leopardus wiedii*) e o bicho-preguiça (*Bradypus variegatus*), o que reforça a importância conservacionista da área (Silva *et al.*, 2022). A flora é composta por espécies nativas emblemáticas, como o palmito-juçara (*Euterpe edulis*), o manacá-da-serra (*Tibouchina*

mutabilis), o pau-ferro (*Libidibia ferrea*), o cedro (*Cedrela fissilis*), o ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*) e a quaresmeira (*Tibouchina granulosa*) (Melo; Souza, 2019). A urbanização acelerada tem impactado esses ecossistemas, provocando fragmentação da vegetação, alterações nas cadeias tróficas e aumento da poluição química e bacteriana nos corpos hídricos, o que compromete a qualidade ambiental da bacia (Costa *et al.*, 2021).

- Cultural: a análise do componente cultural revela que o traçado urbano da bacia foi marcado por um crescimento desordenado, com ocupações em áreas de encosta e em zonas de planície fluvial, frequentemente associadas a alto risco de inundação (Pereira *et al.*, 2022). A região concentra equipamentos urbanos de relevância tecnológica e econômica, como o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC) e Parque Tecnológico da Região Serrana do Rio de Janeiro (Serratec), além de importantes polos turísticos, como o Palácio Quitandinha (Prefeitura de Petrópolis, 2023). Foram identificados pontos críticos de inundações e alagamentos distribuídos ao longo do curso do rio, com destaque para áreas onde a urbanização avançou sobre nascentes e margens fluviais. Essa ocupação intensifica a vulnerabilidade física, ambiental e social do território (Defesa Civil de Petrópolis, 2022).

Figura 2 - Pontos críticos de inundações e alagamentos na Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha



Fonte: Elaborada pela autora.

Essa leitura integrada fundamenta o diagnóstico urbano-ambiental da Bacia do Rio Quitandinha, evidenciando os principais desafios à gestão de recursos hídricos e ao ordenamento urbano sustentável. A compreensão articulada dos aspectos abióticos, bióticos e culturais é essencial para embasar a proposição de Soluções baseadas na Natureza (SbN) como estratégias integradas para o aumento da resiliência perante eventos climáticos extremos, especialmente as inundações recorrentes (Ahern, 2013; IUCN, 2020).

3.2 Propostas de intervenção com aplicação das SbN na Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha

O projeto de tornar Petrópolis uma cidade mais resiliente com o uso de Soluções baseadas na Natureza (SbN) para a mitigação de cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha tem como propósito integrar o planejamento urbano e da paisagem à gestão de recursos hídricos. A proposta visa promover a resiliência urbana por meio de ações coordenadas, integradas e sistêmicas, capazes de reduzir os impactos associados às mudanças climáticas e contribuir para melhorias nas áreas de saneamento ambiental, saúde e segurança hídrica.

A proposta concentra-se no alto curso da bacia, nos entornos do Palácio Quitandinha e adjacências, como as Avenidas Ayrton Senna, Amaral Peixoto, Getúlio Vargas e os terrenos que margeiam o lago do hotel. Trata-se de uma porção elevada e estratégica do território, cuja ocupação e impermeabilização contribuem significativamente para o aumento do escoamento superficial nos trechos médios e baixos da bacia. A escolha dessa área como prioritária baseia-se no entendimento de que reter e infiltrar a água nos setores de cabeceira é uma medida eficaz para mitigar os alagamentos mais intensos que ocorrem a jusante.

Busca-se, assim, transformar a relação da cidade com a natureza e o espaço urbano por meio da restauração ambiental e do fortalecimento do vínculo entre população e território.

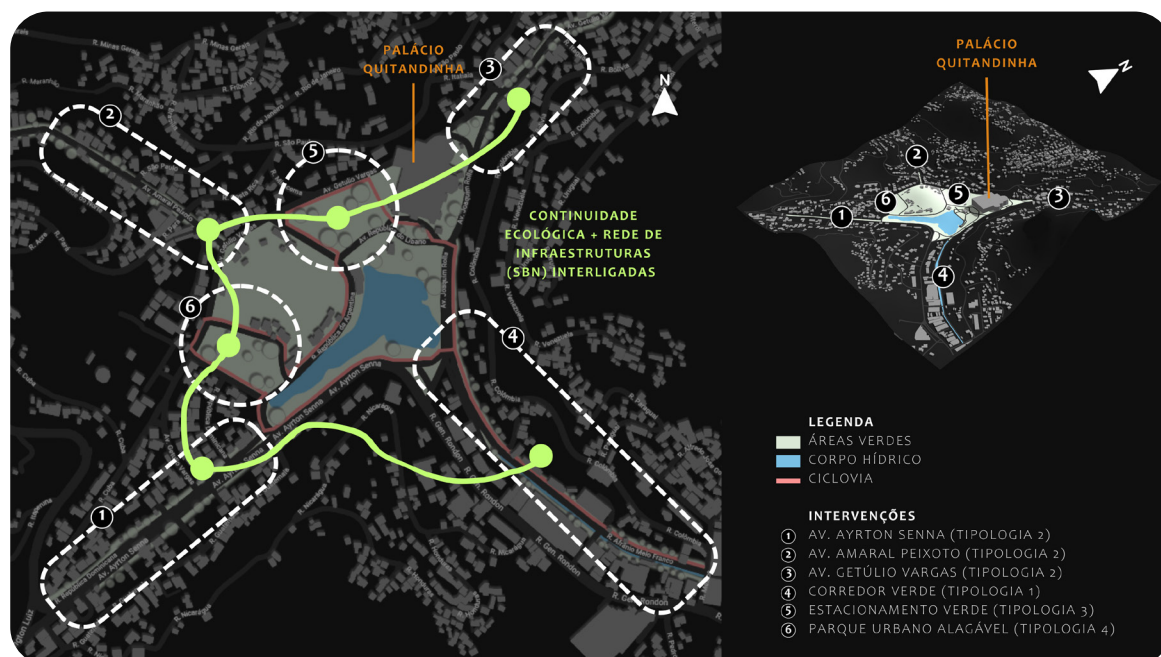
O objetivo é reconectar a região do Quitandinha ao rio, criando um sistema ambiental contínuo de articulação ecológica e social. A proposta se ancora em dois pilares principais:

- Qualificação de espaços urbanos: criação de áreas de convivência e lazer; implantação de rede de ciclovias e calçadas acessíveis; arborização com espécies nativas.
- Implantação de SbN: ampliação da resiliência urbana; renaturalização do corpo hídrico principal; contenção do escoamento superficial e mitigação de inundações.

As diretrizes do programa incluem: aumentar a consciência ambiental da população; conservar espécies nativas e promover a conectividade ecológica; valorizar o patrimônio cultural e paisagístico; e oferecer espaços públicos de lazer e recreação.

O Masterplan (Figura 3) desenvolvido para a área de intervenção organiza o território em quatro tipologias distintas, conectadas entre si por uma continuidade ecológica. O objetivo é potencializar a retenção da água no alto curso, restaurar funções ecológicas perdidas e requalificar áreas degradadas.

Figura 3 - Masterplan



Fonte: Elaborada pela autora.

A estratégia adotada baseia-se na criação de uma rede policêntrica de áreas naturais com múltiplas funções socioambientais, articulando diferentes tipologias:

Tipologia 1 – Corredor verde

Corresponde à recuperação da mata ciliar nas margens do rio, com redesenho das faixas de tráfego, ampliação das calçadas e arborização com espécies nativas. A proposta integra SbN com áreas permeáveis e zonas de infiltração (jardins de chuva e biovaletas), que auxiliam na retenção da água da chuva e na melhoria da qualidade da água. Ao articular mobilidade ativa e biodiversidade, esse trecho configura-se como um corredor ecológico linear, promovendo conectividade entre fragmentos vegetais e funcionando como zona-tampão contra o escoamento superficial.

Figura 4 - Tipologia 1



Fonte: Elaborada pela autora.

Tipologia 2 – Ruas verdes

Compreende a requalificação das Avenidas Ayrton Senna, Amaral Peixoto e Getúlio Vargas, com ampliação de passeios, implantação de ciclofaixas e arborização. São incorporadas SbN, como jardins de chuva e biovaletas, que captam e infiltram as águas pluviais, retardando o escoamento e evitando sobrecarga na rede de drenagem. Essas intervenções contribuem para o controle de cheias e regulação térmica local, ampliando os serviços ecossistêmicos.

Figura 5 - Tipologia 2



Fonte: Elaborada pela autora.

Tipologia 3 – Estacionamento verde

A proposta prevê a transformação de um terreno subutilizado, em um estacionamento verde. Atualmente, o espaço já é utilizado como estacionamento por um restaurante situado em frente ao terreno, o que reforça seu potencial para uso público estruturado. A intervenção propõe a pavimentação permeável, arborização densa e a criação de um espaço de convivência que valorize a paisagem, contribua para a infiltração da água da chuva e amplie as áreas de sombra e conforto térmico.

Figura 6 - Tipologia 3



Fonte: Elaborada pela autora.

Tipologia 4 – Parque urbano alagável

A proposta parte de um terreno que naturalmente funcionou como uma bacia de retenção natural durante a tragédia climática de fevereiro de 2022 (Figura 7). A ocupação espontânea da água revelou seu potencial como espaço estratégico de contenção em eventos extremos.

A ideia é formalizar essa função com o conceito de parque urbano alagável, que nos dias secos atua como espaço de lazer e convivência, com áreas gramadas, arborização, mobiliário urbano e trilhas, e, nos dias chuvosos, passa a exercer papel fundamental na drenagem urbana, funcionando como um reservatório temporário para as águas pluviais.

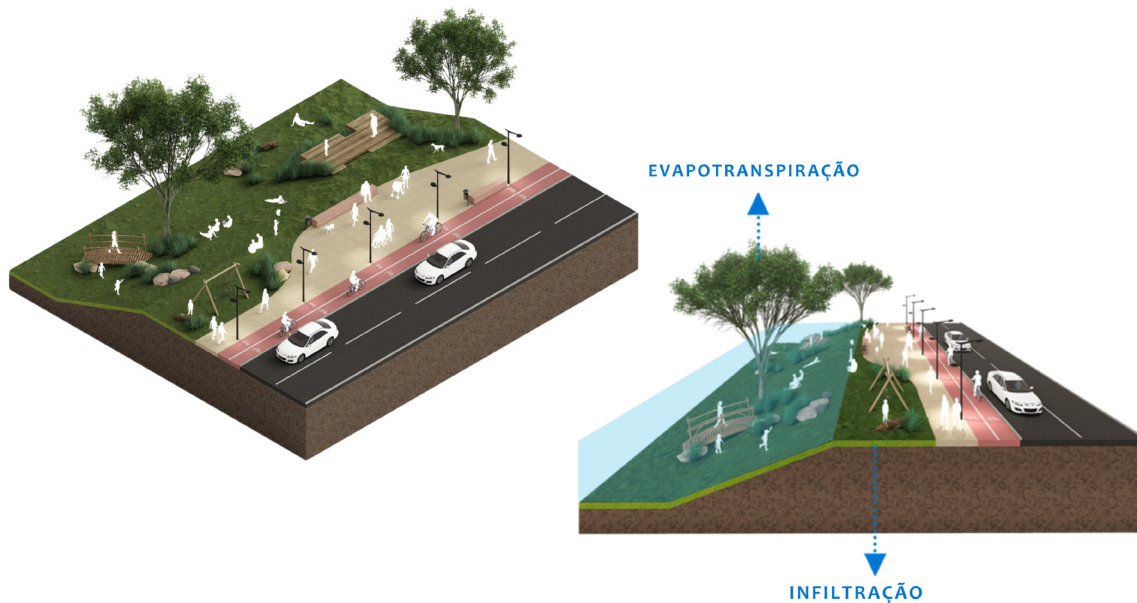
Essa abordagem adaptativa promove a convivência entre os usos recreativos e a função reguladora das águas, ampliando a resiliência urbana e fortalecendo o vínculo da população com os ciclos naturais da bacia.

Figura 7 - Terreno da tragédia climática de fevereiro de 2022



Fonte: Acervo da autora.

Figura 8 - Tipologia 4



Fonte: Elaborada pela autora.

A proposta de implantação de SbN no alto curso da Bacia do Rio Quitandinha atua diretamente na mitigação das inundações e alagamentos e no fortalecimento da capacidade adaptativa da cidade de Petrópolis diante das mudanças climáticas. Essas intervenções contribuem para o sequestro de carbono, regulação térmica, incremento da biodiversidade e aumento da qualidade de vida urbana. Sua implementação pode representar um passo significativo rumo à construção de uma Petrópolis mais resiliente, ambientalmente equilibrada e socialmente justa.

4. Discussão

A proposta de intervenção no alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha, com base nas Soluções baseadas na Natureza (SbN), evidencia a importância de integrar planejamento urbano, restauração ecológica e gestão hídrica como estratégia para a construção de cidades mais resilientes. Ao eleger a cabeceira da bacia como área prioritária, parte-se do princípio de que conter, infiltrar e desacelerar a água em seu ponto de origem é fundamental para minimizar os impactos das cheias nos setores médios e baixos do território, os mais afetados historicamente por inundações em Petrópolis. Essa lógica preventiva, que antecipa os efeitos de eventos extremos, dialoga diretamente com o conceito de resiliência urbana e com a perspectiva de adaptação às mudanças climáticas.

A articulação entre as quatro tipologias propostas permite a configuração de uma rede ecológica urbana contínua, capaz de oferecer múltiplos benefícios socioambientais à cidade. As SbN adotadas, como corredores verdes, pavimentos permeáveis, biovaletas, jardins de chuva e parques alagáveis, operam não apenas como tecnologias de drenagem urbana sustentável, mas também como dispositivos de reconexão entre a população e os processos naturais da bacia. Ao promover a renaturalização de espaços urbanos, essas intervenções restauram funções ecológicas, ampliam os serviços ecossistêmicos e contribuem para o enfrentamento das desigualdades socioespaciais, ao qualificar áreas subutilizadas e ampliar o acesso a infraestrutura verde e espaços de lazer.

Por outro lado, a implementação das SbN enfrenta desafios técnicos e institucionais importantes, como a necessidade de manutenção contínua, articulação entre diferentes setores do poder público e o envolvimento efetivo da comunidade local. Em territórios historicamente marcados por intervenções fragmentadas e pouco integradas, o sucesso de propostas como esta depende da construção de um modelo de governança capaz de articular diferentes escalas e atores. Além disso, a replicabilidade da estratégia em outras

áreas da cidade exige não apenas diretrizes técnicas bem definidas, como também vontade política e marcos regulatórios que incorporem as SbN como política pública estruturante.

Ainda assim, o caso do Quitandinha revela o potencial das SbN como instrumentos eficazes e adaptativos diante das mudanças climáticas, ao mesmo tempo em que amplia a qualidade de vida urbana e valoriza o patrimônio ambiental e cultural local. A proposta se apresenta, portanto, como uma alternativa concreta e replicável para o enfrentamento dos desafios urbanos contemporâneos, especialmente em cidades de topografia complexa e alta vulnerabilidade como Petrópolis.

5. Conclusão

A pesquisa evidenciou que a aplicação de Soluções baseadas na Natureza (SbN) no alto curso da Bacia do Rio Quitandinha configura-se como uma estratégia eficaz para mitigar os impactos das inundações recorrentes em Petrópolis. A escolha dessa área como foco de intervenção responde diretamente ao objetivo proposto de promover a resiliência hídrica por meio da contenção e infiltração da água nas cabeceiras, antes que ela agrave os problemas a jusante.

As tipologias projetuais desenvolvidas demonstraram que é possível articular funções ecológicas e sociais em um território urbano consolidado, utilizando soluções baseadas em processos naturais. Os resultados obtidos apontam para benefícios múltiplos: redução do escoamento superficial, ampliação das áreas permeáveis, valorização paisagística, fortalecimento da biodiversidade e criação de espaços públicos mais seguros, acessíveis e integrados ao meio ambiente.

Ao conectar o planejamento urbano à lógica da bacia hidrográfica, a proposta amplia o entendimento da cidade como um sistema ecológico e social em constante interação. A pesquisa contribui, assim, para o avanço do debate sobre gestão integrada dos recursos hídricos urbanos, incorporando uma perspectiva adaptativa, de baixo impacto e socialmente sensível.

Como recomendação, destaca-se a necessidade de incluir as SbN de forma estruturada nas políticas públicas municipais, com planos que envolvam diagnóstico territorial, escuta da comunidade, financiamento adequado e articulação entre diferentes escalas e setores. As intervenções propostas podem, inclusive, servir de modelo para outras bacias hidrográficas urbanas em contextos semelhantes, reforçando a relevância de soluções que aliam restauração ambiental e justiça espacial.

Referências

AHERN, J. From fail-safe to safe-to-fail: sustainability and resilience in the new urban world. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 4, p. 341-343, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>. Acesso em: 20 jun. 2025.

AHERN, J. Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. **Landscape ecology**, v. 28, n. 6, p. 1203-1212, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-012-9799-z>. Acesso em: 19 jun. 2025.

ALMEIDA, R.; COSTA, L. Aplicações das soluções baseadas na natureza em contextos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 45-60, 2023. Disponível em: <https://revistagestaoambiental.org.br/artigo/almeida-costa-2023>. Acesso em: 18 jun. 2025.

ALVES, R. S. et al/ Resiliência urbana e governança adaptativa: desafios contemporâneos. **Revista Brasileira de Planejamento Urbano**, v. 10, n. 2, p. 112-130, 2023.

AMBROZIO, L. F. A cidade imperial: o Plano Koeler e a forma urbana de Petrópolis. **Revista do Arquivo Geral da Cidade**

- do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, n. 6, p. 117-135, 2012. Disponível em: http://www.arquivogeral.rio.rj.gov.br/revista/vol6_2012.pdf. Acesso em: 20 jun. 2025.
- ASSUMPÇÃO, L. A. Desastres naturais em Petrópolis: análise dos impactos socioambientais. **Cadernos de Geografia**, v. 27, n. 49, p. 112-130, 2015.
- CÂMARA, G. *et al* Dinâmicas territoriais e riscos ambientais no Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 4, p. 1200-1215, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/rbgf/article/view/29777>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- CASTAÑER, I. Integrated approaches to urban landscape diagnosis and design. **Journal of Environmental Management**, v. 214, p. 123-134, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.035>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- CASTRO, L. M.; ALMEIDA, T. Dinâmicas sociais e ambientais em áreas urbanas. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 72, n. 1, p. 45-60, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbg/a/LPLZxZ9CDXYqWxHYFzjFrPz/>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- COHEN-SHACHAM, E.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S.; WALTERS, G. **Nature-based solutions to address global societal challenges**. Gland: IUCN, 2016. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/node/46191>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- COSTA, R. M. *et al* Impactos ambientais da urbanização na Região Serrana do Rio de Janeiro. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 24, n. e021014, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210014>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- COUTINHO, A.; OLIVEIRA, B. Urbanização acelerada no Brasil e suas vulnerabilidades. **Revista Brasileira de Urbanismo**, v. 10, n. 2, p. 45-60, 2019. Disponível em: <https://www.revurb.org.br/artigos/2019/urbanizacao-brasil>. Acesso em: 17 jun. 2025.
- EUROPEAN COMMISSION. **Implementation strategy for nature-based solutions**. [Bruxelas]: European Commission, 2021. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/nb_solutions. Acesso em: 17 jun. 2025.
- EUROPEAN COMMISSION. **Nature-based solutions**. [Bruxelas]: European Commission, 2025. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions_en. Acesso em: 18 jun. 2025.
- EUROPEAN SPACE AGENCY. **Sentinel-2: mission overview**. [S. l.]: ESA, 2025. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- FERNANDES, M. *et al* Implementação de sistemas de drenagem sustentável para mitigação de cheias urbanas. **Journal of Urban Hydrology**, v. 8, n. 2, p. 110-124, 2022. Disponível em: <https://www.journalurbanhydro.org/article/fernandes-2022>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- FERREIRA, D. M. *et al* Dinâmica hidrológica e efeitos das canalizações no Rio Quitandinha. **Boletim de Geografia**, v. 40, n. 4, p. 45-63, 2022.
- GONÇALVES, M. F.; MENDES, A. R. Estratégias de mitigação para inundações urbanas: estudo de caso em cidades brasileiras. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 24, n. e02345, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/9fJcDkR5s7MqX4fNprTG9xn/?lang=pt>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- HARVEY, D. **Justice, nature and the geography of difference**. Cambridge: Blackwell Publishers, 1996. Disponível em: <https://www.wiley.com/en-us/Justice%2C+Nature+and+the+Geography+of+Difference-p-9780631208785>. Acesso em: 20 jun. 2025.

- HERZOG, C. Manejo sustentável dos recursos hídricos e soluções baseadas na natureza. **Revista Água & Cidade**, v. 7, n. 1, p. 15-23, 2013.
- HERZOG, C. P. **Cidades para todos: (re)aprendendo a conviver com a natureza**. Rio de Janeiro: Mauad X: INVERDE, 2013. Disponível em: <https://editoramaud.com.br/livros/herzog-2013>. Acesso em: 17 jun. 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas geográfico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de uso e cobertura do solo do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/uso_do_solo.html. Acesso em: 19 jun. 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas e dados geográficos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Relatório de monitoramento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha**. Rio de Janeiro: INEA, 2019. Disponível em: <https://www.inea.rj.gov.br/>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasil). **Dados pluviométricos da Região Serrana do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: INMET, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasil). **Dados pluviométricos históricos**. Brasília, DF: INMET, 2025. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- LIMA, D. M. *et al* Dinâmica fluvial do rio Quitandinha: um olhar histórico e morfológico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 3, p. 1037-1053, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/rbgf/article/view/26888>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- LIMA, J. R. S. *et al* Impactos das intervenções urbanas sobre a hidrologia da Bacia do Rio Quitandinha. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/GVYJZxLtR5mB4Ptn5M-5FbDb/?lang=pt>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- LOPES, T. A. *et al* Urbanização e vulnerabilidades climáticas: impactos e estratégias. **Cadernos Metrópole**, v. 23, n. 52, p. 455-475, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cmet/a/XJYmMZxHZZwqB3fHz4NJzVf/?lang=pt>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- MACDONALD, M.; SHIELDS, C. Urban landscape and sustainability: A conceptual model. **Landscape and Urban Planning**, v. 175, p. 1-13, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.02.012>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- MAPBIOMAS. **Coleção 8 do mapa de uso e cobertura da terra do Brasil**. São Paulo: MapBiomias, 2023a. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias**: coleções de mapas anuais de uso e cobertura da terra no Brasil. São Paulo: MapBiomias, 2023b. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- MARENGO, J. A. *et al* Impactos das mudanças climáticas em áreas urbanas brasileiras. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 59-74, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbc/a/VFpWv5pGDrVFt5L8VyLM9FD/?lang=pt>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- MARTINS, R. F. *et al* Biodiversidade urbana: ecologia e conservação em áreas metropolitanas. **Revista Biota Neotropica**, v. 20, n. e20200109, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2020-0109>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MEEROW, S.; NEWELL, J. P.; STULTS, M. Defining urban resilience: a review. **Landscape and Urban Planning**, v. 147, p. 38-49, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204615300526>. Acesso em: 18 jun. 2025.

MELO, J. P.; SOUZA, L. F. Espécies arbóreas da Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro. **Flora Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 99-112, 2019.

MELO, T.; PEREIRA, F. Estratégias para mitigação de cheias em bacias urbanas de relevo acentuado. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, n. e12, 2019. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/revistas/rbrh/2019/v24/12>. Acesso em: 18 jun. 2025.

PARRA, C.; LÓPEZ, M. Cidades resilientes: experiências internacionais. **Revista Latino-americana de Planejamento Urbano**, v. 15, n. 1, p. 23-40, 2020. Disponível em: <https://www.rlp.org.br/vol15n1/parra-lopez>. Acesso em: 17 jun. 2025.

PARRA, C.; LÓPEZ, M. Resiliência urbana e participação comunitária em cidades vulneráveis. **Revista Latinoamericana de Urbanismo**, v. 8, n. 1, p. 35-52, 2020. Disponível em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rlu/article/view/76522>. Acesso em: 18 jun. 2025.

PEREIRA, D. et al Crescimento urbano e vulnerabilidade ambiental em Petrópolis. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 24, n. 1, p. 120-135, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.22296/2317-1529.2022v24n1p120>. Acesso em: 20 jun. 2025.

PEREIRA, L. et al Uso e ocupação do solo na Região Serrana do Rio de Janeiro. **Geografia**, v. 44, n. 2, p. 45-60, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/30206>. Acesso em: 20 jun. 2025.

PEREIRA, L. F. et al Análise da ocupação urbana em áreas de risco: o caso de Petrópolis. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, n. 2, p. 321-339, 2021.

PETRÓPOLIS (Município). Secretaria de Defesa Civil. **Registro de eventos climáticos e desastres naturais**. [Petrópolis, RJ], 2025a. Disponível em: <http://defesacivil.petrópolis.rj.gov.br/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

PETRÓPOLIS (Município). Secretaria de Defesa Civil. **Registro de eventos climáticos e desastres naturais**. [Petrópolis, RJ], 2025b. Disponível em: <http://defesacivil.petrópolis.rj.gov.br/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

PETRÓPOLIS (RJ). Prefeitura. **Portal oficial de turismo e cultura**. [Petrópolis, RJ], 2025b. Disponível em: <https://www.petropolis.rj.gov.br/turismo-cultura>. Acesso em: 20 jun. 2025.

RIBEIRO, M. C. et al Biodiversidade da Mata Atlântica: conservação e ameaças recentes. **Journal of Ecology and Conservation**, v. 8, n. 2, p. 115-130, 2020.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SILVA, F. R. et al Fauna urbana na Mata Atlântica: impactos da expansão urbana. **Biodiversity and Conservation**, v. 31, n. 7, p. 1803-1817, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-022-02341-z>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SILVA, J. et al Benefícios ambientais e sociais das soluções baseadas na natureza em áreas urbanas. **Ambiental Ciência & Tecnologia**, v. 14, n. 2, p. 88-100, 2021. Disponível em: <https://ambientalct.org.br/artigos/silva-2021>. Acesso em: 18 jun. 2025.

SILVA, M. C.; SOUZA, F. A. Crescimento urbano e vulnerabilidade socioambiental em Petrópolis: um estudo da expansão

desordenada. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 22, n. e01415, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/7kGGMcrFDq5C8YcgphzxyXL/?lang=pt>. Acesso em: 18 jun. 2025.

SILVA, R.; SOUZA, L. Expansão urbana e degeneração das matas ciliares em Petrópolis. **Revista Geografia e Meio Ambiente**, v. 12, n. 3, p. 101-115, 2019. Disponível em: <https://www.rgma.org.br/vol12n3/silva-souza>. Acesso em: 17 jun. 2025.

SOUZA, D. R. *et al* Gestão multiescalar e resiliência urbana: análise de políticas públicas. **Revista Gestão & Ambiente**, v. 29, n. 1, p. 90-109, 2022.

SOUZA, R. R.; PEREIRA, R. M. **Dinâmicas ambientais e urbanas: análise integrada**. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 2021.

SOUZA, T. R.; ALMEIDA, F. M. Estudos sobre uso e transformação do solo urbano. **Revista Brasileira de Planejamento Urbano**, v. 10, n. 2, p. 100-115, 2020.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **The United Nations World Water Development Report 2018: nature-based solutions for water**. Paris: UNESCO, 2018. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. Acesso em: 18 jun. 2025.

Sobre a autora

Laura Leite Vidal

Arquiteta e Urbanista (CAU-RJ). Perita Técnica em Arquitetura e Meio Ambiente (CREA-RJ). Especialista em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos e atualmente mestranda em Arquitetura Paisagística pela UFRJ (MPAP/FAU). Recebeu bolsa integral para intercâmbio na Universidad de Salamanca, na Espanha, onde aprofundou sua visão sobre arquitetura, urbanismo e cultura espanhola. Coordenadora executiva associativista no Conselho da Mulher Empreendedora e da Cultura (CMEC) de Petrópolis. Palestrante em conferências, audiências públicas, escolas e fóruns técnicos, além de avaliadora de bancas finais do curso de Arquitetura e Urbanismo. Desenvolve pesquisas sobre cidades resilientes, soluções baseadas na natureza (SbN) e gestão hídrica urbana.

Soluções baseadas na Natureza em Copacabana: como jardins de chuva contribuem para a resiliência do Rio de Janeiro

Nature-Based Solutions in Copacabana: how rain gardens contribute to the resilience of Rio de Janeiro

Claudia Grangeiro da Silva Castro
Inês Mauad Andrade

Resumo

No Rio de Janeiro, as grandes obras e intervenções no território ao longo da construção da cidade modificaram a estrutura do sítio natural, tornando-o uma paisagem complexa sujeita a riscos que desafiam soluções para os problemas atuais de vulnerabilidade socioambiental. Além disso, as mudanças climáticas agravam esse quadro, com a intensificação de eventos extremos, como alagamentos, vendavais, deslizamentos e enchentes. Nesse sentido, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) oferecem estratégias promissoras para enfrentar tais obstáculos e promover mais resiliência para as comunidades. Entre as SbN eficientes estão aquelas que retardam o fluxo de água para o sistema de drenagem pluvial e mitigam os efeitos de chuvas intensas. Este estudo avaliou uma intervenção com jardim de chuva no bairro de Copacabana, apoiada pela comunidade local, no intuito de testar sua eficácia no manejo de águas pluviais e na revitalização do espaço público. Os resultados mostram que infraestruturas verdes colaboram para reduzir o impacto das inundações ao absorver o excesso de águas pluviais, agregando qualidades ambientais e paisagísticas, além de fortalecer o sentimento de pertencimento e de responsabilidade nas comunidades locais.

Palavras-chave

Chuvas Intensas. Soluções Baseadas na Natureza. Participação Comunitária. Jardim de Chuva. Bairro de Copacabana.

Abstract

In Rio de Janeiro, large-scale projects and interventions throughout the city's construction have altered the structure of the natural site, transforming it into a complex landscape subject to risks that challenge solutions to current socio-environmental vulnerability issues. Furthermore, climate change exacerbates this situation, with the intensification of extreme events such as flooding, strong winds, landslides, and heavy rains. Nature-Based Solutions (NbS) offer promising strategies to help address these challenges and enhance resilience in communities. Among the effective NbS are those that slow down the flow of water to the stormwater drainage system and mitigate the effects of heavy rainfall. This study evaluated an intervention involving a rain garden in the Copacabana neighborhood, supported by the local community, to test its effectiveness in managing stormwater and revitalizing public space. The results show that green infrastructures contribute to reducing the impact of floods by absorbing excess rainfall, adding environmental and aesthetic qualities, while also strengthening the sense of belonging and responsibility within local communities.

Keywords

Heavy Rain. Nature-Based Solutions. Community Engagement. Rain Gardens. Copacabana Neighborhood.

1. Introdução

Desde a sua fundação, em 1º de março de 1565, a cidade do Rio de Janeiro tem se expandido vertiginosamente, ocupando encostas de morros, várzeas, vales e montanhas, sempre avançando territórios por meio de grandes obras de engenharia, as quais constroem paisagens e modificam o sítio natural.

Com sua geografia singular, a cidade enfrenta sérios desafios ambientais que afetam toda a sua infraestrutura. Entre os principais problemas estão a drenagem pluvial, o saneamento básico, o acesso à água potável de qualidade, o tratamento do esgoto, a coleta de lixo e dos resíduos, além da qualidade do ar e do aumento do nível do mar. Além disso, a alta impermeabilização do solo, a elevada densidade

de edificações, as construções nas encostas dos morros, os sistemas de drenagem inadequados e a acentuada vulnerabilidade do solo contribuem para o aumento das ondas de calor e elevam o risco de enchentes e inundações na região.

Com 6.211.223 habitantes, conforme o censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2022, a cidade do Rio de Janeiro é a segunda mais populosa do Brasil. Este número corresponde a 38,6% da população total do estado e a cerca de metade dos residentes da Região Metropolitana, que soma mais de 13 milhões de pessoas. A alta concentração populacional e a prevalência da informalidade das moradias contribuem para a maior vulnerabilidade da cidade, especialmente diante de eventos extremos, como enchentes e inundações. Tais fenômenos, frequentemente resultantes de alterações nos padrões climáticos, como aumento da temperatura e chuvas intensas, aumentam a exposição da população a danos significativos (Reis; Silva; Brant, 2015).

As emergências climáticas constituem uma realidade inegável para a humanidade, afetando diversos aspectos da vida cotidiana. De acordo com Mike Hulme (2016), estas emergências não se limitam apenas à mera alteração física do clima, elas também representam um símbolo cultural em constante evolução, que exige uma reflexão profunda sobre nossos hábitos de vida, padrões de consumo, cooperação e qualidade de vida. A sociedade enfrenta uma crise planetária repleta de desafios urgentes, interligada a questões como desigualdades sociais, fome, doenças e perda de biodiversidade.

As cidades precisam se adaptar urgentemente a essa realidade, não apenas devido ao aumento inevitável das ameaças climáticas até o final do século, como também por conta dos efeitos de deterioração gradual, como envelhecimento e colapso da infraestrutura, mudanças demográficas e escassez de energia, água e alimentos, que alterarão drasticamente a maneira como vivemos (Pearson; Newton; Roberts, 2014).

Nesse contexto, a implementação de Infraestruturas Verdes e Azuis (IVA) revela-se uma medida essencial, consolidando-se como uma estratégia fundamentada na integração de Soluções baseadas na Natureza (SbN) para promover a gestão sustentável dos recursos hídricos, representada pela infraestrutura azul, e para fortalecer os espaços verdes em áreas urbanas, caracterizados pela infraestrutura verde (Farah, 2012).

De acordo com Perini e Sabbion (2017), o conceito de “infraestrutura verde-azul” abrange um conjunto de estratégias destinadas a aumentar a resiliência urbana frente às mudanças climáticas, promovendo tanto a adaptação quanto a mitigação dos seus impactos nas cidades. Os exemplos dessas estratégias incluem parques lineares que integram áreas de lazer e vegetação com corpos d’água, como rios e lagoas, e os jardins de chuva, que facilitam o manejo das águas pluviais, promovendo a biodiversidade e melhorando a qualidade ambiental. Essas soluções ressaltam o papel transformador da infraestrutura verde-azul, contribuindo para o desenvolvimento de cidades mais resilientes e ambientalmente equilibradas (Muller; Werner, 2010).

A infraestrutura verde tem sido estudada há mais de 150 anos, desde os primeiros ambientalistas até os estudos mais recentes em biologia da conservação e ecologia da paisagem, os quais contribuíram significativamente para a compreensão do tema. Benedict e McMahon (2006) definem a infraestrutura verde como uma rede conectada de áreas naturais e espaços abertos que preservam os ecossistemas, beneficiando a biodiversidade e as pessoas. Desse modo, o emprego de conhecimentos técnico-científicos e de tecnologias digitais avançadas torna as cidades mais resilientes aos efeitos das mudanças climáticas (Ahern, 2009).

As SbN utilizam princípios naturais para alcançar objetivos físicos, ambientais, sociais e econômicos. Introduzidas pela União Europeia, elas replicam processos encontrados na natureza em soluções de engenharia para promover um ambiente urbano mais sustentável. A busca por inovação e crescimento econômico ocorrida durante a crise europeia de 2008-2010 resultou em uma compreensão mais ampla dos benefícios das SbN, consideradas estratégias eficazes para gerenciar e restaurar ecossistemas

naturais, de forma a enfrentar os desafios sociais. Com a chegada da pandemia de COVID-19 e os eventos climáticos extremos que afetaram o Rio Grande do Sul em 2023, as SbN ganharam ainda mais relevância, levando a sociedade a valorizar cada vez mais a conexão com a natureza. Tal valorização reflete uma mudança de paradigma, onde o reconhecimento dos serviços ecossistêmicos se torna essencial para promover não apenas o bem-estar humano, mas também a resiliência ambiental em face de crises futuras.

Práticas sustentáveis baseadas em ecossistemas saudáveis buscam substituir intervenções humanas artificiais. As SbN reconhecem qualidades funcionais dos processos naturais que frequentemente apresentam custos inferiores aos das infraestruturas tradicionais, tornando-se alternativas atrativas para a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável (Cabral, 2018).

O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (WWDR, 2018) enfatiza a importância das SbN para a gestão hídrica e o desenvolvimento de cidades resilientes. Práticas como jardins de chuva, biovaletas e zonas úmidas são destacadas por sua capacidade de promover a infiltração da água no solo, contribuindo significativamente para a recarga dos lençóis freáticos. Essas abordagens inovadoras permitem que a água proveniente de superfícies impermeáveis, como telhados, ruas e calçadas, seja absorvida pelo solo e pela vegetação. Além disso, facilitam o escoamento eficiente nas redes de drenagem, mitigando os riscos de inundações e melhorando a qualidade da água nas áreas urbanas.

Os jardins de chuva são os sistemas de biorretenção mais reconhecidos, pois removem áreas impermeáveis e redirecionam as águas pluviais para suas estruturas. Essa abordagem contribui significativamente para o gerenciamento das águas da chuva em ambientes urbanos. Do mesmo modo, os jardins de chuva oferecem uma série de benefícios, incluindo vantagens ambientais, ecológicas, paisagísticas e econômicas (Dietz; Clausen, 2006; Aravena; Dussaillant, 2009).

Esses sistemas podem absorver até 30% mais água da chuva do que os canteiros tradicionais, o que possibilita o cultivo de uma variedade de plantas perenes. Atraem, também, insetos polinizadores e pássaros, contribuindo para o aumento da biodiversidade. Podem, ainda, ser integrados a outras soluções, como valas com vegetação rasteira, lagoas de infiltração e telhados verdes. Uma das vantagens adicionais é que exigem pouca manutenção, desde que as plantas sejam escolhidas adequadamente.

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro enfrenta desafios urbanos graves, como a ocupação desordenada em áreas de risco, incluindo encostas, topos de morros e baixadas. Eventos extremos e chuvas torrenciais causam deslizamentos, enchentes e poluição, resultando em perdas econômicas, sociais e ambientais. Mesmo as chuvas mais frequentes e de menor intensidade, quando ocorrem de forma constante, causam alagamentos devido à urbanização e infraestrutura inadequadas.

A capital carioca enfrenta enchentes frequentes, mesmo com os altos investimentos realizados, a rede de drenagem ainda é insuficiente para atender ao crescimento urbano. Modernizar o sistema pluvial com uma estratégia integrada de infraestrutura verde pode reduzir as inundações urbanas e trazer benefícios adicionais com a expansão das áreas verdes. A flexibilidade das SbN permite adaptá-las às necessidades específicas de cada local, promovendo um desenho urbano mais harmonioso e resiliente.

2. Jardins de chuva transformando o Rio de Janeiro

Em 2019, a Fundação Progresso, um centro cultural no bairro da Lapa, realizou a primeira iniciativa de construção de um jardim de chuva na cidade (Figura 1). O projeto, inteiramente financiado pela iniciativa privada, contou com o apoio de diversos profissionais especializados em SbN. O objetivo principal foi ocupar uma área livre para absorver o excesso de água das chuvas e prevenir alagamentos. Além disso, o jardim trouxe melhorias urbanas, paisagísticas e mais conforto ambiental à área. De acordo com Alice Worcman, agricultora urbana responsável pelo plantio e escolha das espécies de plantas, o principal

objetivo de criar um jardim naquele local é promover a infiltração da água, uma vez que os primeiros dez minutos de uma chuva forte são suficientes para saturar a capacidade de escoamento da área.

Figura 1 - Jardim de chuva da Fundação Progresso, implementado em 2019



Fonte: Fabiana Carvalho.

No ano de 2024, a Prefeitura do Rio de Janeiro, por meio da Fundação Rio-Águas, está recuperando as margens do Canal da Avenida Visconde de Albuquerque, no Leblon (Figura 2). As cinco travessias do curso d'água estão sendo requalificadas e novas jardineiras construídas para facilitar a infiltração da água da chuva e mitigar inundações. Instaladas em partes das calçadas entre a Avenida Bartolomeu Mitre e a Praça Sibelius, as jardineiras ampliam a área permeável e auxiliam na condução da água da chuva à rede de drenagem sob a calçada. Espécies de flores de sombra, como lírios-da-paz (*Spathiphyllum wallisii*) e camarões amarelos (*Pachystachys lutea*), foram escolhidas para as áreas verdes. Desde o início do plantio, um problema enfrentado tem sido o roubo das mudas de flores. Esta iniciativa pontual exige manutenção contínua e deve ser testada, aprimorada e implantada em outros pontos da cidade para ganhar escala e obter resultados mais expressivos.

Figura 2 - Projeção de como ficarão as margens da Avenida Visconde de Albuquerque



Fonte: PCRJ/ Fundação Rio Águas.

A infraestrutura verde protege a biodiversidade ao fomentar padrões de ocupação harmoniosos com o meio ambiente (Benedict; McMahon, 2006), agregando qualidade ambiental com um design paisagístico funcional.

Dentro deste contexto, este estudo analisa os avanços do Rio de Janeiro na implementação de infraestrutura verde, especificamente jardins de chuva, (canteiros drenantes) como uma medida para enfrentar desafios urbanos e promover uma cidade mais resiliente. A intervenção do jardim de chuva construído em Copacabana é analisada neste artigo sob os seguintes aspectos: a eficácia na gestão das águas pluviais, a recuperação de áreas públicas e a relação da comunidade local com a intervenção.

3. Aspectos legais

O Rio de Janeiro, que sediou eventos internacionais como a ECO-92 e a Rio+20, além do encontro do G20 em 2024, possui uma extensa costa marítima e uma das maiores florestas urbanas do mundo, o que lhe confere a responsabilidade de cuidar e preservar seu patrimônio ecológico. Intervenções humanas modificaram a estrutura do sítio natural onde a cidade foi instalada, transformando-o em uma paisagem complexa, onde diferentes camadas culturais, sociais e econômicas foram sobrepostas ao longo do tempo (Grangeiro, 2021). A paisagem cultural carioca, chancelada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) como patrimônio da humanidade desde 2012, é reconhecida pelo seu potencial para soluções criativas e ousadas de engenharia, que incluem construção de túneis, aterros, desmontes, reconstruções paisagísticas, algumas delas expressando grande interação e fusão com a sua natureza exuberante.

Desde 2001, o Brasil conta com o marco legal do Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), que estabelece a obrigatoriedade de planos diretores para municípios com mais de 20 mil habitantes (Brasília, 2021). Essa lei regula o uso da propriedade urbana para promover o bem coletivo, a segurança, o bem-estar e o equilíbrio ambiental, especialmente em regiões metropolitanas, áreas de interesse turístico ou zonas de influência de empreendimentos com impacto ambiental, incluindo a necessidade de planejamento urbano resiliente.

Neste contexto, em 2015, a "Estratégia de Adaptação às Mudanças Climáticas da Cidade do Rio de Janeiro" (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2015) foi elaborada para reduzir a exposição e a sensibilidade aos riscos climáticos, fortalecendo a capacidade institucional e das pessoas para enfrentá-los. Entre as ações, destacou-se a promoção de espaços verdes multifuncionais com estratégias de infraestrutura verde e desenho sensível à água, visando aumentar a resiliência urbana.

O Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro (PDS) foi instituído pelo Decreto Municipal nº 48.940, de 4 de junho de 2021 (Rio Prefeitura, 2020). Este plano tem como objetivo orientar as políticas municipais alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), estabelecendo diretrizes para o desenvolvimento sustentável e ações climáticas na cidade. Apesar de suas premissas de planejamento integrado abrangente, o PDS não oferece ações concretas e urgentes para lidar com inundações e ondas de calor extremo.

Em 2024, após um grande processo participativo, o Plano Diretor da Cidade do Rio de Janeiro, através da Lei Complementar nº 270/2024 (Rio de Janeiro, 2024), definiu diretrizes para a política urbana carioca para os próximos dez anos, enfatizando a proteção do meio ambiente e do patrimônio cultural e estimulando o desenvolvimento das centralidades. Estas diretrizes visam tornar o Rio de Janeiro uma cidade mais equilibrada, viável e inclusiva. Na sua versão final, no entanto, a aprovação de estímulos ao aumento da densidade em áreas com infraestrutura precária pode agravar as vulnerabilidades ambientais e sociais, assim como comprometer a mobilidade, exigindo investimentos preventivos.

O Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU), instituído pelo Decreto nº 42.685/2016 (Rio de Janeiro, 2016) visa planejar, monitorar e expandir a arborização urbana, integrando a vegetação do bioma Mata Atlântica ao ambiente construído e promovendo a conectividade das áreas verdes. Nesse contexto, a arborização pública é vista como estruturadora da malha verde municipal, e o PDAU busca maximizar os seus benefícios socioambientais, melhorando a qualidade de vida e fomentando a sustentabilidade ambiental.

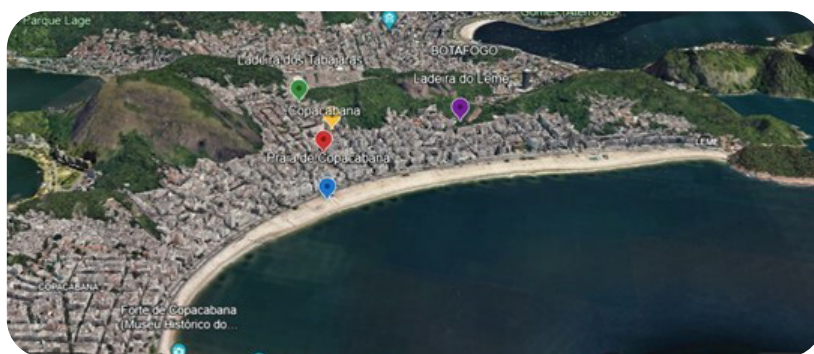
Para promover uma cidade mais resiliente, tanto o PDS quanto o PDAU, que fornecem diretrizes, devem ser seguidos e acompanhados de ações tangíveis e eficazes. A combinação de planejamento estratégico, infraestrutura verde e participação social é promissora, mas a implementação robusta e a gestão adequada são fundamentais para enfrentar os desafios climáticos e garantir a sustentabilidade urbana no Rio de Janeiro.

4. Métodos

4.1 Área de estudo: Rua Almirante Gonçalves em frente ao número 56, em Copacabana

Um passeio pela Praia de Copacabana (Figura 3) revela uma paisagem cultural urbana excepcional. Originalmente, a praia compreendia dunas e vegetação de restinga entre o mar e morros em formato de anfiteatro (Mota, 2017). Em poucas décadas, Copacabana tornou-se um fenômeno urbanístico singular e um dos bairros mais emblemáticos do Rio de Janeiro.

Figura 3 - Situação da Rua Almirante Gonçalves próxima à descida do Morro do Pavão



Obs.: Por sua localização, a Rua Almirante Gonçalves naturalmente recebe as águas que escoam do Morro do Pavão.

Fonte: PCRJ IPP DATARIO.

No início do processo de urbanização, Copacabana era uma área pouco habitada, caracterizada por extensas áreas arenosas e vegetação nativa. A ligação desse recanto quase isolado, cercado por uma muralha rochosa em forma de anfiteatro, se dava por caminhos abertos através do relevo acidentado que cerca o bairro. Os túneis perfurados sob a Ladeira dos Tabajaras (Túnel Velho) e a Ladeira do Leme (Túnel Novo) foram essenciais para o crescimento urbano de Copacabana.

A partir das primeiras décadas do século XX, a urbanização acelerada transformou radicalmente a paisagem local, fruto de uma intensa expansão imobiliária. A praia de Copacabana foi marcada pela construção de casas e mansões ao longo da Avenida Atlântica. Esses imóveis foram rapidamente substituídos por uma densa linha de prédios altos, construídos próximos uns dos outros. A verticalização das construções na orla alterou a dinâmica dos ventos locais e obstruiu a vista panorâmica do anfiteatro de morros que antes emoldurava a paisagem da praia (Grangeiro, 2021). Além disso, as ressacas marítimas frequentes invadiam a Avenida Atlântica e os edifícios à beira-mar, causando danos e inundações recorrentes.

Simultaneamente, surgiam favelas nos morros, resultando na fragmentação dos ecossistemas e aumentando significativamente a vulnerabilidade climática da região. O crescimento urbano comprometeu a drenagem natural devido à pavimentação das áreas arenosas. Ademais, a impermeabilização do solo nas partes mais baixas, onde a água da chuva se acumulava em bolsões antes de chegar ao mar, agravou as inundações, que se somam às constantes e devastadoras ressacas.

Entre 1970 e 1971, foi realizada uma significativa intervenção de engordamento na praia e na Avenida Atlântica, com o objetivo de diminuir os crescentes problemas decorrentes da intensa urbanização que desrespeitou os limites impostos pela natureza. Os resultados dessa intervenção foram amplamente positivos, demonstrando a capacidade da cidade de recriar sua paisagem cultural, em algumas ocasiões com notável maestria, sendo reconhecida como patrimônio cultural mundial.

Atualmente, com 128.919 habitantes, Copacabana é o bairro mais populoso da Zona Sul do Rio de Janeiro (IBGE, 2022). Com edifícios quase centenários e um terço da população composta por idosos, o bairro enfrenta desafios enormes para gestão de sua paisagem cultural.

4.2 Contexto para implantação do projeto

A cidade, em sua essência, é um campo de disputas e negociações, e Copacabana, como lugar emblemático do Rio de Janeiro, com toda a complexidade da sociedade carioca, abriga uma ampla gama de grupos sociais, somada ainda a uma quantidade muito grande de turistas do mundo todo, em uma contrastante diversidade cultural.

A convivência entre esses grupos resulta em uma série de problemas diários. A Rua Almirante Gonçalves, localizada próxima à base do Morro do Pavão, enfrenta desafios significativos relacionados a alagamentos, além de queixas sobre ruídos e desarmonia entre os moradores. Essas questões motivaram a proposta de uma intervenção mais abrangente para otimizar o uso do espaço público. Assim, foi estabelecida uma parceria entre o poder público e a comunidade local para atender aos apelos dos residentes pela reabertura da rua ao tráfego de veículos.

A via, transformada em uma pequena praça em 1996 como parte do Projeto Rio Cidade Copacabana, passou a gerar insatisfação entre os moradores com o aumento da ocupação pela população de rua, o intenso barulho, inundações e o bloqueio do acesso de veículos de serviços essenciais. Para resolver esses problemas, foi implementada uma solução que incluiu a reabertura da rua, como uma via de serviços de 4,5 m de largura para facilitar o acesso de ambulâncias, veículos de polícia, bombeiros e caminhões de lixo (Figura 4). Embora a decisão tenha encontrado muita resistência inicial por parte dos frequentadores dos bares locais, que utilizavam a praça como ponto de encontro, a solução foi aceita pela comunidade.

Figura 4 - Reabertura da praça na Rua Almirante Gonçalves, como uma via de serviços de 4,5 m de largura



Fonte: SMU e CET-RIO.

A intervenção visava não apenas resolver os problemas identificados, mas também qualificar o espaço público, tornando-o mais seguro e funcional. Com a instalação de novos elementos urbanos para otimizar as áreas remanescentes do calçamento, surgiu uma oportunidade para a implementação piloto de um jardim de chuva, que poderia ser adotado pelo Condomínio Muiracoatiara. Esse foi um ponto de conciliação, trazido pela Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU | Coordenadoria Projetos Urbanos), com a intenção de desenvolver o projeto de forma a evitar mais atritos na comunidade.

A iniciativa para a construção do jardim de chuva agradou e contou com a participação ativa dos moradores e de profissionais interessados na aplicação de conceitos de SbN. Por ser pioneiro em uma área pública da cidade, o projeto enfrentava riscos adicionais, como vandalismo, presença de animais e furtos, o que tornava a experiência significativamente mais desafiadora do que a construção em áreas privadas.

Técnicos envolvidos na construção do jardim de chuva, provenientes da experiência realizada na Fundação Progresso, contribuíram com sua expertise, enquanto a Secretaria de Meio Ambiente (SMAC) da prefeitura ofereceu apoio e sugestões para o paisagismo. Um engenheiro ambientalista especializado em drenagem urbana, voluntário, propôs a instalação de um tubo perfurado no fundo da construção para direcionar o excesso de água não absorvida pelo solo à rede pluvial, garantindo a integração eficiente com o sistema de drenagem existente.

Durante a pandemia de COVID-19, a Secretaria de Conservação (SECONSERVA) enfrentou desafios relacionados à escassez de materiais e de recursos humanos. Mesmo assim foi realizada a escavação do canteiro, o recolhimento de materiais e a execução de acabamentos essenciais, como o revestimento em pedras portuguesas no piso ao redor do canteiro. A realização deste projeto foi uma verdadeira ação colaborativa, envolvendo técnicos da Prefeitura do Rio, coordenados pela Subprefeitura da Zona Sul, além do apoio de voluntários e da participação ativa da comunidade local.

4.3 Descrição do Projeto Piloto

A seguir, são descritas as relações das etapas de construção do Projeto Piloto do Jardim de Chuva da Rua Almirante Gonçalves, em Copacabana, com as respectivas ações realizadas conforme mostra a Figura 5:

1. Escavação do terreno: a primeira etapa consistiu na escavação do terreno até uma profundidade de 1 m, respeitando as dimensões de 6 m de comprimento e 3 m de largura. Foi necessário redirecionar uma tubulação de alimentação hidráulica encontrada nesse subsolo. Na análise da composição do subsolo, a alta permeabilidade do solo arenoso de Copacabana favoreceu a infiltração da água sem a necessidade de reforços adicionais para drenagem.
2. Modelagem do espaço e preparação da base: após a escavação, o fundo foi nivelado e compactado para garantir uma superfície estável e uniforme, essencial para suportar as camadas filtrantes. Além disso, estruturas de contenção em alvenaria de tijolos de concreto foram instaladas nas bordas do espaço para evitar desmoronamentos, garantir a estabilidade do sistema de drenagem e impedir a infiltração lateral.
3. Instalação das camadas filtrantes e intercaladas: foram instaladas três camadas filtrantes, cada uma com espessura de 30 cm. A primeira camada, composta por pedras de mão, criou uma base sólida, permitindo o escoamento da água. A segunda camada, feita de brita nº 2, atuou como meio de filtração secundário, enquanto a terceira camada, composta por terra de boa qualidade, proporcionou filtragem fina e preparou o solo para o plantio. Para aumentar a eficiência do sistema, filtros duplos de sombrite 50% foram intercalados entre as camadas, estabilizando-as e promovendo a infiltração gradual da água.

4. Cobertura com substrato e materiais adicionais: após a instalação das camadas filtrantes, foi realizada a cobertura com substrato leve, que facilita a absorção de água e fornece nutrientes para o desenvolvimento das plantas. Além disso, quatro canaletas extravasadoras foram instaladas para permitir a conexão com a rua, absorvendo ou desviando o excesso de água durante chuvas intensas. As canaletas foram protegidas com grelhas de madeira plástica, que garantem maior resistência e protegem o sistema contra furtos e danos.
5. Plantio da vegetação: em seguida, realizou-se o plantio de espécies vegetais adequadas ao clima local e ao ambiente urbano de Copacabana. Essas plantas desempenham um papel fundamental reduzindo a erosão, colaborando na promoção da filtragem e infiltração da água, complementando o sistema de drenagem.
6. Monitoramento contínuo: a última etapa do processo envolve o compromisso contínuo de cuidados e conservação do jardim de chuva por parte do Condomínio Muiracoatiara, localizado na Rua Almirante Gonçalves, nº 56, formalizado através de um processo de adoção junto à Fundação Parques e Jardins (FPJ), que é responsável pelo apoio técnico e monitoramento.

Uma parceria da FPJ com uma universidade privada foi estabelecida em 2021 e envolveu a instalação de sensores e equipamentos como infiltrômetros para monitorar a absorção e o escoamento da água. Esses dispositivos permitem a coleta de dados contínuos sobre o volume de água infiltrada e a eficiência do sistema. No entanto, a parceria foi interrompida antes que fossem coletados dados quantitativos que pudessem ilustrar essa investigação.

Figura 5 - Passo a passo da construção do Projeto Piloto do jardim de chuva da Rua Almirante Gonçalves



Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro.

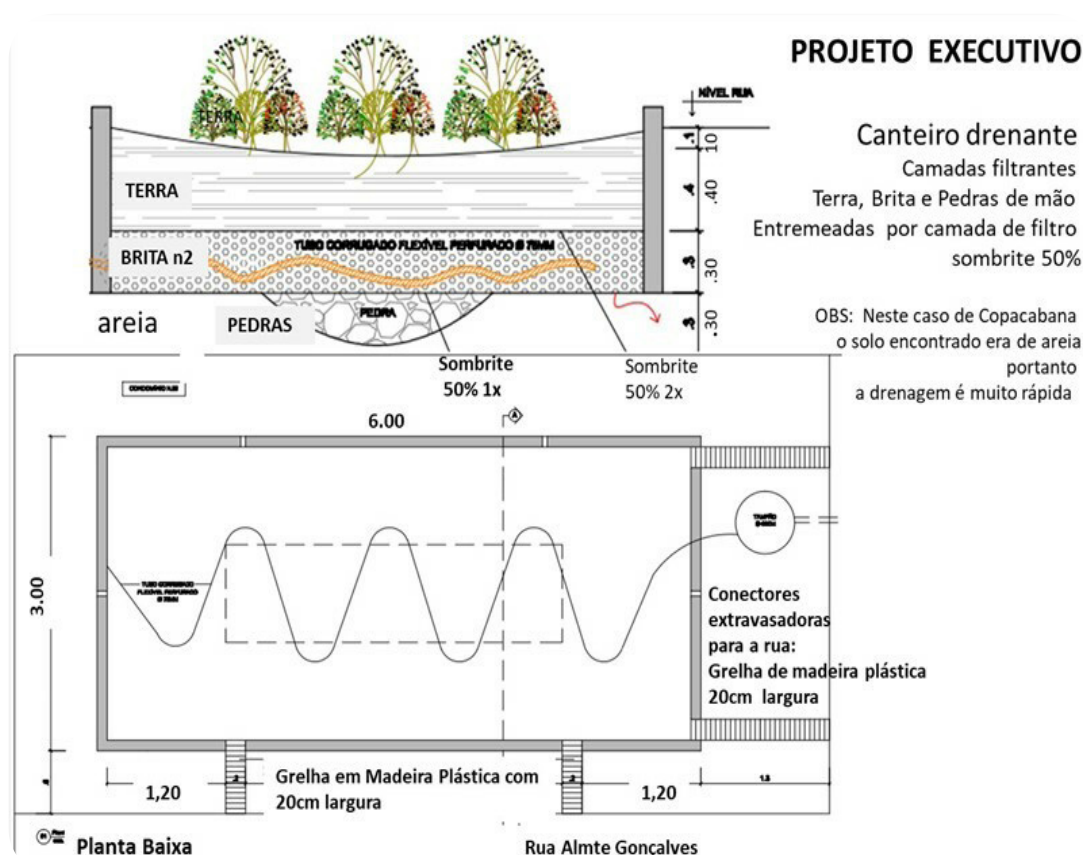
Quase cinco anos após a implementação do Projeto Piloto do Jardim de Chuva da Rua Almirante Gonçalves, o sistema tem enfrentado diversos desafios que impactaram sua continuidade e eficiência. Em 2021, o canteiro ficou inundado por uma tubulação que se rompeu no subsolo, exigindo uma ação urgente realizada pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE). Além de acidentes, o jardim de chuva está sempre sujeito a intervenções externas e mau uso, como a invasão de cães. Um episódio recente, relatado por uma das adotantes, foi a infestação de ratos na rua, a qual prejudicou a conservação do espaço e afetou a saúde das plantas. A Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) foi acionada para realizar a limpeza e controlar a presença dos roedores, mitigando o problema.

A manutenção regular realizada pelos adotantes do jardim no condomínio tem se mostrado insuficiente para garantir sua qualidade a longo prazo. A preservação adequada exige uma colaboração estreita com o poder público, considerando os custos envolvidos, que são de R\$ 400,00 mensais para os serviços do jardineiro e R\$ 4.900,00 para a reconstrução dos cinco canteiros. No entanto, o monitoramento qualitativo realizado em campo comprova a eficácia do jardim de chuva, evidenciando sua capacidade de infiltrar rapidamente a água, sem a formação de poças ou alagamentos durante chuvas fortes.

4.3.1 Projeto, desenho técnico, corte e planta baixa

O projeto executivo com corte e planta baixa, apresentado na Figura 6, desenvolvido pelos técnicos envolvidos no processo de construção desse Piloto, foi incluído na publicação *Livreto Calçadas Cariocas* (Rio de Janeiro, 2019), que sintetiza os parâmetros para as calçadas cariocas, no site da Prefeitura do Rio de Janeiro.

Figura 6 - Projeto executivo Piloto Jardim de Chuva, localizado na Rua Almirante Gonçalves



Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro.

O jardim de chuva, criado em Copacabana para combater alagamentos, levou em consideração seu dimensionamento, os níveis de precipitação local, a topografia específica do terreno e os padrões de escoamento da água na área, como pode ser visto no Quadro 1 e nos Gráficos 1, 2 e 3, durante o período de 2017 a 2019, ano de implantação do projeto.

O Gráfico 3 apresenta um gráfico comparativo que ilustra a variação dos fluxos estimados de escoamento superficial mensal em diferentes tipos de solo: permeáveis, como áreas naturais e jardins de chuva, e impermeáveis, como superfícies urbanizadas de concreto. Os dados utilizados para essa análise são oriundos das precipitações mensais médias registradas entre 2017 e 2019 em Copacabana, conforme relatórios anuais da Fundação Geo-Rio.

A análise revela uma clara relação entre a permeabilidade do solo e o comportamento do escoamento superficial, evidenciando a eficácia das SbN na mitigação dos impactos hídricos. Essa abordagem não apenas destaca a importância de técnicas como os jardins de chuva na gestão das águas pluviais urbanas, mas também enfatiza a necessidade de integrar práticas sustentáveis no planejamento urbano para melhorar a infiltração e reduzir o escoamento superficial.

Os fluxos em solos permeáveis caracterizados por maior infiltração da água da chuva são representados por linhas sólidas: azul para 2017, laranja para 2018 e verde para 2019. Em contraste, os fluxos em solos impermeáveis, onde a infiltração é mínima e o escoamento superficial é maximizado, são representados por linhas em tons claros: azul claro para 2017, amarelo para 2018 e verde claro para 2019 (Apolinario, 2017).

A análise mensal revela que, meses de chuva moderada (janeiro a março), mostram diferenças graduais entre os fluxos de solos permeáveis e impermeáveis, meses de estiagem (junho e julho) apresentam fluxos reduzidos em ambos os casos, embora os valores sejam mais controlados nos solos permeáveis, e meses de chuva intensa (novembro e dezembro) destacam uma diferença significativa, com os solos impermeáveis exibindo fluxos muito mais elevados devido à baixa capacidade de infiltração, como observado em dezembro de 2019 (Apolinario, 2017).

O ano de 2019 registrou os maiores índices de precipitação média mensal, totalizando 134,6 mm no acumulado anual (Quadro 1 e Gráfico 1) segundo a Fundação Geo-Rio. Durante este período, os fluxos estimados em solos impermeáveis atingiram picos até quatro vezes superiores aos de solos permeáveis, evidenciando o risco de alagamentos em áreas urbanizadas (Apolinario, 2017).

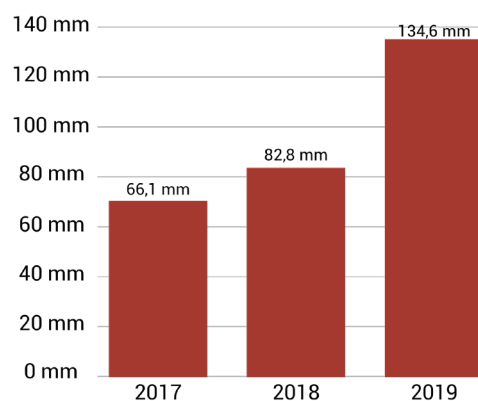
A análise reforça a importância da adoção de SbN, como jardins de chuva, na gestão das águas pluviais. Essas soluções promovem a penetração, minimizam alagamentos e melhoram a qualidade da água, como destacado nos relatórios anuais. O jardim retém umidade, favorecendo a saúde das plantas e a qualidade ambiental.

Quadro 1 – Dados pluviométricos do Sistema AlertaRio das médias mensais de 2017 a 2019, em Copacabana

Mês	2017 (mm)	2018 (mm)	2019 (mm)
Janeiro	50.8	108.6	45.8
Fevereiro	5.8	156.6	273.6
Março	165.2	123.2	342.2
Abril	155.4	54.6	351.0
Maio	23.8	18.4	111.2
Junho	125.2	58.0	58.2
Julho	21.0	25.0	40.4
Agosto	43.0	73.8	74.0
Setembro	7.8	39.0	85.6
Outubro	53.2	73.0	54.8
Novembro	65.0	187.2	108.4
Dezembro	75.6	76.0	73.0

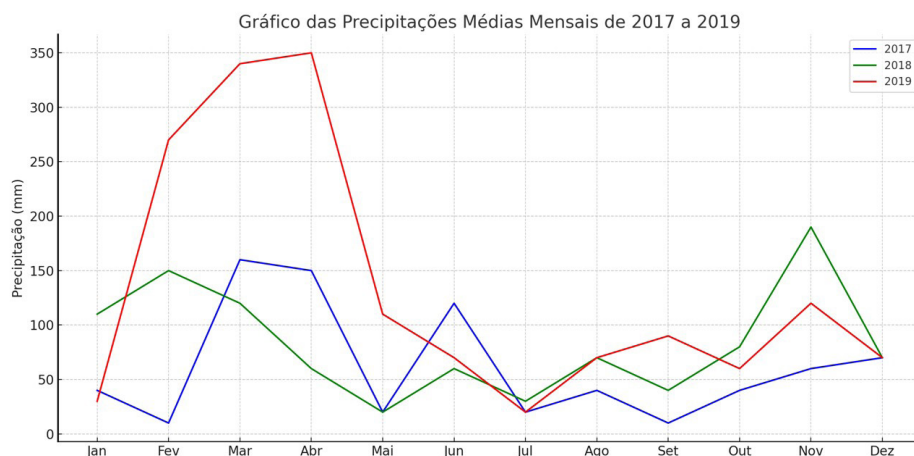
Fonte: Sistema Alerta Rio e Fundação Geo-Rio.

Gráfico 1 - Dados pluviométricos do Sistema AlertaRio sobre a precipitação anual acumulada (mm): 2017, 2018 e 2019, em Copacabana



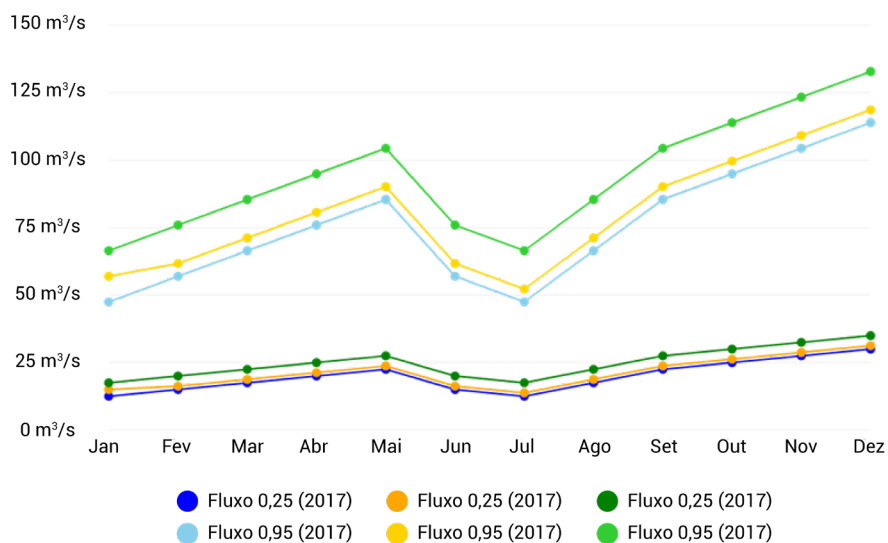
Fonte: Adaptado pela autora de Sistema Alerta Rio e Fundação Geo-Rio.

Gráfico 2 - Valores de precipitação (em mm) das médias mensais em Copacabana no período entre 2017 e 2019



Fonte: Adaptado pela autora de Fundação Geo-Rio.

Gráfico 3 - Valores médios mensais de precipitação (em mm) de 2017 a 2019



(A) Fluxo estimado em solos permeáveis; (B) Fluxo estimado em solos impermeáveis; (C) Média comparativa ao longo do mesmo período. A separação por eixos evidencia como a precipitação mensal (eixo X) impacta diretamente os fluxos de escoamento (eixo Y) em diferentes superfícies.

Fonte: Adaptado pela autora de Fundação Geo-Rio.

4.3.2 Implementação do projeto

O condomínio do prédio Muiracoatiara, localizado em frente ao jardim de chuva, assumiu a responsabilidade pela gestão do espaço em parceria com a FPJ. A gestão abrange a manutenção contínua do sistema, incluindo as atividades de rega, plantio, replantio e limpeza do canteiro.

A escolha de espécies nativas para um jardim de chuva é fundamental, pois essas plantas são mais resilientes e adaptadas às condições climáticas locais, incluindo variações na pluviometria, como períodos de seca e inundação. Além disso, as espécies nativas são mais eficazes no controle de pragas e ervas daninhas.

A seleção das plantas deve levar em conta a profundidade e a composição do substrato do jardim, priorizando arbustos com raízes bem desenvolvidas. Essas raízes são capazes de reter o excesso de água e prevenir a erosão (Figura 7).

Além das considerações paisagísticas, as plantas devem atuar como filtros naturais, removendo poluentes orgânicos, sedimentos e outras substâncias da água.

Os moradores responsáveis pela manutenção do jardim solicitaram o aumento da densidade de plantio e a inclusão de mais flores. O paisagismo inicial incluiu plantas nativas, como a pitangueira (*Eugenia uniflora*) e a bapuana (*Eugenia copacabananensis*). Com o tempo, outras espécies, como a coroa de Cristo (*Euphorbia milii*) foram incorporadas para aumentar a resiliência do jardim, pois a diversidade de plantas pode melhorar o desempenho do sistema ao longo do ano e atrair uma variedade de polinizadores.

Em 2020, os custos de construção do canteiro, que foram parcialmente cobertos pelos moradores, incluindo materiais como tijolos, sombrite, brita, pedras, tampas de canaletas em madeira plástica, terra e mão de obra, foram estimados em aproximadamente R\$ 700,00/m².

Embora tenha havido a necessidade de replantio de mudas com o apoio da prefeitura mais de uma vez nos últimos anos, o sistema continua eficiente, sem alagamentos na área. Adotou-se recentemente a instalação de cerca nas golas das árvores visando proteger o paisagismo dos canteiros, evidenciando dificuldades na manutenção.

5. Resultados

A pesquisa, realizada por meio de uma análise qualitativa da intervenção urbana na Rua Almirante Gonçalves, focou na implantação de um jardim de chuva piloto, com o objetivo de avaliar sua eficiência e identificar falhas no processo. Isso foi feito através de observações empíricas realizadas por agentes envolvidos na construção e manutenção do projeto.

O jardim de chuva mostrou-se eficaz na retenção e infiltração das águas pluviais. Essa abordagem favoreceu uma infiltração mais gradual da água no solo, aliviando a pressão sobre os sistemas de drenagem convencionais. Além disso, por ser uma solução de baixo custo e fácil implementação, foi especialmente eficiente na região devido ao solo arenoso, que permite uma boa absorção das águas pluviais.

Figura 7 - Gola de árvore foi ampliada, evitando que as raízes quebrassem a calçada



Obs.: fotos correspondentes aos anos de 2019, 2020 e 2024.

Fonte: Claudia Grangeiro.

A intervenção urbana atuou na fluidez do acesso de veículos para serviços essenciais, como ambulâncias e bombeiros, como havia sido solicitado especialmente pelos idosos da região. Ela não apenas elevou a atratividade paisagística da área, mas também incentivou os comerciantes locais a ampliarem as áreas verdes, resultando na expansão de canteiros e jardins ao longo da via (Figura 7).

O envolvimento ativo dos residentes na manutenção do jardim de chuva destacou a potencialidade que as SbN têm em agregar a participação comunitária e a responsabilidade coletiva na preservação e valorização do espaço público. A resolução do conflito com os frequentadores de bares ocorreu quando a prefeitura oficializou o ponto de encontro revitalizado, agora denominado "Largo do Alfredinho", em homenagem ao proprietário falecido do bar Bip Bip (Figura 8).

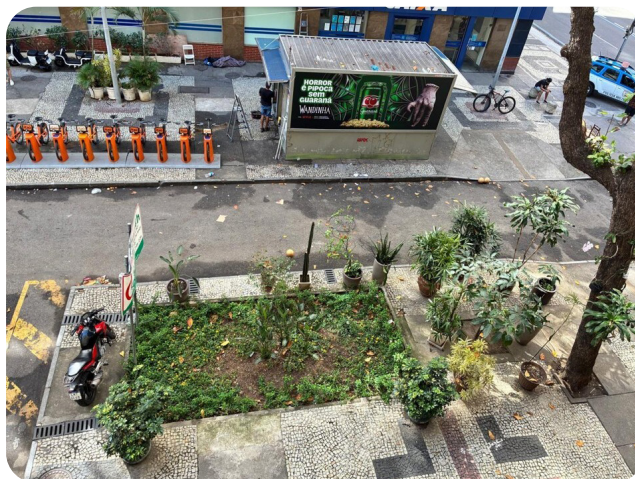
Figura 8 - Jardim de chuva visto da Rua Almt. Gonçalves



Fonte: Claudia Grangeiro.

A instalação de uma estação de aluguel de bicicletas – Bike Rio (Figura 9) –, na calçada oposta ao jardim de chuva, favoreceu a mobilidade ativa contribuindo para a funcionalidade e vitalidade da área, com mais movimento de pedestres e ciclistas no espaço público, em diversos horários do dia. A relocação da banca de jornal, adaptada para melhor visibilidade e interação com clientes, também promoveu uma utilização mais abrangente do local.

Figura 9 - Estação de aluguel de bicicletas no calçadão em frente ao jardim de chuvas



Fonte: Sandra Curty Faria.

A instalação de câmeras de segurança pelo condomínio, a presença da estação de bicicletas e o uso adaptado das calçadas por bares e restaurantes aumentaram a circulação de pedestres, promovendo um ambiente urbano mais seguro.

6. Discussão

A intervenção na Rua Almirante Gonçalves, em Copacabana, ilustra a aplicação prática de SbN em ambientes urbanos, oferecendo uma alternativa viável às práticas urbanas convencionais. Este projeto não apenas abordou eficazmente problemas de drenagem, eliminando as enchentes que afetavam as garagens dos edifícios, como também contribuiu para a revitalização paisagística e funcional da rua, melhorando sua segurança e atratividade.

A implantação de mais canteiros ajardinados e a instalação de uma estação de aluguel de bicicletas exemplificam como intervenções relativamente simples podem ter impactos positivos significativos na convivência urbana e na atratividade comercial. A satisfação dos moradores e comerciantes que resultou na nomeação do espaço como “Largo do Alfredinho” evidencia a aceitação positiva e a transformação na percepção deste local.

O envolvimento da comunidade na manutenção do jardim e o apoio financeiro e laborativo local evidenciam a eficácia das SbN em promover cidadania ativa e responsabilidade coletiva. A colaboração entre a comunidade e o poder público estabeleceu um modelo de engajamento inicialmente bem-sucedido, demonstrando que a integração de esforços pode gerar benefícios mútuos. A intervenção não só melhorou a mobilidade e o conforto ambiental, mas também mostrou a capacidade das SbN em atender a múltiplos objetivos urbanos simultaneamente.

Uma comunicação efetiva é fundamental para garantir maior adesão e conscientização entre o público e os parceiros do projeto. A manutenção do canteiro revelou desafios adicionais, como o uso das valetas extravasadoras por indivíduos em situação de rua para armazenar pertences. A ausência de uma placa informativa, projetada, mas não implantada, sublinha a necessidade de um planejamento e implementação de estratégias de comunicação. Considerando que o conhecimento e a compreensão da pro-

posta podem atuar como medida adicional para proteger e conservar o espaço verde. O condomínio incluiu uma vegetação espinhosa, a "Coroa de Cristo", ao redor do canteiro. Foi uma solução adotada para minimizar o uso inadequado do canteiro.

Em síntese, a intervenção na Rua Almirante Gonçalves demonstra como as infraestruturas verdes, implementadas por ações pontuais do setor público em resposta à demanda local, podem mitigar os impactos da urbanização e restaurar funções naturais, promovendo maior integração entre o ambiente urbano e seus habitantes. A aplicação das SbN envolveu a comunidade e trouxe benefícios na redução de impactos no espaço urbano. No entanto, desafios persistem, exigindo uma colaboração contínua com o poder público para garantir uma gestão eficaz e resultados.

7. Conclusões

O uso das SbN para transformar espaços públicos em ambientes mais permeáveis, vivos e resilientes requer um apoio atento e constante em uma parceria da sociedade civil e do poder público, com projetos de adaptação bem elaborados e objetivos, no intuito de promover uma maior resiliência aos riscos climáticos enfrentados.

A análise do estudo de caso da intervenção na Rua Almirante Gonçalves revelou, por seu caráter pioneiro, uma disposição para o trabalho colaborativo entre técnicos do setor público, profissionais voluntários e a sociedade civil. O engajamento dos moradores, incomodados com os problemas enfrentados, foi significativo. Surpreendentemente, a implantação do jardim de chuva trouxe maior coesão à comunidade, que agora compartilha os desafios relacionados ao uso desta área pública em Copacabana. Adicionalmente, verificou-se a grande potencialidade dessa experiência com eficiência no enfrentamento de alagamentos, rápida infiltração de águas pluviais, melhorias na ambientação e paisagismo, assim como mitigação de conflitos em escala local.

O projeto executivo detalhado como um Piloto de Jardim de Chuva em área de calçada foi incluído em publicações técnicas da prefeitura do Rio oferecendo um modelo já testado para facilitar a implantação de jardins de chuva em outras áreas da cidade. Desde sua publicação no site da Secretaria Municipal de Urbanismo, em 2021, no entanto, poucas iniciativas semelhantes foram implementadas no Rio de Janeiro.

A adoção de uma política pública mais eficaz e imediata, acompanhada de um programa que introduza novas formas de financiamento, é essencial para garantir a manutenção adequada e sustentável de áreas verdes e permeáveis. Além disso, é necessário incentivar os condomínios a adotarem as SbN na gestão de seus serviços. O programa deve assegurar uma gestão eficiente, estabelecendo parcerias para a manutenção contínua e envolvendo a sociedade civil no sucesso das iniciativas.

Investir em intervenções urbanas que utilizem SbN é fundamental para reduzir os impactos das emergências climáticas e preparar a cidade para os grandes desafios climáticos e sociais. A melhoria das condições urbanas, que agreguem mais qualidade de vida, depende do desenvolvimento de políticas públicas abrangentes, que incentivem a expansão de um conjunto integrado de princípios de regeneração ambiental utilizando SbN desde a macro até a microescala de planejamento. Através da adoção de programas com campanhas incentivando a implementação de ações específicas, alinhadas às diretrizes e aos parâmetros estabelecidos nos planos oficiais da cidade do Rio de Janeiro.

Referências

- ABREU, M. A. **A evolução urbana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IPLANRIO: Zahar, 1987.
- AHERN, J. From fail-safe to safe-to-fail: sustainability and resilience in the new urban world. **Landscape and urban Planning**, v. 100, n. 4, p. 341-343, 2011.
- APOLINARIO, D.; DAL-BERTI, W. P.; VANDERLINE, J.; SIQUEIRA, E. R. Drenagem urbana: análise de escoamento superficial em diferentes pavimentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABRH, 2017. p. 1-7.
- BEATLEY, T. Biophilic cities and healthy societies. **Urban Planning**, v. 2, n. 4, p. 1-4, 2017. DOI:10.17645/up.v2i4.1054. Disponível em: <https://www.cogitatiopress.com/urbanplanning/article/view/1054/636>. Acesso em: Acrescentar data de acesso.
- BECK, U. How climate change might save the world. **Development and Society**, v. 43, n. 2, p. 169-80, 2014.
- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Infrastructure: linking landscapes and communities**. Washington: Island Press, 2006.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 jul. 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm#:~:text=Para%20todos%20os%20efeitos%2C%20esta,bem%20como%20do%20equil%C3%ADbrio%20ambiental. Acesso em: 2 fev. 2024.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima**: volume 1: estratégia geral: Portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016. Brasília, DF: MMA, 2016.
- CANADELL, J. G.; MONTEIRO, P. M. S. (coord.). Global carbon and other biogeochemical cycles and feedback. In: MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P. (ed.). **Climate change 2021: the physical science basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. p. 673-815.
- CARDOSO, E. D.; VAZ, L. F.; ALBERNAZ, M. P.; AIZEN, M.; PECHMAN, R. M. **Copacabana**. Rio de Janeiro: João Fortes Engenharia: Index Ed., 1986. p. 19-136. (História dos bairros. Memória urbana).
- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Rio+20. Sobre a Rio+20. Rio de Janeiro, [2012]. Disponível em: http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html#:~:text=Sobre%20a%20Rio%2B20,Brasil%2C%20Rio%20de&text=O%20objetivo%20da%20Confer%C3%AAncia%20foi,de%20temas%20novos%20e%20emergentes. Acesso em: 12 fev. 2024.
- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1., 1992, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Nações Unidas, 1992.
- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA, 15., 2009, Copenhague. **Anais [...]**. Copenhague: Nações Unidas, 2009.
- EMPRESA DE TURISMO DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. **Copacabana**: 1892-1992: subsídios para a sua história. Rio de Janeiro: RIOTUR, 1992.
- FARAH, I. Tramas verde e azul como ferramenta para o desenvolvimento sustentável: o caso de Paris. In: COSTA, L. M. S.; MACHADO, D. B. P. (org.). **Conectividade e resiliência**: estratégias de projeto para metrópole. Rio de Janeiro: UFRJ, PROURB: Rio Books, 2012. p. 85-123.

- FIELD, C. B.; BARROS, V. R. (ed.). **Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- FOLKE, C.; CARPENTER, S. R.; WALKER, Brian; SCHEFFER, M.; CHAPIN, T.; ROCKSTRÖM, J. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. **Ecology and Society**, Wolfville, v. 15, n. 4, p. 1-9, 2010.
- FRANCO, N. M. (coord.). **Estratégia de adaptação às mudanças climáticas da cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2016.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. **Relatórios anuais de chuva**. Rio de Janeiro: GEO-Rio, 2024. Disponível em: <https://georio.prefeitura.rio/publicacoes/>. Acesso em: 24 maio 2024.
- GRANGEIRO, C. S. C. **Praia de Copacabana**: elementos urbanos na construção da paisagem cultural do posto seis. 2021. 146 f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2021.
- HULME, M. Climate change forever: the future of an idea. **Scottish Geographical Journal**, v. 136, n. 1-4, p. 118-22, jan. 2020.
- HULME, M. **Weathered**: cultures of climate. London: Sage Publications, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Londrina. [Rio de Janeiro]: IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/londrina/panorama>. Acesso em: 15 jan. 2024.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Brasil); AGÊNCIA BRASILEIRA DE COOPERAÇÃO. **Cooperação brasileira para o desenvolvimento internacional**: 2014-2016. Brasília, DF: IPEA: ABC, 2018. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8827/1/Coopera%20brasileira%20para%20o%20desenvolvimento%20internacional_levantamento%202014-2016.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.
- INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS. Censo 2022: população e domicílios por bairros (dados preliminares). Rio de Janeiro, [2024]. Disponível em: <https://www.data.rio/search?tags=caracter%25C3%25ADsticcas%2520do%2520territ%25C3%25B3rio>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- LIMA, P. Prefeitura do Rio começa a tirar do papel o Plano Diretor de Arborização Urbana. **Diário do Rio**, 24 fev. 2021. Disponível em: <https://diariodorio.com/prefeitura-do-rio-comeca-a-tirar-do-papel-o-plano-diretor-de-arborizacao-urbana/>. Acesso em: 24 maio 2024.
- MARQUES, T. H. N.; RIZZI D.; FERRAZ, V.; HERZOG, C. P. Soluções baseadas na natureza conceituação, aplicabilidade e complexidade no contexto latino-americano, casos do Brasil e Peru. **Revista LABVERDE**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 12-49, 2021.
- MOTTA, M. **Sobre rochas**: Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, 2017.
- MÜLLER, N.; WERNER, P. Urban biodiversity and the case for implementing the convention on biological diversity in towns and cities. In: MÜLLER, N.; WERNER, P.; KELCEY, J. G. (ed.). **Urban biodiversity and design**. Chichester, UK: Wiley-Blackwell, 2010. p. 1-33.
- MULTIRIO. Do descobrimento às colonizações: o descobrimento. **MultiRio**, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.multirio.rj.gov.br/index.php/historia-do-brasil/rio-de-janeiro/3351-muitos-janeiros>. Acesso em: 20 fev. 2024.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **The United Nations World Water Development Report 2018**: nature-based solutions for water. Paris: UNESCO, 2018. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. Acesso em: 25 set. 2024.

P220N: soluções baseadas na natureza. [S. l.: s. n.], 2017. 1 vídeo (5 min). Publicado pelo canal FGVces - FGV EAESP. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TPd1AzrpZi0><https://www.youtube.com/watch?v=TPd1AzrpZi0>. Acesso em: 13 nov. 2024.

PEARSON, L. J.; NEWTON, P. W.; ROBERTS, P. (ed.). **Resilient sustainable cities**: a future. New York: Routledge, 2014.

PERINI, K.; SABBION, P. **Urban sustainability and river restoration**: green and blue infrastructure. Chichester, UK: Wiley Blackwell, 2017.

REIS, D. S.; TAVARES, J. C.; BRANT, T. Cidades e mudanças climáticas: planejamento urbano e governança local no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO, 16., 2015, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: ANPUR, 2015.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei Complementar nº 270, de 16 de janeiro de 2024. Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui a revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. **Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, ano 37, n. 208, p. 3-57, 18 jan. 2024. Disponível em: <http://leismunicipa.is/12oda>. Acesso em: 14 mar. 2024.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria Municipal de Urbanismo. **Calçadas cariocas**: conceitos, parâmetros e normas. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Urbanismo, 2019. Disponível em: <http://urbecarioca.com.br/manual-e-livreto-caderno-calcadas-cariocas/>. Acesso em: 28 fev. 2024.

SILVA, E. R. A. (coord.). **Agenda 2030**: ODS: metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável. Brasília, DF: IPEA, 2018. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8855/1/Agenda_2030_ods_metas_nac_dos_obj_de_desenv_susten_propos_de_adequa.pdf. Acesso em: 11 mar. 2024.

SOUSA, R. M. A. D. C. **Projeto da paisagem**: contribuição no aumento da resiliência aos riscos climáticos em Copacabana, RJ. 2022. 249 f. Tese (Doutorado em Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2022.

TEIXEIRA, J. L.; FERREIRA, F. **Engenheiro Paula Soares**: antevisão urbana, uma visão humana. Rio de Janeiro: PVDI Design, 1997.

Sobre os autores

Claudia Grangeiro da Silva Castro

Mestre em Arquitetura pelo Programa de Pós-Graduação em Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (PROURB/FAU) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); e especialista em Gerenciamento de Projetos Urbanos. Atualmente é Assessora da Coordenadoria de Projetos Urbanos da Subsecretaria Municipal de Planejamento Urbano (SubPU) da Prefeitura do Rio de Janeiro. Durante quase duas décadas foi Gerente de Mobiliário Urbano e da Paisagem Urbana, do Instituto Pereira Passos (IPP) e da SMU. Durante 4 anos, participou ativamente da preparação da cidade para a Rio 2016 na Diretoria de Projetos da Empresa Olímpica Municipal (EOM).

Inês Mauad Andrade

Bacharel em Biologia. Licenciada em Ciências Físicas e Biológicas. Desde 2016 atua no Programa de Ciência Ambiental Globe, no qual participa de projeto em expansão para a promoção da ciência cidadã e a inclusão científica no país.

Análise de um jardim de chuva implementado em área pública na cidade do Rio de Janeiro

Analysis of a rain garden implemented in a public area in the city of Rio de Janeiro

Viviane Japiassú Viana

Hanna Nahon Casarini

Resumo

Diante do aumento da frequência e da intensidade de chuvas intensas que ocasionam inundações urbanas, Soluções baseadas na Natureza (SbN), como os jardins de chuva, representam uma oportunidade de agregar, em uma estrutura, benefícios à drenagem pluvial na medida em que se promove a prestação de serviços ecossistêmicos e o engajamento de diversos atores sociais na gestão das cidades. Este artigo apresenta os resultados de um projeto de pesquisa, inovação e extensão realizado com o objetivo de monitorar o desempenho de um jardim de chuva instalado em área pública no bairro de Copacabana, cidade do Rio de Janeiro. O relato apresentado resulta de uma parceria entre poder público e academia com o intuito de gerar dados quali-quantitativos, visando subsidiar políticas públicas que ampliem a adoção desta solução nas cidades brasileiras. Para isso, foram monitorados a taxa de infiltração, umidade e temperatura do solo, com métodos tradicionais e utilizando um protótipo de baixo custo desenvolvido com Arduino, além de sensores acoplados a um infiltrômetro de Hills. Os resultados mostraram que o jardim avaliado apresentou bom desempenho quanto à drenagem pluvial, indicando um bom potencial de implementação em outras áreas da cidade. No entanto, destaca-se a necessidade de manutenção e monitoramento contínuos, tendo em vista problemas identificados em inspeção visual e relatos de moradores durante as campanhas de monitoramento.

Palavras-chave

Jardim de Chuva. Drenagem Urbana. Monitoramento Ambiental. Redução de Riscos de Desastres. Parcerias Público-Acadêmicas.

Abstract

Considering the increasing frequency and intensity of heavy rainfall events that cause urban flooding, Nature-based Solutions (NbS), such as rain gardens, represent an opportunity to enhance drainage infrastructure, while providing the provision of ecosystem services and the engagement of various social actors in urban management. This article presents the results of a research, innovation, and public engagement initiative aimed at monitoring the performance of a rain garden installed in a public area in the Copacabana neighborhood, in city of Rio de Janeiro. The report is the result of a partnership between public authorities and academia to generate quantitative and qualitative data to support public policies that expand the adoption of this solution in Brazilian cities. To achieve this, the infiltration rate, soil moisture, and temperature were monitored using traditional methods and a low-cost prototype developed with Arduino, along with sensors attached to a Hills infiltrimeter. The results showed that the evaluated garden performed well in terms of stormwater drainage, indicating a promising potential for implementation in other areas of the city. However, the need for continuous maintenance and monitoring was highlighted due to issues identified through visual inspections and reports from local residents during monitoring campaigns.

Keywords

Rain Garden. Urban Drainage. Environmental Monitoring. Disaster Risk Reduction. Public Engagement Initiative.

1. Introdução

O Rio de Janeiro é conhecido pela natureza exuberante que permeia sua área urbana, atraindo turistas do mundo todo em busca de suas paisagens, que combinam praias (84 km de orla), morros e floresta. Apesar do destaque que seus recursos ambientais recebem, a cidade enfrenta desafios urbanos semelhantes aos de outras cidades do mundo. Abrigando mais de 6,2 milhões de habitantes em uma área de aproximadamente 1.200 km² (IBGE, 2024), a cidade apresenta um cenário de desigualdade

social que se reflete em diversos problemas socioambientais, culminando em desastres associados à ocorrência de chuvas intensas. Com clima tropical, temperatura média anual de 23,7 °C e precipitação acumulada anual de 1.069 mm (IPP, 2020), a cidade já registrou picos de chuva de 125,6 mm/h na estação de Guaratiba, em 31 de março de 2022, e de 360,2 mm em 24h na estação Sumaré, em 6 de abril de 2010 (Alerta Rio, 2024). Estes eventos, como tantos outros que se repetem anualmente, ocasionaram inundações e deslizamentos resultando em danos humanos e materiais, inclusive com perda de vidas, além de deixar dezenas de cariocas desabrigados ou desalojados.

Os maciços da Tijuca, da Pedra Branca e de Gericinó correspondem a quase 20% da área da cidade e compõem os três principais conjuntos montanhosos do município. Mais de 30% da área corresponde a Unidades de Conservação (UCs) protegidas por lei, 4% são ocupados por favelas, 2% referem-se aos corpos hídricos e 2,5% a áreas inundáveis por transbordamento (IPP, 2019). Dados do Governo Federal (Brasil, 2023), indicam que o município tem 444.893 moradores em áreas classificadas como de risco geo-hidrológico (inundação, enxurrada e deslizamento).

Com 50,2% da área da cidade não urbanizada, dados atualizados do Plano Diretor de Arborização Urbana (Rio de Janeiro, 2015), indicam que, mesmo com cerca de um milhão de árvores, há um déficit de 800 mil árvores, sendo necessária a duplicação da quantidade existente nos logradouros, praças e parques públicos. Isso se deve ao fato de que a distribuição das áreas verdes não é proporcional à distribuição da população no território e, nas áreas deficitárias, os quintais das residências, muitas vezes, não dispõem de árvores, sendo majoritariamente ocupados por outros usos, como áreas cimentadas, piscinas e solo exposto (Ruffato-Ferreira, 2016). As regiões que abrigam menos árvores são também as que agrupam maior densidade populacional, inclusive em configurações complexas e vulneráveis, como as favelas.

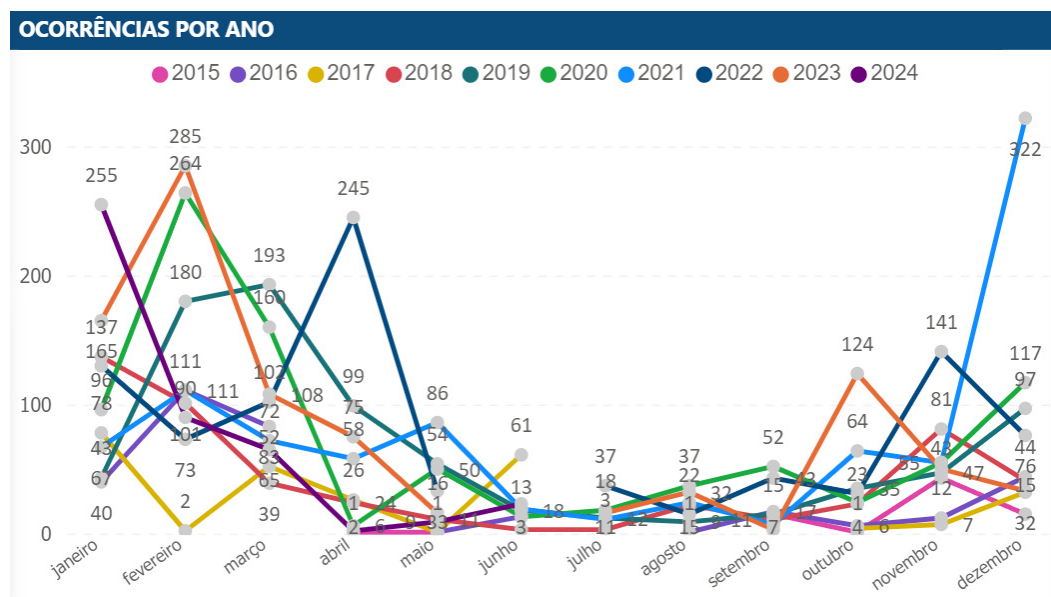
Neste cenário de extrema desigualdade social e problemas de segurança pública, o poder público enfrenta dificuldades em conter a urbanização sem planejamento, inclusive o crescimento das favelas e outras ocupações irregulares instaladas nos morros e nas margens dos rios. Como consequência, multiplicam-se as ligações clandestinas nos sistemas de esgoto, bem como os pontos ilegais de lançamento de efluentes sanitários e resíduos sólidos diretamente nos rios e córregos. Os lançamentos irregulares de águas pluviais e a impermeabilização do solo, substituindo as superfícies permeáveis por concreto, asfalto e outros materiais, dificultam a infiltração da água da chuva no solo e contribuem para o aumento do escoamento superficial, ampliando a ocorrência de alagamentos nas cidades. Somado a isso o fato de que, em muitas partes da cidade, o sistema de drenagem ainda é antigo, não havendo conhecimento ou mapeamento integral dos trechos de tubulações que compõem a rede subterrânea.

Nas últimas décadas, mesmo com a construção de reservatórios de retenção e grandes obras de macro e microdrenagem, a cidade segue registrando anualmente eventos adversos associados às chuvas intensas. Somente no período de janeiro de 2015 a junho de 2024, das 120.514 ocorrências registradas pelo Centro de Operações Rio, 6.035 estavam relacionadas à drenagem urbana, das quais se destacam: bolsões d'água, lâmina d'água, alagamentos e inundações¹ (Centro de Operações Rio, 2024).

Como pode ser observado no Gráfico 1, a maior concentração de ocorrências coincide com o período de chuvas intensas na cidade, que compreende os meses de novembro a abril. Dentre os casos em que constam o bairro de ocorrência (1.766), as localidades com mais registros deste tipo de evento foram: Barra da Tijuca (387), Lagoa (205), Centro (194), Tijuca (135), Botafogo (127), São Cristóvão (121), Itanhangá (113), Mangueiras (111), Campo Grande (98), Ipanema (98), Copacabana (92) e Catete (82).

¹Alagamento é o acúmulo temporário de água em áreas normalmente secas, causado por chuvas intensas ou o transbordamento de sistemas de drenagem. Inundação é o transbordamento de corpos d'água (rios, lagos ou mares).

Gráfico 1 – Ocorrências relacionadas à chuva na cidade do Rio de Janeiro, de 2015 a junho de 2024



Fonte: Centro de Operações Rio, 2024.

Atualmente, enquanto a região central da cidade concentra edifícios comerciais e prédios históricos, a Zona Norte abriga a maior densidade populacional da cidade e a menor quantidade de árvores por pessoa. Já na Zona Sul, estão os bairros mais arborizados e os principais pontos turísticos, como as praias de Copacabana e Ipanema, de fama internacional.

Neste contexto, pesquisadores e cidadãos mobilizados têm se engajado em ações de arborização urbana, além de buscarem propagar as Soluções baseadas na Natureza (SbN) como uma alternativa viável e promissora. As SbN podem melhorar a segurança hídrica geral, aumentando a disponibilidade e a qualidade da água e, ao mesmo tempo, reduzindo os riscos de desastres relacionados à água e gerando cobenefícios sociais, econômicos e ambientais (Connor *et al.*, 2018).

Os jardins de chuva são sistemas de biorretenção multifuncionais (Dietz; Clausen, 2006), compostos por canteiros instalados em áreas adjacentes às vias urbanas ou em lotes, posicionados ao longo do fluxo natural das águas. Em sua implementação, a cobertura do solo local é substituída por camadas de materiais permeáveis (areia, brita etc.) que aumentam a capacidade do solo de receber as águas pluviais, reduzindo a velocidade e o volume do escoamento superficial, resultando no retardo de picos de vazão e na redução da sobrecarga dos sistemas de drenagem pluvial. Na camada superficial, eles recebem material orgânico que dá suporte às plantas, preferencialmente de espécies nativas, que atuam na atração de biodiversidade e na biofiltração das águas da chuva. Assim, podem contribuir na redução de alagamentos e na biofiltração das águas de chuva, reduzindo a velocidade e o volume de água que chega ao sistema de drenagem pluvial, na medida em que também retêm poluentes, melhorando a qualidade destas águas antes de seu lançamento nos corpos hídricos (Herzog; Rosa, 2010; Melo *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2024).

Diante dessa multifuncionalidade, os jardins de chuva prestam serviços ecossistêmicos de regulação (ciclagem de água e nutrientes, melhoria da qualidade da água, regulação do clima) e de suporte (ciclagem de nutriente, manutenção da biodiversidade, atração de polinizadores etc.). A depender do design e da estratégia de implementação e manutenção adotados, eles também podem prestar serviços de provisão e serviços culturais, ao atraírem moradores e turistas para apreciar ou até mesmo interagir com a natureza, além de gerar conhecimento com ações de educação ambiental.

Nos jardins de chuva, ocorrem processos de filtração e de infiltração. Eles podem ser construídos com o fundo livre, ficando em contato direto com o solo do local onde é implementado, ou com o fundo impermeabilizado, contendo tubos perfurados que coletam as águas infiltradas, direcionando-as para a rede de drenagem. A impermeabilização do fundo é aplicada principalmente quando eles estão localizados em áreas muito próximas a edificações, para evitar que a umidade cause danos às estruturas delas, ou em áreas com o lençol freático pouco profundo, a fim de evitar que, em períodos chuvosos, o aumento do nível do lençol freático impeça a entrada de água no jardim. Já os jardins de chuva de infiltração estão diretamente conectados ao solo, sem impermeabilização e com livre acesso da água pluvial.

Visando reduzir os impactos ocasionados pelas alterações climáticas e pelo processo de urbanização das cidades, diversos países adotaram as SbN para a gestão das águas pluviais. Exemplos notáveis incluem *Sustainable Drainage Systems* (SUDS) no Reino Unido, *Low-Impact Development* (LID) nos Estados Unidos, *Water-Sensitive Urban Design* (WSUD) na Austrália, *Low-Impact Urban Design and Development* (LIUDD) na Nova Zelândia, o *Active, Beautiful, Clean* (ABC) *Watersheds Programme* em Cingapura e a *Sponge City Initiative* da China (Wang *et al.*, 2023). No Brasil, existem alguns catálogos² específicos sobre SbN com conteúdos sólidos e de extrema importância e detalhes para a implementação dessas soluções em áreas urbanas. No entanto, ainda há carência de políticas públicas específicas, recursos financeiros, técnicos e servidores capacitados para a idealização e execução dessas ações, bem como de empresas capacitadas para a sua implementação. Este conhecimento ainda é restrito a uma parcela reduzida de profissionais que atuam na área.

No contexto de eventos chuvosos, a infiltração do solo é entendida como a passagem e percolação da água precipitada, direta ou indiretamente, em sua superfície. Neste processo, a água infiltrada preenche os poros vazios, tendendo a saturar o solo. Parte dessa água é absorvida pela vegetação e devolvida à atmosfera pela evapotranspiração. Outra parte prossegue, verticalmente, até os reservatórios subterrâneos para, enfim, escoar pelas correntes de fluxo. Esta relação determina a capacidade de infiltração do solo, que, quando excedida, gera o escoamento superficial, fator responsável pelos processos de erosão, inundação e alagamento (Molinari; Vieira, 2004).

Ao se verificar a intensidade da chuva que atinge a superfície, é possível estimar a taxa de infiltração do solo, a qual é influenciada por suas características morfológicas, como estrutura, textura, porosidade e umidade. Fatores como menor granulometria, maior umidade e compactação reduzem a taxa e a capacidade de infiltração (Dirane *et al.*, 2007). Logo, esta estimativa é um importante parâmetro para compreender a dinâmica físico-hídrico-mecânica do solo, subsidiando a tomada de decisão e a execução de projetos de manejo e drenagem de águas pluviais.

Os jardins de chuva se destacam nesse contexto, uma vez que sua estrutura é composta por vegetação e camadas de materiais com alta permeabilidade, os quais contribuem para aumentar a taxa de infiltração nos pontos onde são instalados. Assim, eles são capazes de receber maiores volumes da água da chuva oriunda de escoamento superficial. Ademais, a implementação deste tipo de solução pode contribuir para a redução de alagamentos e inundações, bem como para a redução da concentração de poluentes na água percolada no solo ou direcionada à rede de drenagem, à medida que a água passa pela vegetação e pelas demais camadas até alcançar os sistemas de escoamento ou infiltração.

Em comparação aos projetos tradicionais de drenagem urbana, que geralmente envolvem custos elevados e alteram a dinâmica natural das águas, reduzindo o escoamento subterrâneo e a evapotranspiração sem contemplar o tratamento para remoção de poluentes, os jardins de chuva podem ser integrados nas cidades com uma abordagem mais sustentável.

² Exemplos de catálogos nacionais: 1. OICS; CGEE. Catálogo Brasileiro de Soluções baseadas na Natureza. 2023. 2. Guajava; Aquaflores; Kralingen. Catálogo de Soluções baseadas na Natureza para Espaços Livres. Projeto Su-PPUrbP - City Climate Finance Gap Fund. GIZ, 2023. 3. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação - SDUH. Bairro Paulista: Cidades Sustentáveis - Caderno de tipologias urbanas modulares. Governo de São Paulo. 2024.

Utilizam materiais alternativos e de baixo custo, promovem a recarga das águas subterrâneas e removem poluentes através da filtração das águas pluviais (Okimoto; Santos, 2023).

Outros benefícios apontados na bibliografia são (Okimoto; Santos, 2023; Vasconcellos, 2011; Melo *et al.*, 2014):

- Redução de picos das vazões e da velocidade de escoamento das águas pluviais direcionadas para a rede de drenagem;
- Redução de 37% do volume escoado durante as chuvas com período de retorno de até 10 anos de período de retorno;
- Redução de até 88% do volume médio anual de escoamento superficial;
- Remoção de poluentes e nutrientes difusos presentes na água de escoamento, a depender da diversidade vegetal, por meio da ação de microrganismos, sobretudo: sólidos suspensos, fósforo, nitrogênio, metais pesados, cobre, zinco, chumbo, óleos, graxas e bactérias patogênicas;
- Aumento da evapotranspiração, manutenção da biodiversidade, moderação da ilha de calor, purificação, detenção e infiltração da água da chuva;
- Sequestro de carbono e nitrogênio da atmosfera;
- Manutenção do conforto térmico; e
- Aumento da riqueza da biota do solo.

Essa multifuncionalidade é ainda mais relevante diante da realidade brasileira, onde apenas 14,2% dos municípios dispõem de soluções como faixas e valas de infiltração para a drenagem natural das águas pluviais, e somente 4,2% aplicam algum tipo de tratamento das águas pluviais (Okimoto; Santos, 2023).

No Brasil, estruturas de biorretenção, como os jardins de chuva, vêm sendo incorporadas às estratégias locais de gestão, possibilitando a infiltração das águas pluviais no solo e reduzindo o risco de alagamento. Em São Paulo, as subprefeituras participaram da implantação dessas estruturas, que incluem, além dos jardins de chuva: biovaletas, escadaria verde, calçadas com poço de infiltração, vagas verdes, bosques e *land art* (PCSP, 2022a). Em 2022, a capital paulista totalizou mais de 90.000 m² dessas intervenções, sendo 45.697 m² referentes a 165 jardins de chuva distribuídos nas zonas Norte, Sul, Leste, Oeste e Central (PCSP, 2022b).

Belo Horizonte incorporou essas estruturas à política urbana ao criar, em 2024, o programa Adote um Jardim de Chuva. A partir dele, o cidadão que assumir a responsabilidade de realizar a manutenção e o monitoramento visual de um dos 60 jardins de chuva já implementados na cidade pode usufruir de até 10% de redução no valor do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU), limitado a R\$ 2 mil (PBH, 2024).

Na cidade do Rio de Janeiro, no entanto, a utilização de jardins de chuva ainda é incipiente, embora o município apresente grande potencial. Em área pública, o primeiro foi implementado em 2020, no bairro de Copacabana (Zona Sul) pela prefeitura do Rio de Janeiro, através da Secretaria Municipal de Urbanismo, em parceria com moradores, outros órgãos municipais e consultores da área.

Mais recentemente, através da Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro (Rio-Águas), alguns jardins de chuva foram implementados em pontos estratégicos da cidade, servindo de suporte à rede de drenagem convencional. Embora sejam ações pontuais, demonstra o interesse da instituição em trabalhar, gradativamente, mais soluções híbridas, ou seja, a integração entre as soluções convencionais (cinzas) e das SbN (verdes/azuis).

Se faz importante e necessário destacar a falta de interesse político para a realização destas ações no município, mesmo diante de evidências sólidas do avanço das mudanças climáticas e dos dados existentes acerca de pontos de alagamentos e inundações na cidade do Rio de Janeiro. A quantidade de recursos e ações para planejamento e desenvolvimento urbano que considere infraestruturas de SbN ainda é insuficiente e não é tratada como prioridade no município do Rio de Janeiro.

Este artigo tem como objetivo analisar os dados obtidos para a infiltração das águas pluviais de um jardim de chuva implementado em área pública na cidade do Rio de Janeiro, monitorado pelo projeto de pesquisa e extensão “Que chuva é essa?”, em parceria com a Fundação Parques e Jardins, vinculada à Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (PCRJ).

2. Materiais e métodos

2.1 Estudo de caso

O objeto de estudo desta pesquisa é um jardim de chuva inaugurado em 2020, na cidade do Rio de Janeiro, a 150 metros da praia de Copacabana e a 1km da Lagoa Rodrigo de Freitas, na Zona Sul da cidade. O projeto foi uma iniciativa da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, liderada especialmente pela Secretaria Municipal de Urbanismo, com a colaboração de técnicos de outros órgãos da prefeitura, consultores em SbN e, principalmente, a parceria com moradores que, posteriormente, iniciaram o processo de adoção do jardim junto à Fundação Parques e Jardins.

A estação pluviométrica municipal mais próxima do jardim é a estação Copacabana, que está a aproximadamente 700 m de distância, e a estação de monitoramento da qualidade do ar da prefeitura mais próxima fica a aproximadamente 500 m. Estando dentro da zona pluviométrica desta estação (Alerta Rio, 2019), o jardim está inserido na microbacia de Copacabana, dentro da área de macrodrenagem das Lagoas Oceânicas (Fundação Rio Águas, 2015), como mostra o mapa da Figura 1.

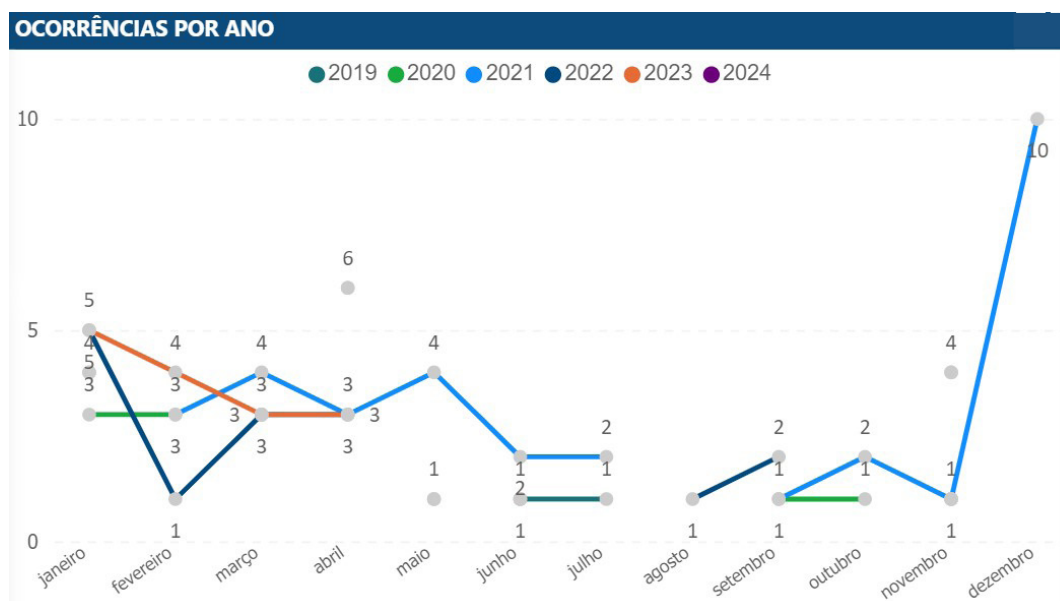
Figura 1 – Mapa de localização do jardim de chuva



Fonte: Adaptada pela autora de Google Earth, 2021.

O bairro de Copacabana figura entre os que mais registram ocorrências de acúmulo de água devido às chuvas na cidade. Segundo o Centro de Operações Rio (2024), de 2015 a junho de 2024, como pode ser observado no Gráfico 2, foram registradas 92 ocorrências no bairro, sobretudo no período de novembro a abril: bolsão d'água em via (89), lâmina d'água (2) e alagamento (1).

Gráfico 2 – Ocorrências de acúmulo de água em Copacabana



Fonte: Centro de Operações Rio, 2024.

O jardim de chuva avaliado neste estudo foi implementado em uma calçada anteriormente concretada. Sua estrutura é classificada como do tipo infiltração, ou seja, o jardim não tem o fundo concretado, ficando em contato direto com o solo arenoso do local, facilitando, portanto, a infiltração da água pluvial. O jardim recebe as águas superficiais escoadas da calçada e conta com dois conectores extravasores para a rua, protegidos por grelhas de madeira plástica³ de 20 cm de largura. Adjacente a ele, há também uma tubulação ligada à rede de drenagem para os casos em que as chuvas intensas resultem em volumes excedentes de água.

Com esta configuração, após a quebra do concreto da calçada, escavação e construção das paredes do canteiro, o jardim foi implementado com 1,10 m de profundidade, contendo três camadas filtrantes compostas por: terra (50 cm), brita nº 2 (30 cm) e pedras de mão (30 cm), entremeadas por camadas de filtro de sombrite 50% (Rio de Janeiro, 2020; Moraes, 2020).

De acordo com a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2020), no projeto paisagístico, as espécies vegetais selecionadas para forração foram: lantana (*Lantana camara*), pitanga (*Eugenia uniflora*), princesinha-de-copacabana (*Eugenia copacabananensis*) e clusia (*Clusia fluminensis*). A escolha das espécies de vegetação nativa colocadas inicialmente no jardim considerou a capacidade de desenvolvimento no espaço disponível, profundidade e perfil de solo, bem como das camadas executadas no jardim. Cabe destacar que a vegetação desempenha papel crucial na retenção de águas pluviais, por este motivo, é essencial buscar espécies que contribuam para o processo de infiltração da água no solo, devendo ser priorizadas aquelas cujos tipos de raízes favorecem esse processo. Contudo, em função da disponibilidade no horto florestal da prefeitura, foi preciso utilizar outras espécies que possibilitassem a manutenção das funções esperadas para a camada de vegetação do jardim. A Figura 2 mostra a situação do jardim em visitas da equipe de pesquisa em quatro momentos distintos.

³ O material chamado de madeira plástica é composto de plástico reciclado e apresenta aspecto de madeira natural.

Figura 2 – Condições do jardim de chuva

(A) inauguração – julho/2020; (B) após alteração realizada pelos moradores – julho/2021; (C) após a reposição das camadas – setembro/2021; (D) 7 meses após a recomposição – maio/2022.

Fonte: (A) Jornal Extra, 2020; (B) (C) (D) Acervo do Projeto 'Que chuva é essa?', 2021.

O monitoramento deste jardim de chuva, implementado como um projeto piloto, é estratégico para a avaliação de seu desempenho e a discussão de padrões e incentivos para a implementação de outros jardins pela cidade. Neste contexto, a Fundação Parques e Jardins buscou o apoio da academia, através do Projeto "Que chuva é essa?", vinculado à Universidade Veiga de Almeida (UVA) e ao Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), com a intenção de avaliar o desempenho ambiental do jardim de chuva.

3. Procedimentos metodológicos

3.1 Diagnóstico inicial

Um diagnóstico inicial da área de estudo foi realizado para a identificação dos elementos a serem avaliados nas campanhas de monitoramento, visando acompanhar as condições de manutenção que podem impactar as funcionalidades da estrutura. Estas condições foram avaliadas pelos pesquisadores nas visitas ao local.

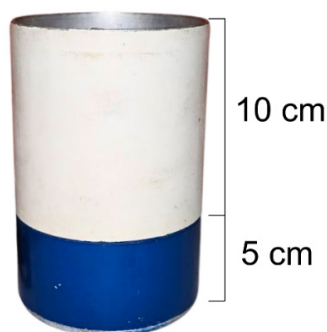
3.2 Avaliação quantitativa

Para a confecção do infiltrômetro, doado pela empresa Arqmetal, foi cortado um tubo metálico de 4" de diâmetro (10,16 cm) com altura de 15 cm. Para facilitar a identificação da parcela do equipamento que deve ser inserida no solo, ele foi pintado de azul nos 5 cm de baixo. No interior dele, foi presa uma régua graduada, além de uma haste soldada para encaixar o suporte feito para colocar o Arduino⁴ e os sensores, conforme mostrado na Figura 4.

As medições foram realizadas com contribuições de água inseridas no infiltrômetro pela equipe. Para a realização do teste de infiltração in situ, foi adotada a metodologia proposta por Guerra (1996) que utiliza um infiltrômetro de Hills composto por um cilindro metálico de 15 cm de altura e 10 cm de diâmetro, como ilustrado na Figura 3.

⁴Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, composta por placas de circuito e um ambiente de programação, que permite a criação de projetos interativos e automatizados de forma acessível e intuitiva.

Figura 3 – Infiltrômetro utilizado



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Durante o teste, 5 cm do cilindro são fixados dentro do solo (parte pintada de azul na Figura 3), em seguida, ele é preenchido com uma coluna d'água de 10 cm, e com uma régua graduada inserida dentro dele, realiza-se a leitura do nível a cada minuto até completar 30 minutos. O monitoramento de tempo é realizado com um cronômetro. Sempre que o nível da água atinge 5 cm, o cilindro é preenchido novamente com indicação na planilha de registros do minuto em que houve esse preenchimento (Dirane *et al.*, 2007).

Complementarmente, o monitoramento foi realizado utilizando-se um protótipo de estação de monitoramento ambiental desenvolvido no âmbito do projeto 'Que chuva é essa?', com o conceito de baixo custo para auxiliar na coleta de dados ambientais. O uso de sensores com a plataforma Arduino é uma excelente opção para facilitar o desenvolvimento interdisciplinar e promover trabalhos de pares envolvendo alunos de diferentes cursos de graduação.

O protótipo de Arduino com sensores de baixo custo foi acoplado ao infiltrômetro de Hills em um suporte criado para esta finalidade (Figura 4). Durante a coleta de dados, conforme estabelecido por Guerra (1996), o infiltrômetro é fincado no solo do jardim de chuva e preenchido com água ao longo das leituras de nível de água e de outros parâmetros durante o teste de infiltração.

Figura 4 – Versão inicial do protótipo com infiltrômetro e protótipo acoplado fincado no solo

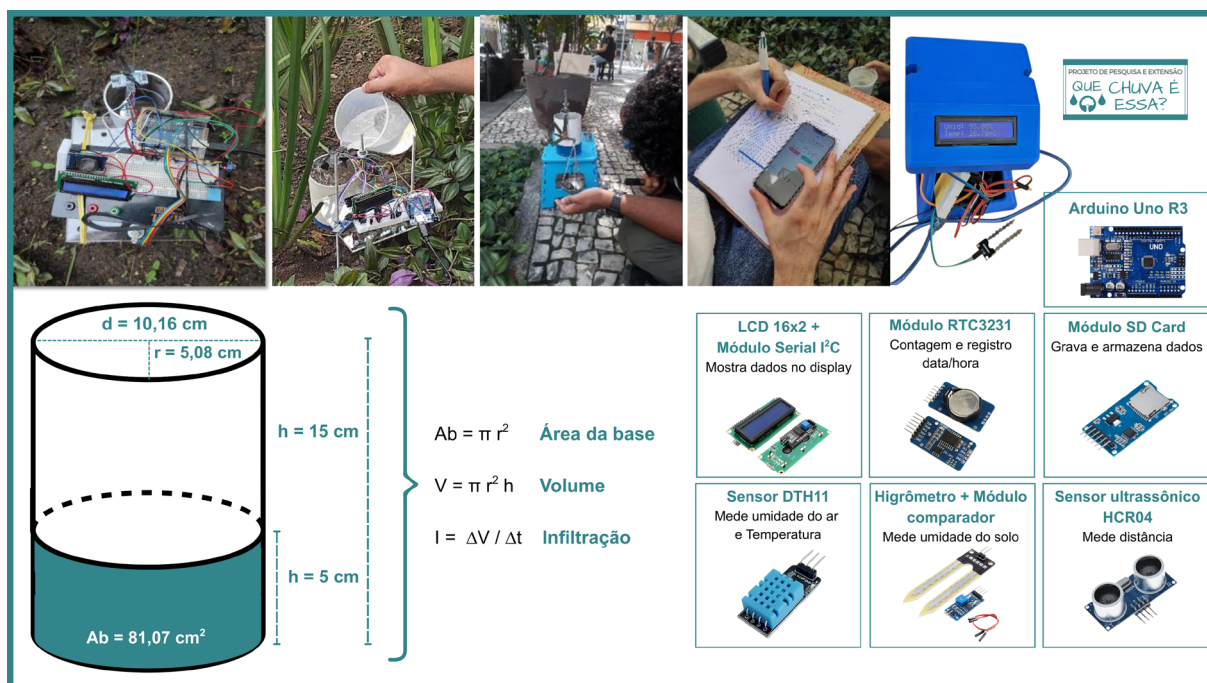


Fonte: Acervo do Projeto 'Que chuva é essa?', 2021.

Os parâmetros mais relevantes, sob a perspectiva da redução dos riscos de alagamentos referem-se ao volume de água que o jardim é capaz de reter, minimizando o volume de escoamento superficial que acumula nas ruas, provocando bolsões e impactando a mobilidade de pessoas e veículos. Por essa razão, optou-se pela utilização de um infiltrômetro de anel simples, também conhecido como infiltrômetro de Hills, para a medição da taxa de infiltração de água no solo. A este equipamento foi associado um sensor de ultrassom para medir a distância dele até a lâmina d'água no infiltrômetro, o que indica o nível da água a cada segundo, dado utilizado para o cálculo da capacidade e da taxa de infiltração. Estratégia semelhante foi adotada por Targa, Silva e Cezar (2019) com infiltrômetro de anel duplo.

No protótipo, além do sensor de ultrassom, são utilizados sensores de umidade do solo, de temperatura e de umidade do ar, como mostrado na Figura 5. Para armazenar os dados em tempo real, foi utilizado um módulo de cartão de memória (4MD03) e um módulo de relógio RTC (DS3231), que registra a data e a hora da coleta. Um carregador de celular de 20.000mAh foi utilizado para fornecer a energia necessária para o microcontrolador Arduino, os sensores e o circuito funcionarem (Viana; Bentes; Kaner, 2021).

Figura 5 – Componentes do protótipo de baixo custo acoplados ao infiltrômetro



Fonte: Acervo do 'Projeto Que chuva é essa?', 2021.

Os dados coletados em campo foram registrados em um arquivo no formato .txt e importados para o Microsoft Excel para a realização dos cálculos, análise dos dados e a geração dos gráficos.

Para os cálculos relacionados à taxa de infiltração, foram utilizados os seguintes dados:

- Altura infiltrada: variação do nível lido na régua ou no sensor ultrassônico a cada minuto durante o teste;
- Volume infiltrado em ml: calculado pela fórmula do volume do cilindro ($\pi r^2 h$), sendo r o raio do infiltrômetro, e h o somatório das variações de altura lidas na régua a cada minuto durante o teste;
- Volume infiltrado em porcentagem: volume infiltrado no minuto de leitura dividido pelo volume total infiltrado nos 30 minutos de teste, multiplicado por 100;
- Volume acumulado em ml: somatório do volume infiltrado no minuto com os volumes infiltrados nos minutos anteriores durante o teste;

- Volume acumulado em porcentagem: volume acumulado no minuto de leitura dividido pelo volume total infiltrado nos 30 minutos de teste, multiplicado por 100;
- Taxa de infiltração em ml/s ou em mm/s: volume infiltrado total dividido pelo tempo total de realização do teste (30 minutos).

Os dados de umidade do solo, temperatura e umidade do ar também foram registrados para posterior análise.

3.3 Avaliação qualitativa

A avaliação qualitativa teve como objetivo identificar aspectos que poderiam impactar a funcionalidade do jardim de chuva, tais como: obstrução das canaletas, condições da vegetação, eventuais alterações das espécies plantadas, interferência de outros sistemas, presença de vetores de doenças ou de lixo dentro da estrutura. Também buscou-se agregar eventuais relatos dos moradores envolvidos na manutenção do jardim.

4. Resultados e discussão

4.1 Diagnóstico inicial

No dia 14 de julho de 2021, foi realizada uma visita técnica para reconhecimento da área e avaliação das características visando o planejamento dos parâmetros e estratégias a serem adotados no monitoramento ambiental (Figura 6).

Figura 6 – Equipe da FPJ vistoriando o jardim de chuva em 14 de julho de 2021



Fonte: Acervo do Projeto 'Que chuva é essa?', 2021.

Verificou-se que as espécies existentes no canteiro não eram as mesmas do plantio inicial, ao conversar com os moradores foi constatado que eles realizaram a troca das espécies sem a consulta a um responsável técnico capacitado para avaliar se as novas espécies eram adequadas ou não para um jardim de chuva. Verificou-se que a nova vegetação possuía características mais estéticas do que funcionais. Além disso, a forma como foram plantadas – com o torrão argiloso – modificou a camada superficial do solo do projeto inicial, transformando um perfil originalmente extremamente permeável em uma superfície com partículas finas, o que reduziu a capacidade de infiltração da água.

4.2 Análise quantitativa

Os resultados registrados pelos sensores indicaram que, à medida que a umidade do ar aumentou, a temperatura do ar diminuiu. Já a umidade do solo seguiu aumentando ao longo do teste devido ao aporte de água inerente à metodologia utilizada.

Figura 7 – Equipe realizando o monitoramento nos primeiros testes do protótipo no jardim de chuva de Copacabana



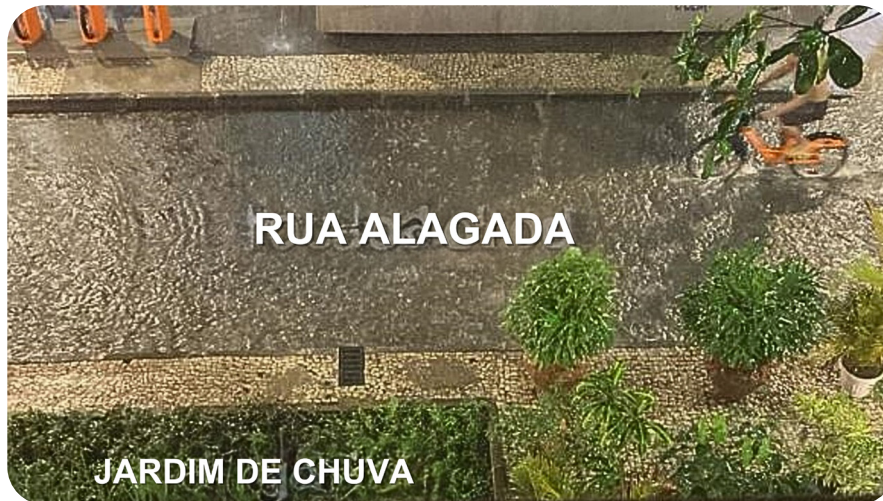
Fonte: Acervo do Projeto 'Que chuva é essa?', 2021.

Os resultados do monitoramento ambiental indicam que o jardim de chuva de Copacabana apresentou boa eficiência na redução do volume de água pluvial que contribui para alagamentos no local. Os dados coletados em seis medições em campo mostraram que, nos 30 minutos iniciais de chuva, o jardim é capaz de infiltrar um volume médio de 1.083,25 mm/h. Este volume é quase dez vezes maior do que o indicado pela bibliografia para solos arenosos, o que pode ser explicado por sua configuração e localização. Embora os números sejam surpreendentes, destacamos que este jardim encontra-se em um cenário extremamente favorável, por ter seu fundo e as laterais compostos por solo arenoso, estando a uma quadra da praia de Copacabana. Como anteriormente a área era coberta por superfície impermeável e, nos jardins comuns do bairro, costuma-se utilizar solo argiloso no plantio, a adoção das camadas filtrantes no jardim de chuva permitiu que o volume de água, antes escoado pela calçada, passasse a infiltrar rapidamente até atingir o solo arenoso característico da região.

4.3 Avaliação qualitativa

A partir do registro de uma moradora, foi possível observar que, em dias de chuva intensa, o jardim não extravasa. Tal registro permitiu visualizar que o jardim, mesmo estando em nível mais baixo, não extravasou durante o alagamento da rua.

Figura 8 – Rua alagada ao lado do jardim de chuva que não extravasou



Fonte: Acervo do Projeto 'Que chuva é essa?', 2021.

Em 2021, a moradora que estava em processo de adoção do jardim reclamou que ele estava ficando com o solo encharcado mesmo quando não chovia. Ao investigar a causa, a Fundação Parques e Jardins constatou o rompimento de uma tubulação subterrânea da rede de abastecimento de água. Foi necessário acionar a concessionária para o reparo e, em seguida, refazer as camadas do jardim, incluindo o plantio de novas espécies adequadas à funcionalidade de um jardim de chuva. Esta questão configura um ponto de alerta, já que a cidade do Rio de Janeiro, assim como muitas outras no Brasil, não dispõe de mapeamento das redes subterrâneas de drenagem, água e esgoto. É importante destacar, ainda, que as espécies utilizadas no plantio inicial e no replantio após reparo da tubulação foram espécies disponíveis no Horto Municipal.

A vegetação utilizada manteve-se em boas condições durante os meses de monitoramento, no entanto, moradores envolvidos no projeto demandam o uso de mais espécies com flores para fins de paisagismo.

Se, por um lado, a infraestrutura mostrou bom desempenho em relação ao seu principal objetivo, por outro, é necessário cuidar de aspectos que foram observados em campo ao longo do monitoramento e que podem comprometer a funcionalidade do jardim de chuva.

As condições que apontam a necessidade de uma manutenção mais cuidadosa do jardim monitorado estão diretamente relacionadas à sua localização em área pública de grande circulação. Durante as campanhas de monitoramento, com a inspeção visual e uma conversa com os moradores, foi possível constatar alguns problemas que podem impactar a relação da população com este tipo de solução.

Outros pontos de atenção, sobretudo quanto à manutenção dos componentes do sistema, foram: danos na calçada adjacente ao jardim (Figura 9) e nas grades da canaleta de drenagem que liga o jardim à rua, acúmulo de resíduos nas canaletas (Figura 10) e relatos de roedores frequentando o jardim, com buracos que indicam esta possibilidade (Figura 11).

Figura 9 – Calçada adjacente ao jardim de chuva danificada



Fonte: Acervo do Projeto 'Que chuva é essa?', 2021.

Figura 10 – Resíduos orgânicos e inorgânicos na canaleta de drenagem



Fonte: Acervo do 'Projeto Que chuva é essa?', 2021.

Figura 11 – Ponto indicado pelos moradores como foco de roedores



Fonte: Acervo do 'Projeto Que chuva é essa?', 2021.

Como o jardim de chuva está localizado em uma calçada, essas questões estão relacionadas ao uso inadequado do espaço público. O descarte inadequado dos resíduos também contribui para a atração de roedores. Diante do contexto local, as grades colocadas sobre as canaletas são de plástico, tendo em vista o alto índice de roubo de tampas de bueiros na cidade para venda em ferros-velhos. Contudo, mesmo assim, há relatos dos moradores de tentativas de arrancar as grades. Destaca-se ainda o desejo relatado pelos moradores de que sejam utilizadas mais espécies com flores para fins paisagísticos.

5. Recomendações

A parceria entre poder público e a academia mostra-se como uma alternativa promissora para alavancar soluções inovadoras, validadas em situações reais, com obtenção de benefícios para todos os envolvidos. Fica evidente que, quando a população desenvolve a sensação de pertencimento em relação a determinado local, este é mais bem cuidado e preservado, ações de extrema importância, tendo em vista a carência, por parte do município, da realização de ações de manutenção recorrentes após a implantação de uma obra. Ainda assim, se faz necessário que os órgãos públicos destinem recursos à manutenção periódica das ações executadas, o que ainda representa um grande desafio atualmente.

Visando à melhoria do desempenho do jardim avaliado, quanto à redução de alagamentos, recomendamos:

1. Avaliar a possibilidade de inserir mais uma canaleta que direcione maior volume da rua para o jardim, tendo em vista o cenário observado no início de abril de 2022;
2. Implementar mais jardins de chuva no bairro, a partir de estudo das áreas de contribuição e pontos críticos de alagamentos e bolsões d'água (estudo em realização pelo projeto 'Que chuva é essa?');
3. Analisar a qualidade da água antes e depois de passar pelas camadas filtrantes do jardim, para compreender a contribuição do jardim na redução de carga poluente.

Diante dos problemas associados ao uso de áreas públicas e a necessidade de manutenção, recomendamos para outros projetos realizados em contextos semelhantes:

1. Realizar reuniões periódicas com os moradores ou instituições envolvidas;
2. Priorizar espécies com flores, pois são preferidas pelos moradores e podem evitar mudanças indesejadas na vegetação implementada;
3. Intensificar a limpeza das canaletas;
4. Manter diálogo frequente com os moradores;
5. Fortalecer e realizar melhorias nos hortos municipais;
6. Realizar a disseminação do conhecimento sobre SbN e seus benefícios;
7. Implementar sinalização explicativa para fins de educação ambiental e divulgação científica (material será produzido este ano pelo projeto 'Que chuva é essa?');
8. Capacitar técnicos e servidores para planejamento e implementação de novas infraestruturas de SbN;
9. Buscar parcerias e financiadores para novos projetos;
10. Instituir novas políticas públicas que incluam as SbN.

Por fim, fica claro que esta SbN possui grande potencial para reduzir riscos de alagamento, no entanto, também é evidente que apenas este jardim de chuva não é suficiente para captar o volume de água que se acumula nesse ponto. Desta forma, além de intensificar a rotina de manutenção desta infraestrutura, é necessário que sejam implementadas na área de contribuição da bacia hidrográfica, mais jardins de chuva ou alternativas em rede que aumentem a permeabilidade do solo ou retenham a água pluvial.

6. Considerações finais

Os resultados obtidos demonstram, de forma contundente, o potencial dos jardins de chuva como uma solução de infraestrutura eficaz e complementar ao sistema de drenagem urbana convencional na cidade do Rio de Janeiro. Essa abordagem não apenas contribui para a redução dos riscos de alagamentos, mas também promove benefícios adicionais ao integrar elementos paisagísticos e à prestação de serviços ecossistêmicos. Nesse contexto, é fundamental reconhecer a importância e a necessidade de destinar recursos financeiros específicos para a implantação e monitoramento de SbN no município, além de fomentar a disseminação do conhecimento sobre essas infraestruturas e os benefícios que elas proporcionam para a população. Adicionalmente, é imprescindível investir na capacitação de técnicos e servidores para o desenvolvimento de projetos de SbN em diversas escalas, promovendo a integração dessas soluções em rede com outras iniciativas complementares.

Referências

BELO HORIZONTE. **Prefeitura de BH lança programa Adote um Jardim de Chuva**. Belo Horizonte: Prefeitura, 2024. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/prefeitura-de-bh-lanca-programa-adote-um-jardim-de-chuva>. Acesso em: 16 dez. 2024.

BRASIL. **Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR**. Atualização dos critérios e indicadores para a identificação dos municípios mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais. [S. l.: s. n., 2023]. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy_of_NotaTcnica-12023SADJVISAMCCPR_SEI_00042.000497_2023_74.pdf. Acesso em: 10 ago. 2024.

CONNOR, R.; COATES, D.; UHLENBROOK, S.; KONCAGÜL, E. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2018**: soluções baseadas na natureza para a gestão da água, resumo executivo. Perúgia: WWAP, 2018. 11 p. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261594_por. Acesso em: 10 de ago. 2024.

DIETZ, M. E.; CLAUSEN, J. C. Saturation to improve pollutant retention in a Rain Garden. **Environmental Science & Technology**, v. 40, n. 4, p. 1335-1340, dez. 2005.

DIRANE, A. C. M.; MOLINARI, D. C.; DONALD, A. R.; ANDRADE, R. S. Capacidade de infiltração do solo em áreas de risco a voçorocamento: Nova Vitória (Manaus-AM). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 12., 2007, Natal. **Anais** [...]. Natal: [s. n.], 2007. Disponível em: http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo11/011.pdf. Acesso em: 19 set. 2021.

FUNDAÇÃO RIO ÁGUAS. **Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro**: drenagem e manejo de águas pluviais. Rio de Janeiro: PCRJ, 2015. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4282910/4152311/PMSB_DRENAGEMEMANEJODEAGUASPLUVIAIS.pdf. Acesso em: 10 ago. 2024.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

- HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista LABVERDE**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 91-115, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IBGE, [2024]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>. Acesso em: 5 ago. 2025.
- INSTITUTO PEREIRA PASSOS (RJ). **Administrativo**. Rio de Janeiro: IPP, 2020. Disponível em: <https://www.data.rio/pages/rio-em-sntese>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- JARDIM de chuva transforma rua de Copacabana e vira modelo viável de sustentabilidade. **Jornal Extra**, Rio de Janeiro, 21 jul. 2020. Disponível em: <https://extra.globo.com/noticias/rio/jardim-de-chuva-transforma-rua-de-copacabana-vira-modelo-viavel-de-sustentabilidade-24543684.html>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- MELO, T. A. T.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 147-165, dez. 2014.
- MOLINARI, D. C.; VIEIRA, A. F. G. Considerações preliminares sobre a capacidade de infiltração de água no solo no distrito industrial II Manaus (AM). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5.; ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 1., 2004, Santa Maria, RS, UFSM. **Anais [...]**. Santa Maria, RS: UFSM, 2004. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/5/5/Deivison%20Carvalho%20Molinari.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2021.
- MORAES, L. L. **Jardins de chuva como alternativa de solução baseada na natureza para cidades mais sustentáveis e resilientes**. Orientadora: Viviane Japiassú Viana. 2020. 55 f. Monografia (graduação em engenharia ambiental) - Universidade Veiga de Almeida, Rio de Janeiro, 2020.
- OKIMOTO, F. S.; SANTOS, K. C. Jardins de chuva: conceitos, práticas e desempenhos. **Estrabão**, v. 4, p. 125-136, 2023.
- RIO DE JANEIRO (Município). **Alerta Rio**: maiores chuvas. Rio de Janeiro: GEO-Rio: Alerta Rio, [2024]. Disponível em: <https://www.sistema-alerta-rio.com.br/maiores-chuvas/>. Acesso em: 31 jul. 2024.
- RIO DE JANEIRO (Município). **Centro de operações Rio**: dashboard de ocorrências da sala de situação. [Rio de Janeiro: COR, 2024]. Disponível em: Acrescentar link pesquisado. Acesso em: 31 jul. 2024.
- RIO DE JANEIRO (Município). **DATA.RIO**. Rio de Janeiro: Prefeitura, 2019-2022. Disponível em: <https://www.data.rio/>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- RIO DE JANEIRO (Município). **Plano diretor de arborização urbana da cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Prefeitura, 2015. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5560381/4146113/PDAUtotal5.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- RIO DE JANEIRO (Município). **Projeto piloto jardim de chuva em área pública Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: SMU: CGPP, 2020. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/10004661/4289423/JardimChuva.ruaAlmeidaGoncalves.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- RUFFATO-FERREIRA, V. J. **Uma nova variável no planejamento para o desenvolvimento urbano sustentável: áreas verdes em quintais no subúrbio da cidade do Rio de Janeiro**. 2016. Tese (doutorado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: https://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/doutorado/Vera_Jane_Ruffato_Pereira_Ferreira.pdf. Acesso em: 28 mar. 2023.

SÃO PAULO (Município). **Jardins de chuva (2022)**. São Paulo: PCSP, 2022. Disponível em: [https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/subprefeituras/Mapeamento%20-%20Jardins%20de%20Chuva%202022_\(1\).pdf](https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/subprefeituras/Mapeamento%20-%20Jardins%20de%20Chuva%202022_(1).pdf). Acesso em: 16 dez. 2024.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal das Subprefeituras. **Jardins de chuva ganham certificado internacional de boas práticas**. São Paulo: PCSP, 2022. Disponível em: <https://prefeitura.sp.gov.br/web/subprefeituras/w/noticias/336515>. Acesso em: 16 dez. 2024.

SOUZA, B. I.; MARTINS, V. L. Infiltração da água em solos de zona semiárida e sua relação com os processos de desertificação. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, v. 39, p. 25-40, jul. 2012.

TARGA, M. S.; SILVA, M. C.; CEZAR, V. R. S. Uso de microcontrolador arduino para a determinação da permeabilidade do solo. **Revista Técnica Ciências Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 1-14, dez. 2019. Disponível em: <http://agro.unitau.br/repositorio/index.php/rca/article/view/37>. Acesso em: 27 de set. 2021.

VASCONCELLOS, A. A. **Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana na Bacia Ambiental do Córrego D'Antas, Nova Friburgo – RJ**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

VIANA, V. J.; BENTES, J. J. F. X.; KANER, L. M. Teste de um protótipo de arduino com sensores de baixo custo associado a infiltrômetro para determinação da capacidade de infiltração de água no solo em um jardim de chuva. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO AMBIENTAL E BIODIVERSIDADE, 10., 2021. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2021. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/10sigabi/421753-teste-de-um-prototipo-de-arduino-com-sensores-de-baixo-custo-associado-a-infiltrometro-para-determinacao-da-capac/>. Acesso em: 22 fev. 2022.

WANG, M.; SUN, C. H.; ZHANG, D. Q. Opportunities and challenges in green stormwater infrastructure (GSI): a comprehensive and bibliometric review of ecosystem services from 2000 to 2021. **Environmental Research**, v. 236, n. 1, 1 nov. 2023.

WANG, M.; ZHUANG, J.; SUN, C.; WANG, L.; ZHANG, M.; FAN, C.; LI, J. The application of rain gardens in urban environments: a bibliometric review. **Land**, v. 13, n. 10, 18 out. 2024. Disponível em: DOI: <https://www.mdpi.com/2073-445X/13/10/1702>. Acesso em: 10 ago. 2024.

Sobre as autoras

Viviane Japiassú Viana

Doutora em Ciências Ambientais (Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ), mestre e bacharel em Engenharia Ambiental. Professora no CST Gestão Ambiental (Instituto Federal do Rio de Janeiro – IFRJ) e na Graduação e no Mestrado Profissional em Ciências do Meio Ambiente (Universidade Veiga de Almeida – UVA). Coordenadora do Núcleo de Inovação Tecnológica e Pedagógica e Ponto Focal do Pacto Global da ONU na UVA. Coordena projetos de pesquisa e extensão envolvendo os temas: riscos e desastres, Soluções baseadas na Natureza, mudanças climáticas, mídias e tecnologias na educação e mulheres em STEM. Consultora ambiental e de RRD com atuação em indústrias e no sistema ONU (ONU Habitat e UNDRR). Líder Climática no The Climate Reality Project. Voluntária da Defesa Civil Rio agraciada em 2020 com a Medalha de Mérito de Defesa Civil do Rio de Janeiro. Integra a Rede Mulheres em STEM Rio de Janeiro e a Rede Brasileira de Mulheres Cientistas – RBMC.

Hanna Nahon Casarini

Pós-graduada em Paisagismo Ecológico pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2019) e graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (2015), com mobilidade acadêmica realizada na Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, Espanha (2013/2014). Atua há treze anos na elaboração de projetos e em consultorias voltadas para soluções urbanas sustentáveis, Soluções baseadas na Natureza (SbN) e estratégias de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Agricultura urbana na cidade do Rio de Janeiro como estratégia de adaptação às mudanças climáticas e estímulo à resiliência de cidades

Urban agriculture in the city of Rio de Janeiro as a strategy for adapting to climate change and encouraging the resilience of cities

Noi Fernandes Pereira Júnior

Resumo

Estima-se que, até 2050, a população mundial atinja um máximo de 8,5 bilhões de pessoas. Elas tenderão a habitar cada vez mais os espaços urbanos, porém já viverão em um ambiente de extremos climáticos, com secas e inundações, ondas de frio e de calor, comprometimento de safras agrícolas, massivos deslocamentos humanos entre regiões e países, o que só fará acentuar as demandas por recursos naturais cada vez mais escassos e, assim, gerar conflitos e guerras pelo controle destes. Este artigo faz um recorte para o município do Rio de Janeiro, praticamente todo urbano, onde seu plano diretor aponta zonas agrícolas diminutas, destacando estratégias de possível resiliência da cidade e de formas de adaptação às mudanças climáticas, sob o enfoque da agricultura urbana, abrangendo hortas e outras manifestações correlatas, hoje entendidas como componentes do rol de soluções baseadas na natureza, destacando possibilidades, caminhos e os grandes desafios ao longo deste caminhar.

Palavras-chave

Fazendas Verticais. Horta Escolar. Horta Comunitária. Sustentabilidade Alimentar. Mudanças Climáticas.

Abstract

It is estimated that by 2050 the world population will reach a maximum of 8.5 billion people. They will tend to live more and more in urban spaces, but they will already live in an environment of climatic extremes, with droughts and floods, cold and heat waves, compromised agricultural harvests, massive human movements between regions and countries, which will only accentuate the demands for increasingly scarce natural resources and, thus, generating conflicts and wars for control of them. This article takes a look at the municipality of Rio de Janeiro, practically all urban, where its master plan points to small agricultural areas, highlighting strategies for the city's possible resilience and ways of adapting to climate change, with a focus on urban agriculture, covering vegetable gardens and other related manifestations, today understood as components of the list of nature-based solutions, highlighting possibilities, paths and the great challenges along this journey.

Keywords

Vertical Farms. School Garden. Community Garden. Food Sustainability. Climate Change.

1. Introdução

O ser humano, ao longo de sua existência sobre o planeta Terra, vem evoluindo seus traços, aperfeiçoando sua forma, utilizando seu poder cognitivo, sua capacidade de observação, e transformando criativamente o ambiente circundante em prol de sua sobrevivência. Ao conseguir selecionar sementes e verificar seu poder germinativo sob determinadas circunstâncias, iniciou um ciclo e uma forma de viver que já não exigia constantes deslocamentos pelo território em busca de alimentos, tornando-se menos nômade e passando a dispor de tempo para pensar e refletir, dominando o fogo, gerando excedentes produtivos que propiciaram o aumento de seu grupo social, a realização de trocas comerciais com outros grupos e a criação das primeiras povoações, quase sempre em locais de solo fértil e próximos a cursos de água, expandindo-se sobre o território (Harari, 2018).

Essa expansão agrícola, com o passar do tempo, tornou-se menos harmoniosa com relação ao meio ambiente (Morrone; Santos, 2025), em especial com o advento da mecanização das lavouras e do corte de florestas, para ampliação de área de cultivo, o que revolve a terra, altera o ciclo microbiológico, faz uso de implementos e defensivos químicos, e gera outras contaminações no solo e nos cursos de água, além de contribuir para a diminuição da biodiversidade.

Estas intervenções no ambiente alteram o clima, provocando chuvas intensas ou longos períodos de estiagem, e modificam inclusive as próprias condições de cultivo e a capacidade de geração de alimentos.

Visando mitigar esses efeitos sobre o meio ambiente, surgem movimentos que pregam uma transição agroecológica de cunho orgânico, resgatando métodos de cultivos ancestrais (Rocha *et al.*, 2025), muitos dos quais têm aplicabilidade direta em cidades, onde há menor disponibilidade de áreas para cultivo, resultando em descentralização de ocorrências pelo território. Lembrando que, segundo o IBGE (2010), na primeira década do segundo milênio, no Brasil, 84,6% de sua população já vivia nessas áreas urbanas; logo, nada mais natural do que cultivar em áreas mais próximas a essas concentrações populacionais.

A agricultura urbana, em momentos de crise, convoluções sociais e guerras, sempre encontrou grande ressonância em cidades, o que propiciou sua evolução e permanência no tecido urbano (Langemeyer *et al.*, 2021).

Cientes deste fato, os governos locais, visando melhor administrar esses territórios, passaram a impor regras de ocupação e uso do solo (Rio de Janeiro, 2017) e, em seu planejamento, direcionam o crescimento da cidade para áreas de adensamento, com o objetivo de otimizar as entregas de serviços básicos e de infraestrutura urbana. Essa tendência, por sua vez, gera mais pressão sobre a oferta de água, de energia e de alimentos.

O estado do Rio de Janeiro, sob a ótica alimentar, possui forte dependência de produtos agropecuários produzidos externamente a suas fronteiras (Trabuco, 2023), o que se reflete em sua capital, razão pela qual a prefeitura deste município elaborou um plano diretor (Rio de Janeiro, 2024) que faz uso da agricultura urbana, enquanto solução baseada na natureza, para atuar sobre: comunidades carentes, adaptação às mudanças climáticas e sustentabilidade alimentar.

A cidade do Rio de Janeiro é altamente dependente do suprimento de águas provenientes da transposição do rio federal Paraíba do Sul. Todavia, possui uma área florestada que propicia o surgimento de vários cursos hídricos, os quais poderiam ser utilizados para fins de agricultura urbana, nas faldas destes maciços, gerando possibilidades únicas que podem não se repetir em outros rincões.

Ao verificar que uma parte significativa de sua população vive em favelas e comunidades urbanas, em encostas de morros e margens de rios – sujeitos a deslizamentos e inundações quase sempre em situação precária de segurança alimentar (Penssan, 2022) –, e considerando que todos, sem exceção, além de respirar um ar de qualidade questionável decorrente de emissões nocivas dos transportes e das indústrias, convivem em ilhas de calor, sendo dependentes de suprimentos massivos de energia elétrica, e geram diariamente enorme quantidade de resíduos, percebe-se a significância da Lei Complementar nº 270/2024, que cria um novo plano diretor. A aposta na agricultura urbana como ferramenta de adaptação e enfrentamento às mudanças climáticas aumenta a segurança alimentar da população mais carente, e propicia condições de resiliência da cidade frente aos eventos extremos de chuvas intensas ou escassez hídrica.

2. Material e métodos

Este estudo pode ser caracterizado como uma pesquisa aplicada, de caráter exploratório, com abordagem quali-quantitativa, baseada em revisão bibliográfica e estudo de caso, com visitas a sítios relevantes de manifestação de agricultura urbana na cidade do Rio de Janeiro, incluindo alguns que são referência dentro do programa Hortas Cariocas.

A revisão bibliográfica foi realizada por meio da plataforma *online Web of Science*, da pesquisa de publicações relacionadas à temática da agricultura urbana, com recorte temporal dos últimos cinco anos (2019 a 2024), bem como na análise de instrumentos legais pertinentes à temática.

Avaliar a legislação atual, em especial aquelas promulgadas para a cidade do Rio de Janeiro, permitiu verificar que o legislador está ciente dos desafios e dos incentivos necessários ao desenvolvimento da agricultura urbana na cidade, destacando-se seu novo Plano Diretor (Lei Complementar nº 270/2024).

Com base em todas essas informações, advindas da teoria e da prática, identificaram-se as possibilidades e os desafios a serem superados para a expansão das práticas de agricultura urbana na cidade do Rio de Janeiro, bem como sua potencial contribuição para o aumento da resiliência da cidade.

3. Embasamento teórico

3.1 Agricultura urbana e tipologias

Cabe, primeiramente, definir o que se entende por agricultura urbana e as variadas tipologias com as quais se manifesta no ambiente urbano. Sob a ótica geográfica, pode-se afirmar que a agricultura urbana ocorre dentro da área interna do perímetro urbano, ao passo que a agricultura periurbana se situa na faixa de transição entre essa e a agricultura rural clássica.

A Lei de Uso e Ocupação do Solo (Rio de Janeiro, 2017) explicita que, no município do Rio de Janeiro, apenas a Área de Planejamento 5 (AP5) possui zonas agrícolas, situadas “nas localidades da Ilha de Guaratiba, da Serrinha do Mendanha e do Rio da Prata em Campo Grande”.

Esses conceitos iniciais são relevantes, pois nem sempre toda área territorial de uma cidade encontra-se urbanizada. Segundo o IBGE (2022), a área urbanizada do município do Rio de Janeiro é de 640,34 km², enquanto sua área territorial total é de 1.200,329 km², ou seja, há uma área de 559,989 km² de área não urbanizada.

Um estudo técnico realizado pelo Instituto Escolhas (2023) definiu essa área não urbanizada, classificando-a em duas categorias: florestas (25,5%) e atividade agropecuária (22,1%).

Esse mesmo instituto demarcou áreas da cidade do Rio de Janeiro com maior potencial para o desenvolvimento das práticas de agricultura urbana, destacando os bairros da Barra da Tijuca, Campo Grande e Santa Cruz como os mais promissores.

No que tange às tipologias de manifestação da agricultura urbana, há múltiplas abordagens, variando conforme o autor. Aqui, opta-se por ilustrar aquelas derivadas de um propósito, de uma finalidade de uso específico, demonstrados na Tabela 1, conforme definição da Association for Vertical Farm:

Tabela 1 – Tipologias de agricultura urbana segundo o propósito

Acrônimo	Significado	Propósito
G2S	<i>Grow to Share</i>	Plantar para compartilhar produção, doando-a
G2T	<i>Grow to teach</i>	Foco em educação ambiental
G2P	<i>Grow to prepare</i>	Temperos: restaurantes, cafés, casa
G2R	<i>Grow to retail</i>	Produzir para comercializar, gerar renda
G2W	<i>Grow to Wholesale</i>	Atender as demandas agrícolas: sementes, mudas, adubos, vasos, utensílios, paisagismo
G2C	<i>Grow to Clean</i>	Remediação ambiental: tratar água, solo, ar
G2H	<i>Grow to Heal</i>	Biofarmacêuticos e fitoterápicos
G2D	<i>Grow to develop</i>	Pesquisa e desenvolvimento

Fonte: <https://vertical-farming.net/>.

3.2 Riscos e benefícios associados à agricultura urbana

A agricultura urbana é pródiga ao tangibilizar diversos benefícios aos seus praticantes, estendendo-se além dos meros aspectos da produção de alimentos (Souza, 2022; Rio de Janeiro, 2023).

Sob o enfoque de suas contribuições para a resiliência da cidade do Rio de Janeiro e como ferramenta de adaptação às mudanças climáticas, podemos destacar:

- Geração de emprego e renda, fortalecendo os laços sociais, o trabalho em grupo e a autoestima, em especial nas áreas carentes, como as favelas;
- Terapia ocupacional de efeito ansiolítico com melhoria e fortalecimento da sanidade mental, do estado de alerta, e da disposição física, o que reduz custos com a saúde pois o cidadão alimentado e bem nutrido será menos propenso a adoecer, estando mais propenso ao trabalho e ao estudo, dois aspectos primordiais para a ascensão social;
- Sob a ótica da educação ambiental, quando trabalhada com os alunos nas escolas, estimula o contato com a natureza, com a compreensão do ciclo de vida, da ciclagem de materiais, dos cuidados com o nosso planeta e com nossos iguais;
- Implantada nas faldas dos maciços florestais do Parque Estadual da Pedra Branca, do Parque Nacional da Floresta da Tijuca e no Mendanha/Gericinó atuará como contentor à expansão urbana sobre aquelas áreas; Em comunidades, evitará ocupação de áreas de risco; no interior de zonas urbanas, poderá se transformar em corredor ecológico entre fragmentos florestais, concedendo novos usos a parques e praças;
- Por seu pequeno tamanho, mas grande dispersão no território, contribui nos processos de renovação do ar ambiente, na fixação de carbono no solo, na mitigação de ilhas de calor, e, quando conjugada à agrofloresta, na salvaguarda de topos de morro, nascentes e margens de rios, impedindo a ocupação desordenada, evitando perdas de vida;
- Aumento da oferta de alimentos, cultivados de forma sintrópica, sem uso de herbicidas, inseticidas, e demais adubos químicos, estimulando o reaproveitamento de resíduos orgânicos para fins de compostagem ou geração de biogás;
- Metais e plásticos, restantes da segregação de resíduos orgânicos, podem gerar renda extra a catadores da comunidade;

- Fortalecimento da transição agroecológica, com estímulo ao uso de sementes crioulas da região, já adaptadas às condições climáticas;

- Propicia o aumento da biodiversidade alimentar, levando alimentos mais frescos e variados à mesa do consumidor, reduz o transporte logístico pelo incentivo aos circuitos curtos de comercialização e à formação de redes entre produtores e demandantes daquele cultivo, capazes de influenciar o que será produzido, quanto será produzido e onde será produzido;

- A restauração florestal implica custos que podem ser amortizados pela consorciação com os cultivos de olerícolas, de forma sintrópica, nesses locais, favorecendo a prática da agrofloresta;

- Recupera áreas degradadas, sem uso, abandonadas, resgatando o papel social da propriedade, contribuindo para o alcance de objetivos do planejamento urbano, em especial nas zonas demarcadas como de uso misto;

- A produção local de alimentos conjugada à oferta de Equipamentos Públicos de Segurança Alimentar e Nutricional (EPSANS), como cozinhas comunitárias em favelas, disponibilizam refeições balanceadas e nutritivas, com baixo custo para aquela população;

- Uso de agrivoltaico, que potencializa a expansão de serviços públicos de saneamento e energização elétrica em favelas, no qual painéis solares recobrem plantas sensíveis ao sol e geram energia que pode ser disponibilizada aos moradores, reduzindo perdas técnicas e gerando possibilidades de bombeamento de água na parte alta daquele povoamento, com controle de volume fornecido pela própria associação de moradores, que faria o rateio da cobrança pelo uso e pela disponibilidade do recurso entre os potenciais consumidores.

A cidade do Rio de Janeiro, como qualquer outra megalópole, apresenta, porém, desafios e riscos à implantação da agricultura urbana, tais como:

- Potencial uso de águas não tratadas para irrigação dos cultivos, oriundas da captação em rios que recebem diversas cargas de efluentes;

- Cultivos em terrenos contaminados que trazem riscos severos à saúde dos consumidores, caso não se faça uma anamnese de usos pretéritos daquele terreno ou de seu entorno, dado que o contaminante pode se espalhar no subsolo quando não remediado;

- Doação de alimentos sem contrapartida, sem custo financeiro ou esforço laboral pode desestimular as pessoas a trabalharem;

- Variabilidade e baixo valor da bolsa-auxílio ao hortelão; a limitação da oferta desses postos de trabalho a toda uma população potencial, carente e necessitada, decorrente de limitações da área de plantio e da quantidade de jardineiras construídas, pode criar um antagonismo dessas pessoas com a associação de moradores, encerrando de vez aquela prática agrícola;

- Falta de treinamento especializado, o que pode impedir a transição agroecológica pretendida, diminuindo escala de produção, variedade produtiva e desmotivando o engajamento do agricultor urbano;

- Alto custo de implantação e manutenção deste modelo de agricultura urbana, que pode inviabilizar sua disseminação, salvo para grandes escalas e com demandante certo, como no caso das fazendas verticais, em geral implantadas pela iniciativa privada;

- Falta de legislação que respalde compras públicas para a implantação das hortas urbanas implantadas de forma associativa, entre pessoas de diferentes núcleos familiares;
- Repensar outras disponibilidades de oferta de água, em quantidade e qualidade, numa cidade tão dependente das águas de transposição do Rio Paraíba do Sul; considerar técnicas de reaproveitamento de águas servidas, por meio de jardins filtrantes, e da água de chuvas com reuso em circuitos fechados (hidroponia);
- A certificação orgânica dos produtos colhidos e comercializados deve refletir todo o processo de cultivo, mitigando riscos ao consumo humano e ao agricultor que os produz.

3.3 Da viabilidade econômica da agricultura urbana

O Instituto Escolhas (2023) publicou um estudo no qual definiu uma cesta de 15 produtos, em sua maioria hortaliças de consumo geral, cujos preços representam médias de valores de comercialização obtidas nos 33 Centros de Abastecimento (Ceasa) do país, de 2021 a 2023. Estimou receitas e as contrapôs aos custos do investimento inicial e aos custos recorrentes de mão de obra, insumos, manutenção de canteiros, pagamento de contas de água e luz, e considerando algumas possíveis configurações de hortas, concluiu que a mais vantajosa com relação ao benefício/custo, Tabela 2, seria a de modelo voluntariado sem bolsa-auxílio, com plantio direto no solo.

Tabela 2 – Modelo de implantação de hortas urbanas e relação benefício/custo

Modelo	Relação benefício/custo
Voluntariado, sem bolsa-auxílio, com canteiros implantados no solo	3,17
Voluntariado, sem bolsa-auxílio, com canteiros em bloco de concreto	2,82
Mão de obra bolsista, com canteiros implantados no solo	1,52
Mão de obra bolsista, com canteiros em bloco de concreto	1,44
Mão de obra contratada, com canteiros implantados no solo	1,25
Mão de obra contratada, com canteiros em bloco de concreto	1,19

Fonte: Compilação de dados de Instituto Escolhas (2023).

O relatório demonstra que, mesmo no modelo mais custoso, há ganhos de receita, embora o prazo de retorno do investimento esteja acima de 5 anos. Na prática, as hortas possuem algumas variações entre si; algumas mesclam não apenas hortaliças, como também plantas para paisagismo, fitoterápicos, frutas, peixes, mel, cestos, mudas, e sementes, resultando em resultados financeiros distintos, o que implica que cada implantação deve ter seu modelo de negócio corretamente avaliado.

3.4 Do novo Plano Diretor da cidade do Rio de Janeiro

A Lei Complementar nº 270, de 16 de janeiro de 2024, nos brinda com as atualizações do plano diretor do município do Rio de Janeiro e nele o termo “agricultura urbana” é citado diversas vezes.

O art. 7º, inciso XI, destaca como diretriz da política urbana:

“O estímulo à agricultura urbana e à atividade pesqueira, por suas importâncias econômicas e de autonomia e segurança alimentar, bem como pelo fortalecimento dos circuitos curtos de produção, conforme estabelecido no Pacto de Milão sobre Política de Alimentação Urbana, do qual o Município do Rio de Janeiro é signatário.” (grifos do autor)

O inciso XXVI, do mesmo artigo, estimula e apoia a criação de pontos de comercialização de produtos da agricultura familiar, esquecendo-se das associações, dos coletivos e das cooperativas de produtores orgânicos urbanos.

Na seção que trata da adaptação das favelas às mudanças climáticas, em seu art. 53, parágrafos 2º, 3º e 4º, reforça-se que:

§ 2º **As ações de adaptação às mudanças climáticas devem incluir o fomento e apoio à agricultura urbana** tanto pelo seu papel de preservar áreas livres e permeáveis quanto pelo aspecto sociocultural e de segurança alimentar.

§ 3º **As ações de adaptação às mudanças climáticas nas favelas deverão contemplar a redução de ilhas de calor** com medidas que contribuam para o clima urbano, conforme previsto no Plano Diretor de Arborização Urbana - PDDAU.

§ 4º **As ações de adaptação às mudanças climáticas nas favelas devem oferecer especial atenção à superação dos riscos de enchentes e de deslizamento de encostas** considerando as especificidades de cada assentamento." (grifos do autor)

Na seção que trata das áreas de restrição a ocupação humana, em seu art. 78, inciso II, parágrafo 1º, enuncia-se:

"§ 1º **As áreas ocupadas com uso agrícola**, prioritariamente de agricultura familiar e agroecologia, com manejo sustentável, **são consideradas áreas de restrição à ocupação**, enquadradas como Áreas de Uso Sustentável, por sua relevância ambiental e uso e ocupação compatíveis com a manutenção dos serviços ecossistêmicos da Cidade." (grifos do autor)

No art. 88, inciso V, destaca-se como diretriz prioritária para a macrozona de controle de ocupação, Zona Sul e Centro, a promoção da agricultura urbana.

O art. 138, que trata das áreas de especial interesse, em seu parágrafo 1º, inciso VI, descreve como Área de Especial Interesse Agrícola (AEIG), aquelas destinadas à:

" ... Agricultura, à criação de animais, aquicultura, silvicultura e ao extrativismo vegetal, em caráter preferencialmente familiar, orgânico ou agroecológico, incluindo-se as atividades de beneficiamento e industrialização dos produtos de origem animal e vegetal obtidos no próprio local, seus subprodutos e resíduos de valor econômico, **podendo abranger as áreas com vocação agrícola e outras impróprias à urbanização ou necessárias à manutenção do equilíbrio ambiental;**" (grifos do autor)

Destaca-se em seu anexo I, os seguintes objetivos e diretrizes da agricultura urbana, apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 – Objetivos e diretrizes da agricultura urbana

Objetivo	Diretriz
Proteger e promover atividades agropecuárias e pesqueiras na cidade, incentivando a produção com base em manejo sustentável, prioritariamente familiar e o aumento da produção agrícola	Manutenção e ampliação de zonas agrícolas na AP5
	Adequação das exigências legais praticadas para que o agricultor, pecuarista e pescador familiar possa realizar a comercialização de seus produtos por meio de programas institucionais e feiras locais
	Manutenção adequada de estradas para escoamento da produção
	Estímulo à formas associativas de representação dos produtores agrícolas, pecuaristas e pescadores
Promover a segurança alimentar da Cidade, através do abastecimento contínuo de bens agrícolas, pecuários e pesqueiros, produzidos no território municipal, garantindo o aumento da produção de alimentos	Estímulo à cessão de uso de imóveis públicos e particulares para o desenvolvimento, em parceria, de programas de combate à fome e à exclusão social, por meio de instrumentos de gestão do uso e ocupação do solo, presentes no Título III do Plano Diretor

Continua

Quadro 1 – Objetivos e diretrizes da agricultura urbana	
Objetivo	Diretriz
Promover a geração de emprego e renda, de maneira sustentável, para incremento da economia circular e promover a redução da vulnerabilidade socioambiental	Implementação de instrumentos de apoio à produção agrícola, pecuária e pesqueira, que garantam: o crédito, o fomento, a compensação ambiental e o seguro agrícola; o controle de qualidade; o beneficiamento e escoamento da produção agrícola, pecuária e pesqueira; a educação e a capacitação profissional regular e contínua; a pesquisa e a assistência técnica, jurídica, urbanística e social gratuita à população, indivíduos, entidades, grupos comunitários e movimentos sociais na área de Habitação de Interesse Social e de Agricultura Familiar; o sistema de controle de qualidade, beneficiamento e escoamento da produção agrícola
Associar a agricultura urbana à conservação do meio ambiente, à manutenção do patrimônio agroalimentar carioca; à proteção da paisagem e à contenção da expansão urbana, favorecendo a cidade compacta e a manutenção das bordas de unidades de conservação da natureza	Disseminação da agroecologia e produção orgânica com uso responsável e sustentável dos recursos da natureza
	Incentivar a criação de espaços verdes dentro das escolas, como hortas e jardins, além da compostagem com os produtos descartados nos refeitórios para a criação de adubos, promovendo o contato dos alunos com a natureza e estimulando a educação ambiental
	Proteção do conhecimento tradicional utilizado na produção agropecuária e pesqueira
	Preservação dos aquíferos e mananciais de abastecimento

Fonte: Anexo 1, da Lei Complementar nº 270/2024.

Os aspectos delineados neste novo plano diretor se coadunam com todas as premissas teóricas anteriormente elencadas, demonstrando a relevância da agricultura urbana para a sustentabilidade alimentar da cidade do Rio de Janeiro, as diferentes formas de adaptação pretendidas, e norteando o caminho a seguir.

4. Resultados e discussão

No município do Rio de Janeiro, encontramos distintas formas de agricultura urbana, representativas das tipologias anteriormente descritas, que ocupam os mais diversos espaços do território, adaptando-se em função dos recursos naturais e de infraestrutura disponível em cada localidade.

Segundo dados do Sistema de Assentamentos de Baixa Renda (SABREN), existem mais de 1.000 favelas na cidade do Rio de Janeiro, cuja população representa aproximadamente 1/4 dos habitantes do município, ocupando cerca de 4% do território, conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3 – Favelas, população e área ocupada			
Ano	Número de favelas	Número de habitantes	Área ocupada em m²
2019	1074	1.479.829	48.712.512,8
2025	1072	1.345.017	49.359.316,91

Fonte: SABREN (2019).

Um programa para desenvolver a agricultura urbana nestes territórios exigirá recursos financeiros para estruturação do negócio e sua manutenção, ao menos até que as hortas urbanas consigam ter autossuficiência, o que, em função da escala de produção e das possibilidades de comercialização, pode não ocorrer em curto prazo, ao menos antes dos cinco anos de efetiva operação.

Contar apenas com o orçamento público para desenvolver estas práticas significa gerar despesa para o governo municipal e, por isto, o novo Plano Diretor da cidade do Rio de Janeiro enseja a participação privada.

O acesso aos fundos climáticos em muito poderia contribuir nesta capitalização, bem como o uso de instrumentos de concessão de áreas públicas, a formação de parcerias público-privadas, ou mesmo iniciativas filantrópicas da própria comunidade, da igreja, de organizações não governamentais (ONGs).

As grandes áreas livres, pelo potencial de sua escala de produção, podem ser mais atrativas ao investimento privado, o que nos levou a iniciar esta investigação pelo Parque Madureira, na Área de Planejamento 3 (AP3), com terreno produtivo estimado em 13 ha, e que prossegue para além dele, delimitada por uma linha de transmissão de alta tensão que se estende por 22 km, contornando parte da Serra do Mendanha.

Se este trajeto fosse todo dedicado à agricultura urbana, a área teria o potencial para ser a maior horta urbana do mundo, lembrando que, por ser uma área restrita e privada, qualquer iniciativa deste tipo precisará ter o aval da Light. Também seria necessário guardar espaço carroçável para deslocamento de caminhões e equipamentos de manutenção das linhas de transmissão, e não se poderia implantar canteiros grudados nas torres que as sustentam.

Em abril de 2024, ao percorrer toda a extensão do parque, foi possível encontrar apenas três pequenas hortas urbanas, a maioria com canteiros vazios. Porém, em contraposição, próximo às torres de transmissão (Figura 1), onde estão as práticas de agricultura urbana, é notória a presença de espécies invasoras como Leucena (*Leucaena leucocephala*) e capim-colônio (*Panicum maximum*).

Figura 1 – Parque Madureira: canteiros vazios e espécies invasoras ao longo da linha de transmissão de energia



Fonte: Noi Fernandes Pereira Júnior, 2024.

Em que pese o fato de o Parque Madureira ser atravessado pelo Rio Meriti e pelo Rio das Pedras, ambos se encontram contaminados, o que impede que suas águas sejam usadas nas práticas agrícolas, demandando uso de água tratada de concessionária, de custo mais elevado.

Como fator de atratividade, o Parque fica próximo ao Ceasa e ao Mercado de Madureira, centros logísticos de distribuição e comercialização de alimentos, com acesso rápido à Avenida Brasil.

Ademais, ao longo do Parque Madureira, é possível encontrar inúmeros quiosques com painéis solares nos telhados e, por sua proximidade com as hortas urbanas, esta energia elétrica renovável poderia ser

utilizada em estruturas de bombeamento e recirculação de água, caso houvesse interesse em desenvolver cultivos de peixes ou agregar valor a algum produto colhido, ou na elaboração de sucos, doces, entre outros produtos.

Na Área de Planejamento 4 (AP4), a horta urbana Dirce Teixeira, no bairro do Anil (Figura 2), foram encontradas algumas implementações de aquaponia, desativadas, mas que no passado possibilitaram a produção de tilápias e de hortaliças hidropônicas, com suprimento de energia elétrica para bombeamento e recirculação de água, oriunda de painéis fotovoltaicos, demonstrando sua sustentabilidade ambiental.

Figura 2 – Horta Carioca Dirce Teixeira e seu sistema de aquaponia com painel solar



Fonte: Noi Fernandes Pereira Júnior, 2024.

Neste mesmo local consegue-se ver a preservação do fragmento de floresta circundante, encontrando diversas espécies da Mata Atlântica, incluindo o guapuruvu (*Schizolobium parahiba*) que se destaca entre as demais, demonstrando o perfeito entrosamento entre floresta e agricultura, o que possibilita inclusive a produção de cacau (*Theobroma cacao*) (Figura 3), fitoterápicos como o mertiolate (*Jatropha multifida*), plantas ornamentais, material orgânico para compostagem e viveiros de mudas, demonstrando a versatilidade desses empreendimentos, a diversificação dos produtos e das fontes de receita, com possibilidade concreta de se tornar autossustentável.

Há um riacho cortando o terreno, oriundo da Pedra da Panela, onde encontramos um lago com peixes, todavia essas águas não são usadas para irrigação dos cultivos, preferindo o agricultor urbano fazer uso de água tratada da concessionária, prática comum nas localidades visitadas, algo que aumenta os custos de produção.

Figura 3 – Ambiente agroflorestal na Horta Dirce Teixeira: lago de peixes e plantio de cacau



Fonte: Noi Fernandes Pereira Júnior, 2024.

Outra manifestação de agricultura urbana visitada foi a Escola Municipal Orsina da Fonseca, situada na grande Tijuca, na Área de Planejamento 2 (AP2), que é referência em hortas escolares e integra o programa Hortas Cariocas.

Nesta horta, há várias práticas de recobertura de solo, o que propicia o aprofundamento de raízes e o desenvolvimento de árvores (Figura 4), além de sombra para algumas plantações que se beneficiam desta cobertura, exigindo menos água e incorporando carbono ao solo.

Figura 4 – Horta Carioca E.M. Orsina da Fonseca com plantio de árvores e armadilhas de abelha



Fonte: Noi Fernandes Pereira Júnior, 2024.

Adicionalmente, há armadilhas de abelhas, com o intuito de desenvolver colmeias para coletar o mel e disponibilizar esta iguaria no lanche das crianças. As abelhas também têm papel importante na polinização de flores.

Com relação aos saberes populares presenciados o uso de uma casca de ovo sobre uma estaca, próximo a hortaliças (Figura 5), o que, segundo contam aqueles agricultores urbanos, afasta as lagartas e borboletas das folhas das hortaliças simulando um ninho de pássaros, seus tradicionais predadores. Esta prática também está presente no Parque Madureira. Na prática, avistam-se várias borboletas próximas, no entanto, nenhuma estava pousada nas hortaliças. O procedimento evita o uso de inseticidas e de outros produtos químicos e industriais, reduzindo a contaminação do alimento e gerando menores custos de produção.

Figura 5 – Uso da casca de ovo para espantar borboletas e lagartas de hortaliças



Fonte: Noi Fernandes Pereira Júnior, 2024.

As práticas de compostagem são otimizadas no espaço exíguo existente, em geral feitas em tonéis aerados e mesmo por vermicompostagem, o que difere bastante das práticas de compostagem encontradas na horta urbana Dirce Teixeira, onde predominam os amontoados cobertos por lona ou mesmo expostos ao ambiente, dado que ali há maior espaço para cultivo e outras práticas associadas à agricultura urbana.

Por fim, o estudo focou na identificação de empreendimentos de agricultura urbana de alta produtividade, como as fazendas verticais, que produzem muito mais em menor espaço, com possibilidades de simular os mais diversos climas quando em estufas controladas, o que possibilita a criação de frutas e outras hortaliças que talvez não pudessem ocorrer nas condições ambientais do centro urbano correspondente. Na cidade do Rio de Janeiro existiram duas iniciativas: *Be Green* e *Mighty Green*, a primeira voltada para a produção de hortaliças e a segunda para o cultivo de cogumelos.

Por ocasião da pandemia de COVID-19, a *Be Green*, que atuava no shopping Via Parque, na Barra da Tijuca, fechou as portas por falta de demanda, e, agora mais recentemente, a *Mighty Green* que estava instalada no bairro de São Cristóvão, mudou-se para o município de Magé.

Apenas para exemplo e com base nos dados disponibilizados no portal da *Be Green*, em uma fazenda vertical de 10,2 mil m², eles conseguem produzir 288 ton/ano de hortaliças, com uma produtividade média de 3,3 kg/m² durante todo o ano, muito superior às 82 ton/ano produzidas em todos os 56 pontos do programa Hortas Cariocas, da prefeitura do Rio de Janeiro, a qual conta com 24 ha de área cultivada, distribuída em 3.720 canteiros, com 220 hortelãos (ArchDaily, 2022).

Isto prova que o uso da tecnologia reduz mão de obra, consumo de recursos hídricos, mas requer, por sua vez, investimentos iniciais mais altos, que podem ser inviabilizadores de qualquer iniciativa de agricultura urbana.

Ambas as iniciativas, as tradicionais e as de alta tecnologia, têm seu valor e se complementam, cumprindo seu papel na sustentabilidade alimentar de cidades e contribuindo como forma de adaptação às mudanças climáticas, sendo uma solução verde, baseada na natureza e com uma externalidade positiva de benesses que perpassam as áreas de educação, saúde, assistência social, trabalho, desenvolvimento econômico, segurança e meio ambiente.

5. Conclusões e recomendações

As cidades em geral são grandes demandantes de recursos naturais e energéticos, produtoras massivas de resíduos, de emissões nocivas derivadas de indústrias, e do transporte urbano, que afetam sobretudo as condições ambientais locais, podendo negar inclusive sua própria sobrevivência e de sua população. A cidade do Rio de Janeiro enquadra-se nesta descrição.

Por sua elevada dependência de alimentos, água e energia, externos a seu território, coube ao gestor público desta cidade do Rio de Janeiro elaborar formas de contornar esta situação, por meio de leis de ocupação e uso do solo, assim como pela definição de um plano diretor de desenvolvimento, representado pela Lei Complementar nº 270/2024, que traz a agricultura urbana como uma ferramenta de adaptação frente às mudanças climáticas em curso.

Os desafios para garantir a suficiência alimentar para sua população mais carente, residente em favelas, a restrição à ocupação de áreas de riscos, e mesmo para conter o espraiamento urbano desordenado, são algumas metas a serem trabalhadas.

A agricultura urbana tem o potencial para suprir, em parte, as demandas alimentares de uma cidade. Suas limitações se dão em função da escala de produção, dos níveis diversos de conhecimento do praticante,

da disponibilidade de mudas e sementes, de canteiros, de espaços para segregação de material orgânico para fins de compostagem, da disponibilidade e qualidade da água, dos contaminantes do solo e do ar que acabarão por ser incorporados às raízes e parte aérea das plantas ou depositar-se sobre suas folhas.

Ciente destes desafios, o Instituto Escolhas realizou um estudo que foi compartilhado com a prefeitura do Rio de Janeiro, apontando as melhores áreas para desenvolvimento da agricultura urbana na cidade do Rio de Janeiro. Embora aquele estudo mencione que a implementação do modelo de voluntariado, sem bolsa auxílio, com plantio direto em solo, represente a melhor relação benefício/custo, estas premissas podem não se materializar, e por isto sugere-se fortemente a avaliação prévia da sustentabilidade econômica, social e ambiental de outras tipologias de agricultura urbana ao longo de seu ciclo de vida operacional.

O uso de energias sustentáveis, o reaproveitamento de águas pluviais, a recuperação de nascentes e cursos de água, precisam tornar-se realidade, pois contribuirá para a difusão das práticas de agricultura urbana no território.

O alimento orgânico produzido, para ser certificado, precisa ter o processo de produção completamente auditado, com análise dos insumos utilizados e dos riscos de contaminantes em solo, água e ar.

Nas hortas visitadas, pela expertise de seus hortelãos, capacitados em cursos ministrados pela prefeitura, este conhecimento é tácito, as avaliações ao longo do processo produtivo são sensoriais, sem monitoramento por instrumentação.

A correta seleção dos insumos para compostagem, o cuidado com o cultivo, com sua irrigação, o combate às pragas e a higienização do produto colhido geram produtos saudáveis e aptos ao consumo, traduzindo-se no fato de que são desconhecidos os casos em que alguém tenha ficado doente por ingestão destes cultivares.

Ainda assim, justifica-se a instrumentação e o controle desses processos, dado que microplásticos e metais pesados, além dos microrganismos patogênicos, são presença comum em cidades, representando um risco à saúde humana se incorporados aos alimentos, sejam eles doados ou comercializados.

A agricultura urbana orgânica, sintrópica, incorpora carbono ao solo, contribuindo para a redução dos níveis de dióxido de carbono presentes na atmosfera. Por efeito da fotossíntese, também são incorporados à biomassa dos cultivos, podendo ser fonte potencial de créditos de carbono, quando em grandes escalas, e, portanto, gerar novas receitas.

As áreas dos cultivos representam locais favoráveis para a melhoria da percolação de águas e da drenagem do entorno. Em grande escala, disseminadas pelo território, podem reduzir a intensidade de ondas de cheias, atrasando seu escoamento para rios e galerias pluviais, diminuindo sua intensidade, mitigando inundações e alagamentos.

Nas favelas, onde a Lei Complementar nº 270/2024 pretende desenvolver a agricultura urbana, práticas de cozinha comunitária seriam mais efetivas do que simplesmente a doação dos alimentos, pois aquele que os recebe pode não dispor de meios para cozinhá-los, por não ter dinheiro para adquirir um botijão de gás, isto sem contar que outros nutrientes poderiam ser fornecidos em complemento aqueles produzidos nas hortas. Nesse sentido, não foram encontradas evidências de sua implantação nos sítios visitados.

Os resíduos orgânicos podem ser usados para fins de compostagem, gerando adubo e retornando às hortas, ou mesmo seguindo uma rota energética de produção de biogás, lembrando, todavia, que por falta de espaços livres em cidades, esta prática fica comprometida.

Na cidade do Rio de Janeiro, o Ecoparque do Caju, com tamanho aproximado de 10 ha, corresponde atualmente ao maior local onde as práticas de compostagem e de geração de biogás são realizadas. Contudo, é utilizada apenas uma pequena fração de resíduos orgânicos, entregues pela Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (CEASA-RJ) e por alguns supermercados, não tendo sozinho como tratar toda a quantidade de resíduo orgânico produzida no território.

Alguns tipos de cultivo precisam ser melhor explorados, como é o caso dos fitoterápicos, que podem atuar como insumos nos experimentos da Bio-Manguinhos, da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), garantindo assim uma demanda firme que justifique aquele investimento.

Há cidades cuja economia está centrada na comercialização de flores, como Holambra, no estado de São Paulo, o que demonstra o potencial para geração de novas receitas para o município do Rio de Janeiro, pela correta exploração do seletivo mercado do paisagismo.

As fazendas verticais, que fazem uso de pequenos espaços, galpões e prédios abandonados, representam um salto tecnológico, pois geram alimentos nutritivos, biodiversos e com constância, em que pese o tempo atmosférico que exista exteriormente às paredes de sua instalação.

O custo de investimento é alto, mas a produção massiva torna curto o tempo de retorno sobre o investimento, o que viabiliza sua implementação. Embora seja voltado a nichos de mercado específicos, como alimentação em shoppings e de indústrias intensivas em pessoal, onde o deslocamento para almoço possa comprometer o tempo de retorno às atividades fabris, não há nenhuma evidência desta prática atualmente na cidade do Rio de Janeiro.

Os galpões abandonados ao longo da Avenida Brasil, na AP3, poderiam se tornar um local propício a este cultivo, desde que seja possível encontrar soluções para lidar com as favelas e a violência do entorno.

Outro fato a ser considerado é que a agricultura urbana favorece os circuitos curtos de comercialização, não sendo necessário o uso de transportes por longos percursos, o que contribui para a redução de emissões atmosféricas de poluentes, gerando créditos de carbono e, assim, novas receitas.

Na região de Vargem Grande, por exemplo, e em outras localidades do município, são encontradas feiras locais de comercialização de orgânicos próximas aos locais de produção.

A formação de redes de comercialização permite ao consumidor deslocar-se ao sítio de agricultura urbana mais próximo de sua residência e realizar suas compras, selecionando diretamente do canteiro o alimento que irá consumir.

A agricultura em praças públicas precisa ser olhada com cuidado em função da presença de animais domésticos que podem usar o local como banheiro, o mesmo valendo para a população de rua que poderia confiscar uma ou outra iguaria, gerando prejuízos ao produtor urbano. Da mesma forma, não encontramos evidências de implementação de cultivos em praças públicas na cidade do Rio de Janeiro, diferindo de iniciativas de cidades vizinhas, como ocorre em Maricá.

O novo Plano Diretor do Rio de Janeiro caminha no sentido de integrar as associações, coletivos, cooperativas e outras formas de coligação que contribuam para o desenvolvimento da agricultura urbana, mas precisam evoluir no que tange a financiamentos, microcréditos e assistência técnica.

A transição agroecológica, prevista no Plano Estadual de Agroecologia e Produção Orgânica (PLEAPO-RJ), conta com apoio da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER-RJ), mas esta para ser efetiva precisa de dotação na lei orçamentária anual, capaz de fazer frente às demandas por assistência técnica dos agricultores urbanos.

A agricultura urbana sozinha não resolverá todos os problemas de uma cidade, mas é uma prática que promove o aumento de sua resiliência, apoiando a transição agroecológica pretendida.

Para desenvolver esta prática, não há um único caminho, não há como padronizar uma solução. Há inúmeras possibilidades que precisam ser bem compreendidas e estudadas, assim como análise das condicionantes de cada território onde possa vir a ser implantada. Que este artigo seja um estímulo para o desenvolvimento da agricultura urbana em prol da construção de um mundo melhor.

6. Referências

ANDREATTA, V.; HAZAN, V.; DENADAI, L. G. **Lei de uso e ocupação do solo**. Rio de Janeiro, 2017. 69 slides. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6438610/4221811/74LUOSPLC572017.pdf>. Acesso em: 09 maio 2024.

BEGREEN. Fazendas no meio da cidade. [2025]. Disponível em: <https://begreen.com.br/>. Acesso em: 09 maio 2025.

CICLOVIVO. Rio de Janeiro terá a maior horta urbana do mundo com 110 mil m². ArchDaily, 16 jan. 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/974144/rio-de-janeiro-tera-a-maior-horta-urbana-do-mundo-com-110-mil-m2>. Acesso em: 09 maio 2025.

HARARI, Y. N. **Sapiens: uma breve história da humanidade**. Tradução de Janaína Marco Antônio. 33. ed. Porto Alegre, RS: L&PM, 2018. 464 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. [Brasília, DF], 2025. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>, Acesso em: 09 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio de Janeiro: panorama. [Brasília, DF], 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>. Acesso em: 09 maio 2025.

INSTITUTO ESCOLHAS. **Hortas urbanas como uma estratégia de combate à fome nas cidades brasileiras**: estudo com base na caracterização da agricultura urbana e periurbana em Curitiba (PR), Recife (PE) e Rio de Janeiro (RJ): relatório técnico. São Paulo: Instituto Escolhas, 2023. 135 p.

INSTITUTO PEREIRA PASSOS (Rio de Janeiro, RJ). Sistema de Assentamentos de Baixa Renda. Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, 2022. Disponível em: <https://www.data.rio/datasets/limites-de-favelas-e-urbanizacao/explore?showTable=true>. Acesso em: 08 maio 2025.

LANGEMEYER, J.; MADRID-LOPEZ, C.; MENDOZA BELTRAN, A.; VILLALBA MENDEZ, G. Urban agriculture: a necessary pathway towards urban resilience and global sustainability?. **Landscape and Urban Planning**, v. 210, jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104055>. Acesso em: 09 maio 2025

MIGHTYGREENS. Seja um fazendeiro Urbano. [2025]. Disponível em: <https://www.mightygreens.com.br/>. Acesso em: 09 maio 2025.

MORRONE, H.; SANTOS, J. O. Estrutura de produção e degradação ambiental: aspectos teóricos e questões concernentes ao Brasil. **Observatório de la economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 23, n. 2, 22 p., 2025. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv23n2-068>. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10078487.pdf>. Acesso em: 08 maio 2025.

REDE BRASILEIRA DE PESQUISA EM SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL. **II VIGISAN – inquérito nacional sobre segurança alimentar no contexto da pandemia da COVID-19 no Brasil: insegurança alimentar e COVID-19 no Brasil**. São Paulo: Fundação Friedrich Ebert, 2022. 112 p.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento. **Plano Estadual de Desenvolvimento Rural Sustentável, de Agroecologia e de Produção Orgânica do Rio de Janeiro – PLEAPO**. Rio de Janeiro: CEDRUS, Câmara Técnica de Agricultura Orgânica e Agroecologia, 2023. 78 p.

RIO DE JANEIRO (RJ). Prefeitura. Lei complementar n. 270, de 16 de janeiro de 2024. Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui a revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. **Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 17 jan. 2024.

RIO DE JANEIRO (RJ). Prefeitura. Limites de favelas e urbanização. Rio de Janeiro, 29 dez. 2020. Disponível em: <https://www.data.rio/datasets/limites-de-favelas-e-urbanização/explore?showTable=true>. Acesso em: 08 maio 2025.

ROCHA, E. B.; MATTOS, J. L. S.; GERVAIS, A. M. D.; BEZERRA, S. G. Transição agroecológica, processos metodológicos. **Cadernos de Agroecologia**, Recife, v. 20, n. 1, 2025.

SOUZA, E. L. **Avaliação do programa “Hortas Cariocas” da Prefeitura do Rio de Janeiro: vetor de desenvolvimento socioambiental no contexto urbano**. 2022. 167 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Rio de Janeiro, 2022.

TRABUCO, L. Comida importa? a trajetória de conformação do estado do Rio de Janeiro como importador de alimentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL, 5., 2022, Salvador. Anais [...]. Salvador: UFBA, 2023.

Sobre o autor

Noi Fernandes Pereira Júnior

Mestrando em engenharia urbana e ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Engenheiro pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui especializações em: gerenciamento de projetos pelo Núcleo de Pesquisa em Ciências da Engenharia (SEGRAC/UFRJ); análise de sistemas pelo Centro de Produção da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (CEPUERJ); e projeto e desenvolvimento de sistemas pela CCE/PUC-Rio. Na área ambiental, trabalhou na Diretoria de Saneamento Metropolitano do Instituto Rio Metrópole (IRM), local em que teve os primeiros contatos com a área. Atualmente exerce suas atividades profissionais como servidor público na área de Especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental (EPPGG), lotado na Secretaria de Planejamento e Gestão do estado do Rio de Janeiro (SEPLAG-RJ).

Análise da dinâmica das inundações na Bacia do Córrego Ipiranga: impactos das alterações antrópicas e Soluções baseadas na Natureza

Analysis of flood dynamics in the Ipiranga Stream Basin: impacts of anthropogenic changes and Nature-based Solutions

Rosangela do Amaral
Jurandy Luciano Sanches Ross

Resumo

As inundações são o desastre natural mais frequente no mundo, causando danos humanos e financeiros significativos. Na Região Metropolitana de São Paulo, essas ocorrências se intensificam anualmente durante o verão, resultando em sérios problemas. As características físicas das bacias hidrográficas, combinadas com as modificações provocadas pelo homem, influenciam tanto a frequência quanto a magnitude das inundações em áreas urbanas. Neste contexto, foi utilizado o método de Análise Integrada da Paisagem sob uma perspectiva multitemporal para estudar a Bacia do Córrego Ipiranga (São Paulo/SP). Esta análise visa identificar as alterações nos ambientes físico e antrópico que impactaram a dinâmica da paisagem. Para isso, foram consideradas três variáveis principais: i) o histórico de inundações registradas na bacia; ii) os graus de impermeabilização; e iii) as intervenções realizadas nos cursos d'água. Observou-se uma recorrência dos fenômenos de inundação na bacia, favorecida por suas características naturais e agravada pela ação humana. Apesar dos investimentos contínuos em medidas estruturais, os pontos críticos de inundação persistem, indicando que o problema não foi resolvido. Esses fatores sugerem que a região poderia se beneficiar da adoção de medidas não estruturais, como as Soluções baseadas na Natureza (SbN), que têm o potencial de reduzir danos e promover a resiliência aos riscos de inundações.

Palavras-chave

Inundações Recorrentes. Riscos. Bacia do Córrego Ipiranga. Análise Integrada da Paisagem. Soluções baseadas na Natureza.

Abstract

Floods represent the most frequently occurring natural disaster globally, resulting in significant human and financial losses. The Metropolitan Region of São Paulo experiences severe flooding problems annually every summer, resulting in serious problems. The physical characteristics of the watersheds, combined with human-induced modifications, influence both the frequency and magnitude of floods in urban areas. This study applies a multitemporal analysis using Integrated Landscape Analysis method to the Ipiranga River Basin in São Paulo/SP. This approach aims to identify how changes in the physical environment and anthropogenic activities have influenced the landscape dynamics. Three key variables were examined: i) the recorded history of floods; ii) soil sealing rates and iii) structural interventions in the main channel and its tributaries. The findings reveal a consistent recurrence of flood events, driven by basic's natural features and intensified by human actions. Despite long-term investments in structural flood control measures, flood hotspots remain unresolved. These results suggest that the region could greatly benefit from the implementation of non-structural measures, such as Nature-based Solutions (NbS), which have the potential to mitigate damage and promote resilience to flood risks.

Keywords

Recurrent Floods. Risks. Ipiranga River Basin. Integrated Landscape Analysis. Nature-based Solutions.

1. Introdução

As inundações representam o desastre natural que ocorre com maior frequência no mundo e causam prejuízos humanos, como mortos, feridos e desabrigados, além de prejuízos financeiros. Todos os anos, durante os episódios de chuva intensa, a Região Metropolitana de São Paulo é afetada por inundações, principalmente em construções e vias marginais aos rios e córregos. A frequência desses desastres tem se intensificado nas áreas urbanas devido às mudanças climáticas, impermeabilização dos solos, ocupação das planícies de inundação e alterações antrópicas nos cursos d'água, como retificações e canalizações. Estes eventos causam prejuízos relacionados à interrupção do fluxo de veículos, perdas e danos em residências, comércios e indústrias, além de risco aos moradores e pessoas que transitam por esses locais.

Em revisões bibliográficas, encontram-se diversas conceituações para inundação. Para este trabalho, optou-se por considerar que o termo "inundação" representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007; Amaral; Ribeiro, 2009).

As inundações em bacias urbanas têm sido discutidas em diversos estudos recentes que abordam questões relativas ao ordenamento territorial, à ocupação e às modificações antrópicas, as quais suplantaram as características morfológicas naturais das paisagens originais, sem observar que as planícies fluviais desempenhavam a função de amortecimento das cheias. Apesar das políticas públicas de gestão das águas urbanas, em sua grande maioria com foco na implementação das obras de drenagem, as ocorrências de inundações persistem no mesmo local ou são deslocadas para outros pontos da bacia hidrográfica.

Nesses casos, para tornar as cidades mais resilientes aos fenômenos naturais, a combinação entre as medidas estruturais (obras) e não estruturais, como as Soluções baseadas na Natureza (SbN), é indicada como um recurso importante.

As SbN, conceito surgido no início do século XXI, são proposições inspiradas e apoiadas em processos naturais que podem ser utilizadas para contribuir com a conservação ou reabilitação dos ecossistemas, bem como para a proteção da biodiversidade, fornecendo simultaneamente benefícios ambientais, sociais e econômicos e ajudando a promover resiliência (WWDR, 2018; Marques *et al.*, 2021).

Amaral (2020) realizou um levantamento histórico e constatou que a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, localizada na Zona Sul de São Paulo/SP, em área densamente urbanizada, é um exemplo de grandes investimentos em obras estruturais, e ainda assim vem apresentando recorrentes inundações em pontos diversos, ao longo das últimas décadas. Considerando esse histórico, a área pode ser apontada como elegível e prioritária para se beneficiar com medidas não estruturais, como as SbN. Recentemente foram propostas algumas medidas não estruturais que pudessem compor em conjunto com a infraestrutura tradicional baseada em obras de engenharia (soluções cinzas) para minimizar os efeitos das inundações. No entanto, tais medidas ainda não foram implementadas¹, perpetuando, assim, os problemas e a insegurança.

O Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (PDMAT-3) já apontava que estudos realizados em países desenvolvidos mostravam uma mudança de paradigma quanto à compreensão das relações existentes entre o planejamento do crescimento urbano e a conservação do meio ambiente. Os exemplos apontavam a necessidade de criação de espaço para as águas, tendo em vista que apenas ações estruturais não são suficientes, reforçando a importância da combinação entre ações estruturais e não estruturais na gestão das águas pluviais urbanas (DAEE, 2012).

¹ Fonte: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/noticias/index.php?p=328985>. Acesso em: 27 fev. 2024

Diversas soluções propostas e adotadas a partir da década de 2010 estão alinhadas com o conceito de infraestrutura verde (*Green Infrastructure* – GI) e com o desenvolvimento de baixo impacto (*Low Impact Development* – LID). Ambas têm o objetivo de revitalizar vegetação e solo, além de restaurar processos hidroecológicos impactados pela urbanização tradicional, oferecendo benefícios à sustentabilidade e à qualidade de vida (Dhakal; Chevalier, 2017). A técnica da infraestrutura verde inclui o emprego de telhados verdes, uso de pavimentos permeáveis, jardins de chuva, sistemas de biorretenção, entre outros. Diversos estudos avaliam que as técnicas podem ser utilizadas combinadamente para obter maior efetividade de acordo com as características da bacia (Eaton, 2018; Massoudieh *et al.*, 2017; Ahiablame; Shakya, 2016).

Com o intuito de identificar as causas das recorrentes inundações na área e propor medidas mitigadoras, o estudo adotou uma abordagem integrada. Foram analisadas variáveis como o histórico de eventos de inundação, o grau de impermeabilização da bacia hidrográfica e as alterações nos cursos d'água. Esta análise multidisciplinar permitiu uma compreensão mais aprofundada dos processos hidrológicos envolvidos e a identificação de pontos críticos para a implementação de soluções eficazes.

2. Material e métodos

A Análise Integrada da Paisagem tem fundamento nas concepções de geossistemas desenvolvidas por Bertrand (1971), Sotchava (1978) e Monteiro (2000), nos estudos de ecossistema e ecodinâmica de Tricart (1977) e de fragilidade ambiental, desenvolvido por Ross (1994). De acordo com essas concepções, o ambiente é analisado segundo a Teoria dos Sistemas, que parte do pressuposto de que, na natureza, os fluxos de energia e matéria se processam por meio de relações em equilíbrio dinâmico, ou seja, a evolução natural das componentes do ambiente se dá em harmonia. As análises sistêmicas consideram que os fatores do meio físico e antrópico agem de forma conjunta e integrada, e que, no decorrer de um período, são responsáveis pela configuração e reconfiguração da paisagem.

Utilizando o método de Análise Integrada da Paisagem sob perspectiva multitemporal, Amaral (2020) avaliou a bacia a partir do ano em que dispõe da informação mais antiga da área e a concernente evolução de uso e ocupação, que causaram modificações na dinâmica da paisagem ao longo do último século. As características que foram selecionadas para análise da dinâmica da bacia hidrográfica são: histórico de eventos de inundação, graus de impermeabilização e as intervenções nos cursos d'água.

Para avaliar o histórico das inundações foram relacionados os eventos registrados a partir das notícias de jornal e dados de órgãos públicos oficiais (IG, 2009). As notícias de jornais foram consultadas conforme a disponibilidade de acervo de cada meio de comunicação. Santos e Amaral (2017) consultaram os seguintes meios de comunicação: o jornal digital *Ipiranga News*, o acervo digital do jornal *Folha de São Paulo*, o acervo digital do jornal *O Estado de São Paulo*, e o arquivo do Centro de Gerenciamento de Emergências da Prefeitura do Município de São Paulo (CGE/PMSP). Complementarmente, também foram consultados dados do Sistema de Alerta a Inundações do Estado de São Paulo, do Departamento de Águas e Energia Elétrica e Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (SAISP/DAEE/FCTH). Os dados foram agrupados por períodos, de forma a espacializar os pontos com os eventos registrados e suas alterações e recorrências ao longo do período analisado.

Para avaliar as mudanças geradas pelo impacto antrópico do adensamento populacional e a consequente impermeabilização da superfície, optou-se pela análise de mapas, aerofotos e imagens de satélite para delimitar o avanço das áreas construídas e caracterizar as modificações antrópicas e estruturais no canal principal e afluentes ao longo do último século (Boudou; Danière; Lang, 2016; Faccini *et al.*, 2015; Cœur; Lang, 2008). Foram consultadas cartas do projeto Sara Brasil (1930); imagens dos anos de 1940 e

1954 obtidas junto à PMSP (2017a), e de 1958 e 1994, que, assim como as imagens de satélite dos anos de 2010 e 2017, foram obtidas junto ao acervo do Instituto Geológico (IG). Para avaliação das intervenções nos cursos d'água, foram consultados materiais históricos da Biblioteca do Instituto Geológico, a carta "Planta da Cidade de São Paulo – dos terrenos desapropriados para seu abastecimento d'água" de 1900 e do Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo – Secretaria Municipal de Cultura (período entre 1907 e 1970). Foram consultadas notícias veiculadas em meios de comunicação digital para obtenção do histórico de obras (Portal UOL e Jornal *Zona Sul*) e a base digital hidrográfica do Mapa Digital da Cidade de São Paulo (PMSP, 2017a).

A partir da aplicação metodológica e da identificação de áreas críticas, podem ser elegidas prioridades para a utilização de SbN com objetivos de melhorias dos pontos de vista ambientais e sociais. O método escolhido deve avaliar o tempo de implantação, os cobenefícios e o custo-efetividade (Dhakal; Chevalier, 2017), uma vez que pode contribuir com a redução de perdas geradas pelas inundações e, consequentemente, valorizar as propriedades (Kim; Park, 2016).

Gogate, Kalbar e Raval (2017) elaboraram comparações entre o emprego de diversos métodos para o manejo de áreas atingidas por inundações. Os sistemas de biorretenção, como os jardins de chuva, apresentam como vantagens a redução do escoamento superficial e picos de fluxo, requerem pouco espaço, são uma alternativa econômica, requerem pouca manutenção, auxiliam na remoção de poluentes e podem proporcionar valor estético à área, podendo ser utilizados ao longo de calçadas e canteiros centrais de avenidas. Além disso, contribuem com benefícios do ponto de vista estético e mitigam o efeito das ilhas de calor.

3. Resultados e discussão

3.1 Área de estudo

A área selecionada para o estudo foi a Bacia do Córrego Ipiranga, afluente do Rio Tamanduateí, localizada na Zona Sul do município de São Paulo (Figura 1). Às margens do córrego estão situadas as Avenidas Dr. Ricardo Jafet e Prof. Abraão de Moraes, vias que ligam a zona sul ao centro da cidade, apresentando grande fluxo de veículos e considerável infraestrutura de comércio e residências. Essas avenidas também são um importante acesso da capital para o litoral pela Rodovia dos Imigrantes. Sua extensão é de aproximadamente 11 km e sua área corresponde a 23 km². Deste total, cerca de 80% estão urbanizados e os 20% restantes estão representados pelo remanescente de mata do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). O Parque é um dos mais significativos remanescentes de Mata Atlântica inseridos em área urbana no Brasil.

Figura 1 - Localização da Bacia do Córrego Ipiranga, em São Paulo/SP, e fotos publicadas na mídia apresentando eventos de inundação em vários pontos

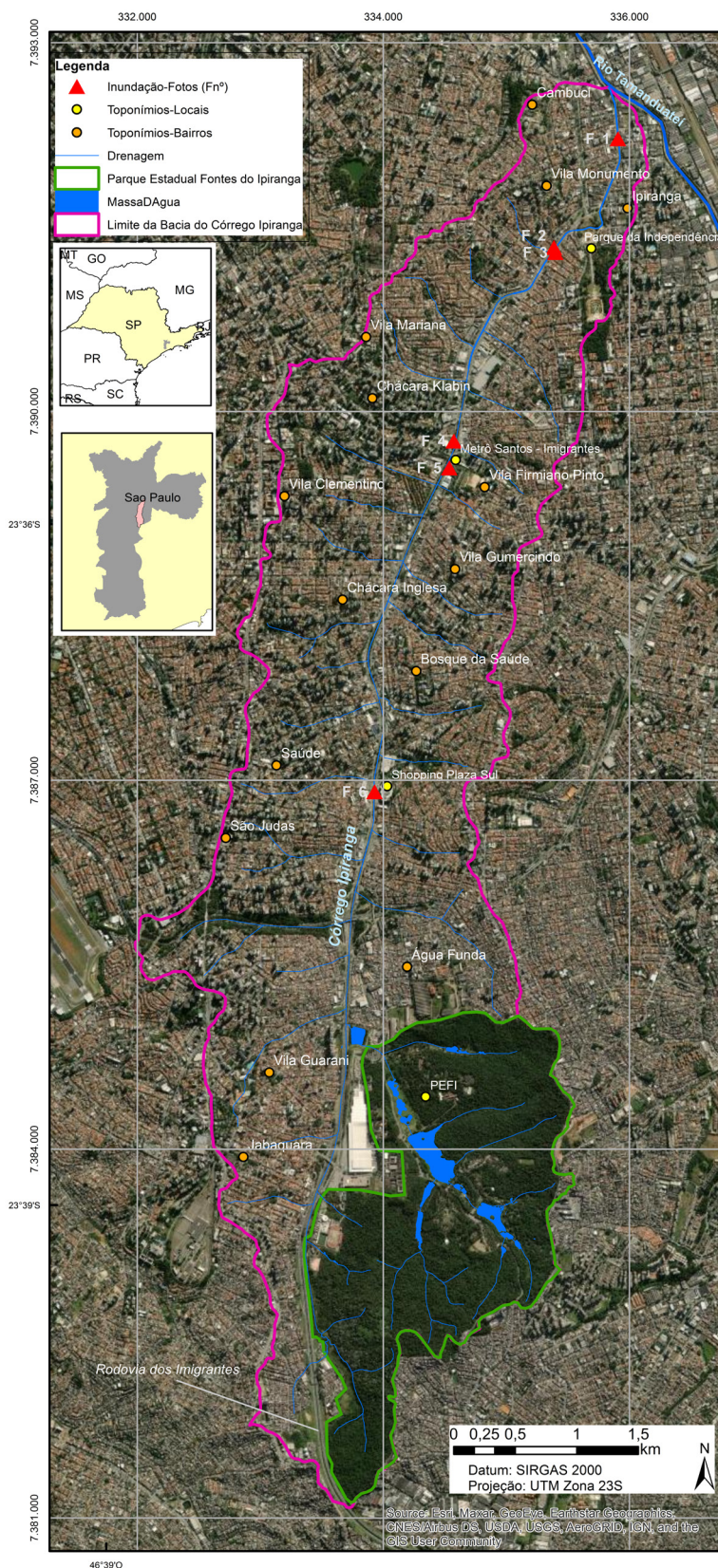


Foto 1- Vista aérea da Av. Teresa Cristina, no Bairro do Ipiranga, próximo ao Museu do Ipiranga, onde a foz do Córrego Ipiranga sofre ações de remanso do fluxo elevado do Rio Tamanduateí, do qual é afluente, 2011.



Fonte da imagem: <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2011/02/corrego-ipiranga-transbordou-e-mais-uma-regiao-enfite- alerta-em-sp.html>. Acesso em 07/01/2016.

Foto 2 - Av. Dr. Ricardo Jafet com Rua Pampulha, próximo Parque Independência, 2000. (Visada para Sul da Bacia)



Fonte da imagem: https://noticias.uol.com.br/album/110329/galeriaenchentes_album/jhm. Acesso em 07/01/2016.

Foto 3 -Av. Dr. Ricardo Jafet com Rua Itapari, próximo Parque Independência, 2009. (Visada para Norte da Bacia)



Fonte da imagem: https://noticias.uol.com.br/album/110329/galeriaenchentes_album/jhm. Acesso em 07/01/2016.

Foto 4 - Av. Dr. Ricardo Jafet, próximo Metrô Imigrantes, 2011. (Visada para Sul da Bacia)



Fonte da imagem: https://noticias.uol.com.br/album/110329/galeriaenchentes_album/jhm. Acesso em 07/01/2016.

Foto 5 - Av. Dr. Ricardo Jafet com Rua Eng. Guilherme Winter, próximo Metrô Imigrantes, 2011.



Fonte da imagem: https://noticias.uol.com.br/album/110329/galeriaenchentes_album/jhm. Acesso em 07/01/2016.

Foto 6 - Vista aérea da Av. Prof. Abraão de Moraes, próximo à Rua Frei Rolim e ao Shopping Plaza Sul, 2010.



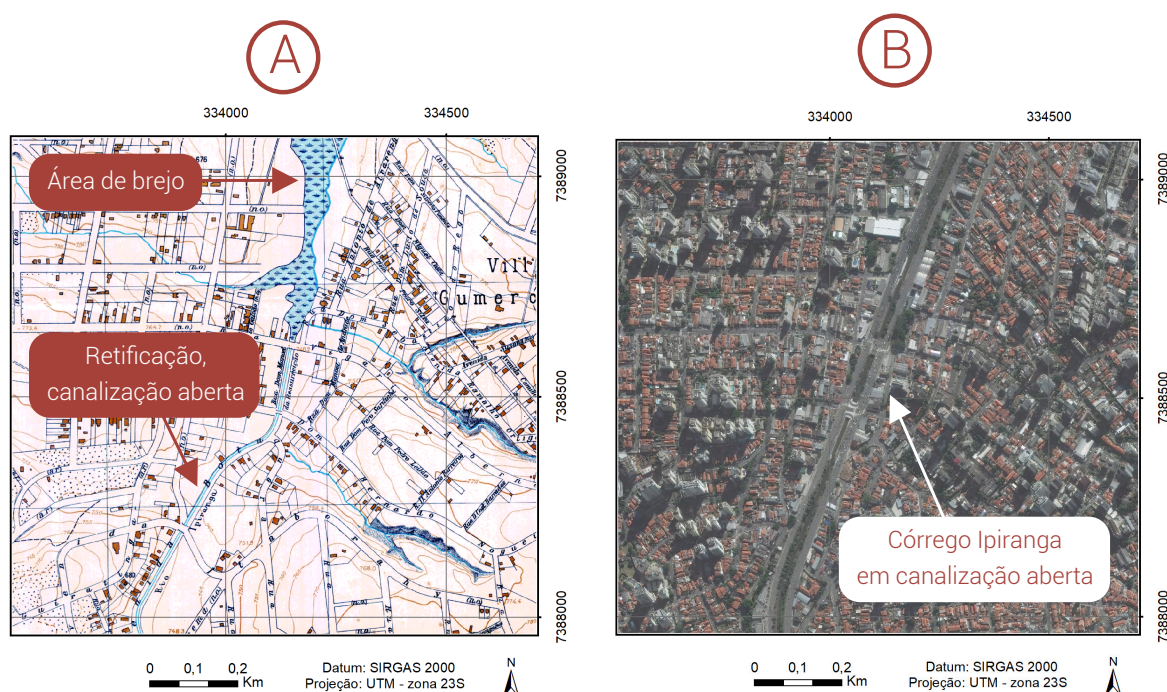
Fonte da imagem: http://g1.globo.com/Noticias/SaoPaulo/album/110329/galeriaenchentes_album/jhm. Acesso em 07/01/2016.

3.2 Ocupação urbana e intervenções antrópicas

Conforme dados da Prefeitura de São Paulo (PMS, 2017b), a ocupação da Bacia do Córrego Ipiranga no início do século XX era bastante incipiente e começa a se adensar a partir de 1920 na área próxima da confluência dos rios Tamanduaté e Ipiranga. Entre as décadas de 1930 e 1950, a ocupação urbana alcançou praticamente toda a bacia, e, como consequência do aumento da densidade populacional e do grau de urbanização, ocorreu a supressão de grande parte das áreas verdes.

As cartas do Sara Brasil da década de 1930 mostram que desde essa época a planície fluvial do Córrego Ipiranga já apresentava ocupações e trechos com modificações no curso d'água (Figura 2A). O mesmo trecho, visualizado em sua ocupação em 2017 na imagem World View®, possibilita verificar que modificações intensas foram feitas às margens do córrego, inclusive com a ocupação da antiga área denominada como brejo (Figura 2B).

Figura 2 - Evolução do uso e da ocupação em trecho no médio curso do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP



(A) Extrato do "Mappa Topographico do Município de São Paulo", Carta nº 73/74, do Sara Brasil (1930); (B) Imagem World View® (2017), com trecho da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, município de São Paulo/SP.

Fonte: (A) Sara Brasil (1930) e; (B) Imagem World View® (2017).

A partir da década de 1960 se iniciam as retificações e a canalização aberta da extensão total do curso principal para a instalação da avenida marginal e a ocupação urbana do seu entorno (Figura 3A). Coincidentemente, a partir dessa época são registradas notícias sobre inundações na bacia, que continuaram se repetindo ao longo das décadas e ocorreram em diferentes trechos do Córrego Ipiranga. Hoje, as avenidas passaram de duas para quatro pistas em cada lado, sem área para extravasamento, e o entorno foi densamente ocupado (Figura 3B).

Figura 3 - Retificação do Córrego Ipiranga e implantação da Av. Água Funda, atualmente Av. Dr. Ricardo Jafet, São Paulo/SP



(A) Vista aérea das obras para abertura da Avenida Água Funda (atual Av. Dr. Ricardo Jafet), e retificação do Córrego Ipiranga, no trecho próximo ao bairro Chácara Klabin, vista tomada em direção ao bairro de Vila Monumento, 1970; e (B) Imagem Google Earth Pro® da mesma área em março de 2024.

Fonte: (A) Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo e; (B) Google Earth Pro® (2024).

3.3 Histórico de eventos de inundação

Os dados analisados são baseados em Santos e Amaral (2017) e no acervo do SAISP/DAEE/FCTH. A compilação dos dados coletados mostra que a quantidade de informações sobre as inundações na Baía do Córrego Ipiranga aumentou nas últimas décadas. A maior veiculação de notícias pela mídia pode ser devido ao impacto das inundações na dinâmica de circulação e na economia no local.

No total, foram registradas 82 ocorrências de inundação no período entre 1965 e 2017, sendo sete ocorrências na década de 1960, seis na década de 1970, três na década de 1980, 10 na década de 1990, 10 na década de 2000 e 46 ocorrências na década de 2010.

Para avaliar as mudanças geradas pelo impacto antrópico do adensamento populacional e consequente impermeabilização da superfície, Amaral, Gutjahr e Ross (2021) realizaram uma análise multitemporal a partir dos mapas, aerofotos e imagens de satélite com o objetivo de correlacionar o avanço das áreas construídas e as alterações em margens e cursos d'água com a ocorrência dos pontos de inundação.

As Figuras 4 a 7 apresentam a evolução multitemporal do adensamento urbano, das obras realizadas e dos pontos de inundação registrados. Essa evolução é retratada em quatro recortes temporais (1930, 1962, 1994 e 2017), com intervalos de 32 anos entre os primeiros cenários (1930, 1962 e 1994) e 23 anos até o último (2017). Esses intervalos foram definidos em função das datas das imagens aerofotogramétricas e obtidas por satélite, que foram utilizadas na interpretação do adensamento urbano.

A análise multitemporal tem como ponto de partida o ano de 1930. A avaliação do Mappa Topographico do Município de São Paulo (Sara Brasil, 1930) da área da bacia revela que o adensamento urbano se iniciou na parte norte e noroeste. A definição de área permeável neste estudo abrangeu todos os terrenos sem cobertura impermeável, independentemente da cobertura vegetal, incluindo áreas com solo exposto, como em loteamentos em fase inicial (Figura 4A).

Antes de 1930, no período entre 1910 e 1920, foram realizadas intervenções no trecho a jusante do canal principal do Córrego Ipiranga para viabilizar o acesso ao Museu Paulista (Museu do Ipiranga), importante ponto turístico municipal. Também são constatadas diversas obras no canal principal e nos seus afluentes, de modo a viabilizar a ocupação das áreas do médio curso e no trecho a montante para implantação do Jardim Botânico na área do Parque do Estado (atualmente denominado PEFI), com retificações, canalizações abertas e fechadas (Figura 4B).

Nessa situação inicial, foram considerados como pontos de inundação as áreas mapeadas como brejos ou acumulações naturais de água pelo Sara Brasil. Nesse período, não havia ocupação nas proximidades das áreas inundáveis (Figura 4C).

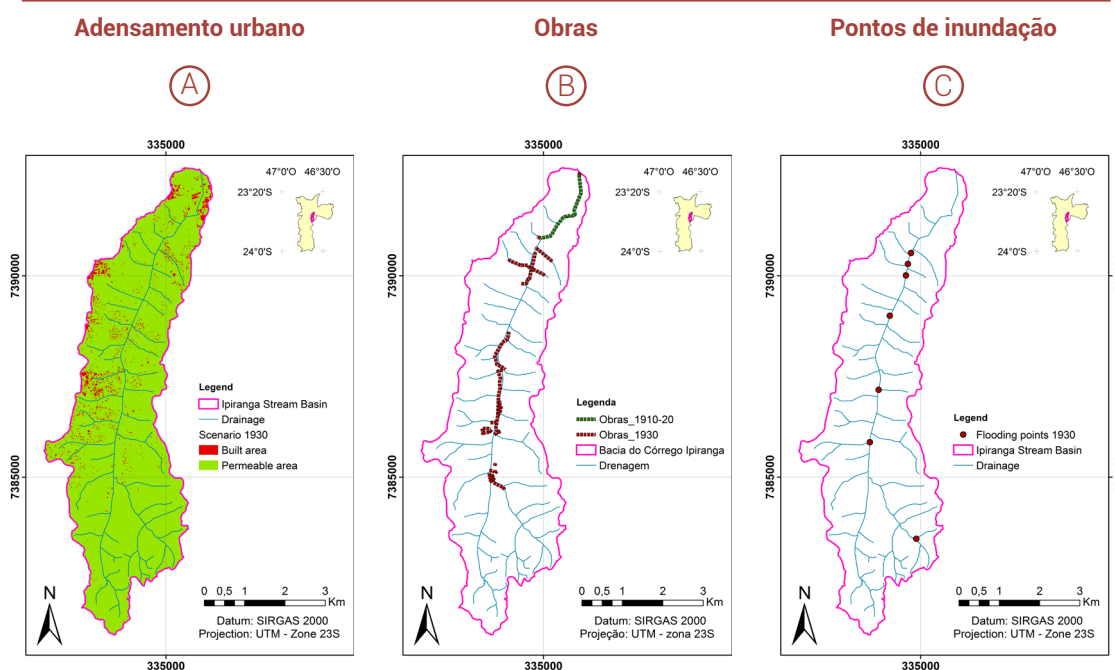
Ao longo do intervalo de 32 anos (1930 a 1962), a urbanização avançou em direção ao sul da bacia (Figura 5A).

Na década de 1960, novas intervenções são realizadas no curso d'água, inclusive em trechos que já haviam sido modificados anteriormente. Foram realizadas obras de retificação e canalização a céu aberto do canal principal para a construção da Av. Água Funda, hoje denominada Av. Dr. Ricardo Jafet, nas duas margens do córrego (Figura 5B).

Estima-se que os pontos de inundação mapeados no mapa do Sara Brasil (1930) permaneciam ativos, pois até 1962 as áreas denominadas como brejo ainda não apresentavam ocupações próximas (Figura 5C).

Figura 4 – Situação inicial da área da bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga em 1930

Situação inicial: 1930

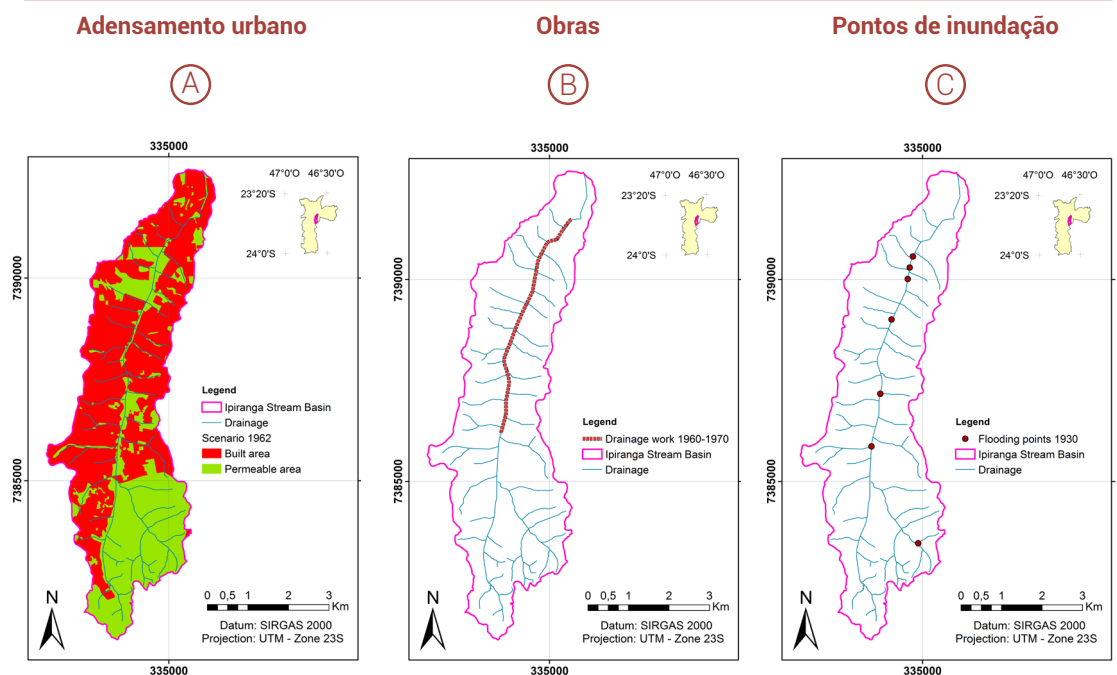


(A) Área construída = 3,38%; área permeável = 96,62%; (B) Retificações e canalizações abertas e fechadas; (C) Pontos de inundação, mapeados como áreas de brejos.

Fonte: Amaral et al. (2021).

Figura 5 – Situação da área da bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga em 1962

Situação: 1962



(A) Área construída = 60,23%; área permeável = 39,77%; (B) Início das obras de retificação e canalização a céu aberto de amplo trecho do curso principal; (C) Pontos de inundação permanecem os mesmos da década de 1930.

Fonte: Amaral *et al.* (2021).

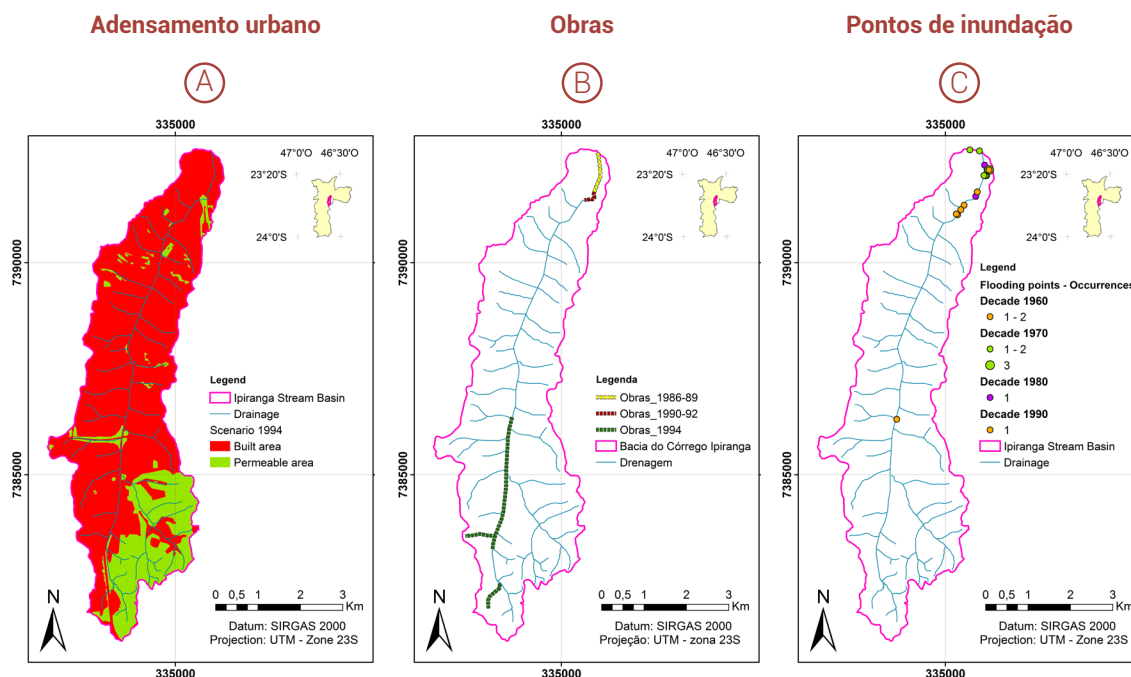
No período entre 1962 e 1994, a urbanização ocupa praticamente toda a extensão da bacia, restando, como áreas permeáveis, os poucos fragmentos de vegetação em áreas protegidas por parques, em áreas de canteiros centrais de grandes avenidas ou em pequenas áreas verdes públicas. A partir da década de 1990, ocorre uma estabilidade na expansão horizontal da urbanização (Figura 6A).

Ao longo desse período também foram realizadas diversas obras no canal principal, e realizado mais um trecho de canalização a céu aberto do canal principal para viabilizar acesso da Avenida à Rodovia dos Imigrantes (ligação com o litoral) e a canalização subterrânea de afluentes (Figura 6B).

Nesse período, a partir de 1965, são registradas as primeiras notícias de inundações no Córrego Ipiranga e os danos relacionados. As notícias descrevem eventos de inundação na porção a jusante, que à época apresentava ocupação adensada (Figura 6C).

Figura 6 – Situação da área da bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga em 1994

Situação: 1994



(A) Área construída = 79,44%; área permeável = 20,56%; (B) Ampliação da calha do canal principal, recuperação de margens e reconstrução de pontilhões, canalizações fechadas de afluentes; (C) Pontos cadastrados nas notícias, por década e quantidade de ocorrências em cada ponto identificado.

Fonte: Amaral *et al.* (2021).

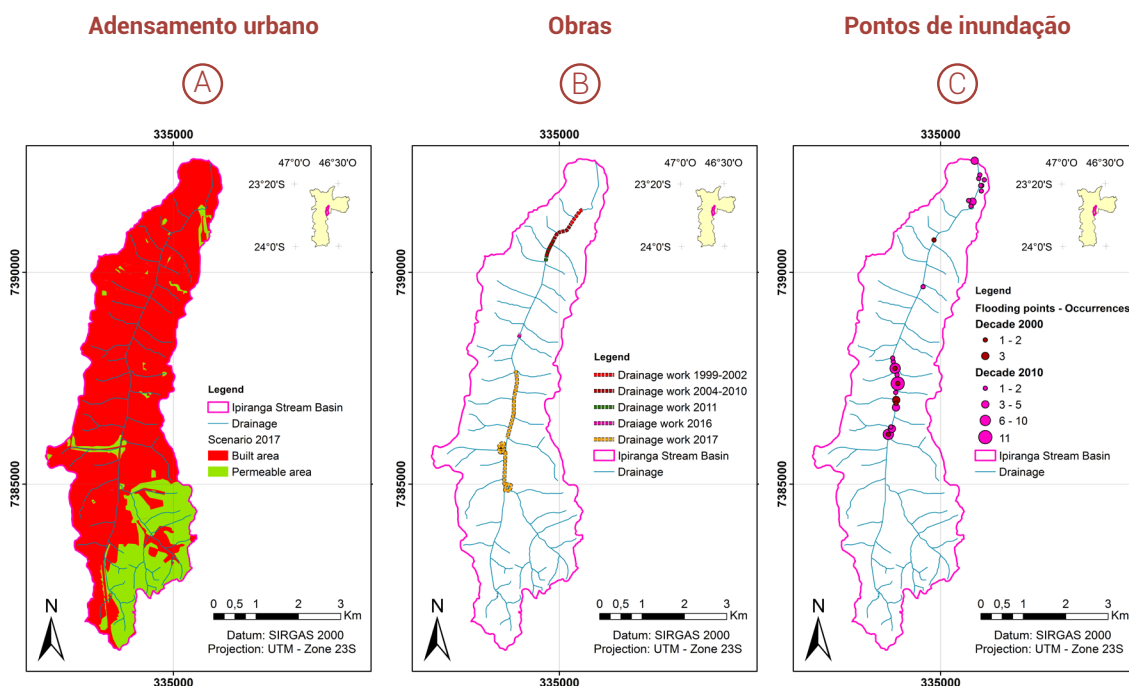
Ao final da década de 1990, os terrenos com solo exposto tornaram-se raros e em pequena escala. Inicia-se então o processo de verticalização, com a construção de muitos prédios residenciais e comerciais, principalmente na porção do médio curso da bacia (Figura 7A).

No intervalo entre 1994 e 2017 também foram realizadas diversas obras no canal principal e nos seus afluentes, inclusive com projeto de construção de um piscinão e desassoreamento de uma lagoa para reservatório de cheias (PMSP, 2014) (Figura 7B).

Em relação aos pontos de inundação, além das notícias de jornais desse período, são inventariadas também as ocorrências registradas pelo CGE/PMSP e incorporados os dados do SAISP/DAEE/FCTH com início em 2000 e a partir de 2007. A quantidade de ocorrências continuou aumentando, mas observaram-se também mais pontos de inundação no médio curso do córrego, além de episódios recorrentes nesses pontos (Figura 7C).

Figura 7 – Situação da área da bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga em 2017

Situação: 2017



(A) Área construída = 80,39%; área permeável = 19,61%; (B) Manutenção de margens, construção de piscinões, desassoreamento e ampliação da calha do canal principal; (C) Pontos cadastrados nas notícias e informações oficiais do CGE/PMSP e do SAISP/DAEE/FCTH.

Fonte: Amaral et al. (2021).

4. Considerações finais

Conforme avaliado, cada uma das variáveis analisadas – o histórico das inundações, o grau de impermeabilização da bacia hidrográfica e as alterações nos cursos d'água – apresenta determinadas características que contribuem para a recorrência de inundações na bacia.

Pelo histórico apurado, a planície do Córrego Ipiranga já apresentava locais preferenciais de inundação, e o planejamento urbano adequado deveria tê-las preservado da ocupação. As ocupações na bacia são todas regularizadas perante os órgãos municipais, no entanto, muitas áreas constituem passivos ambientais, onde a ocupação das planícies de inundação se deu em momento anterior ao Código Florestal de 1965. No final da década de 1960, a retificação do canal principal incentivou o adensamento urbano ao longo das avenidas marginais ao córrego, que se tornaram importante ligação da Zona Sul ao centro da cidade, apesar de todas as legislações vigentes destinarem as várzeas à preservação ambiental.

Essas características, associadas às diversas medidas estruturais já implantadas, tornam a área elegível e prioritária para a implementação de soluções alternativas, como medidas não estruturais na gestão de águas urbanas, ligadas às SbN.

Essa abordagem multidisciplinar visa restaurar ou aproximar as condições naturais como forma de mitigar problemas urbanos. As soluções são avaliadas em relação às opções disponíveis, considerando seus custos e impactos sociais e ecológicos. Entre os benefícios, destacam-se a melhoria da qualidade do ar, a conservação da biodiversidade, os avanços na saúde pública e no bem-estar da população, além da valorização econômica dos locais, aumentando sua atratividade (Nesshöver et al., 2017; Raymond et al., 2017).

A partir do exposto, buscou-se proposições para a área de estudo utilizando SbN, de modo a proporcionar maior infiltração das águas pluviais.

Uma proposição que seria bastante interessante do ponto de vista ecológico-ambiental e a partir da análise realizada na Bacia do Córrego Ipiranga, considerando o histórico da área, a quantidade de recorrências, e a aplicação em exemplos no exterior, poderia ser a implantação de um parque linear ao longo da planície, conectando dois fragmentos remanescentes de Mata Atlântica na bacia: o do PEFI e do Parque da Independência. Além da função ambiental, um parque linear poderia abrigar espaços de lazer multifuncionais, desde que fossem aplicadas medidas de despoluição das águas. A área a jusante, mais intensamente atingida e prejudicada pelas inundações, poderia abrigar uma extensão do parque linear até a foz no Rio Tamanduateí. Essa opção também aparenta ser uma medida mais segura em termos da vulnerabilidade da população exposta, e poderia ser considerada inclusive em conjunto com outras medidas não estruturais. Entretanto, essa alternativa apresenta alto custo econômico de implantação, além de implicar questões sociais devido à necessidade de realocação de imóveis, comércios e viário de grande tráfego, e foi rejeitada pela Prefeitura em estudo anterior (PMSP, 2014). Também se deve mencionar os inúmeros problemas decorrentes de inundações nas bacias vizinhas e no município de São Paulo, o que torna a opção pela alternativa ambiental ainda mais delicada.

Dessa forma, avalia-se que a intervenção em um dos componentes, como, por exemplo, o grau de impermeabilização do solo, pode se dar com a implantação de pequenos jardins de chuva. Os jardins de chuva poderiam ser alocados ao longo das ruas transversais ao curso d'água com declividade acentuada, com o objetivo de diminuir a velocidade do escoamento superficial em eventos de chuva intensa e proporcionar a infiltração antes das águas atingirem o canal principal do Córrego Ipiranga, ou utilizando alguns canteiros, praças e áreas impermeabilizadas próximas do canal principal (Figura 8A a 8D). Foram identificadas 28 áreas na bacia onde poderiam ser implantados jardins de chuva, com área total aproximada de 17.000 m² (Figura 8E). A Prefeitura de São Paulo aponta como meta a criação de 400 jardins de chuva e esses pontos ainda contribuiriam com a função ambiental proposta². Essa medida não estrutural, que requer pequeno investimento e não precisa de grande extensão de áreas contínuas para ser empregada, pode contribuir positivamente para a minimização dos problemas sociais atuais, além de agregar valor ambiental e qualidade de vida.

Dados da Prefeitura de São Paulo apontam que cada metro quadrado de jardim de chuva custou entre R\$ 220,00 (abril de 2021) e R\$ 880,00 (abril e junho de 2024)³, de forma que se estima um investimento de cerca de R\$ 15 milhões para implantação dos jardins em todas as áreas identificadas como potenciais. Os jardins de chuva têm capacidade de retenção de águas cerca de 30% maior do que o jardim convencional⁴.

As diversas obras para ampliação do canal e recuperação de margens que seguiram ao longo do período de 30 anos (entre as décadas de 1980 e 2010) tiveram custo aproximado de cerca de R\$ 115 milhões (valores não corrigidos)⁵. As obras para construção de piscinão e desassoreamento realizadas no período de 2017 a 2022⁶ foram orçadas em R\$ 160 milhões⁷.

² Disponível em: <https://capital.sp.gov.br/noticia/cidade-tera-400-jardins-de-chuva-ate-2024-para-reduzir-alagamentos-e-aumentar-a-cobertura-vegetal>. Acesso em: 18 nov. 2024.

³ Disponível em: <https://participemais.prefeitura.sp.gov.br/legislation/processes/116/proposals/382>; <https://participemais.prefeitura.sp.gov.br/budgets/5/investments/10910>; e <https://veja.abril.com.br/agenda-verde/cidade-esponja-sao-paulo-planta-jardins-de-chuva-para-conter-enchentes>. Acesso em: 11 nov. 2024.

⁴ Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/jardim-de-chuva/>. Acesso em: 18 nov. 2024.

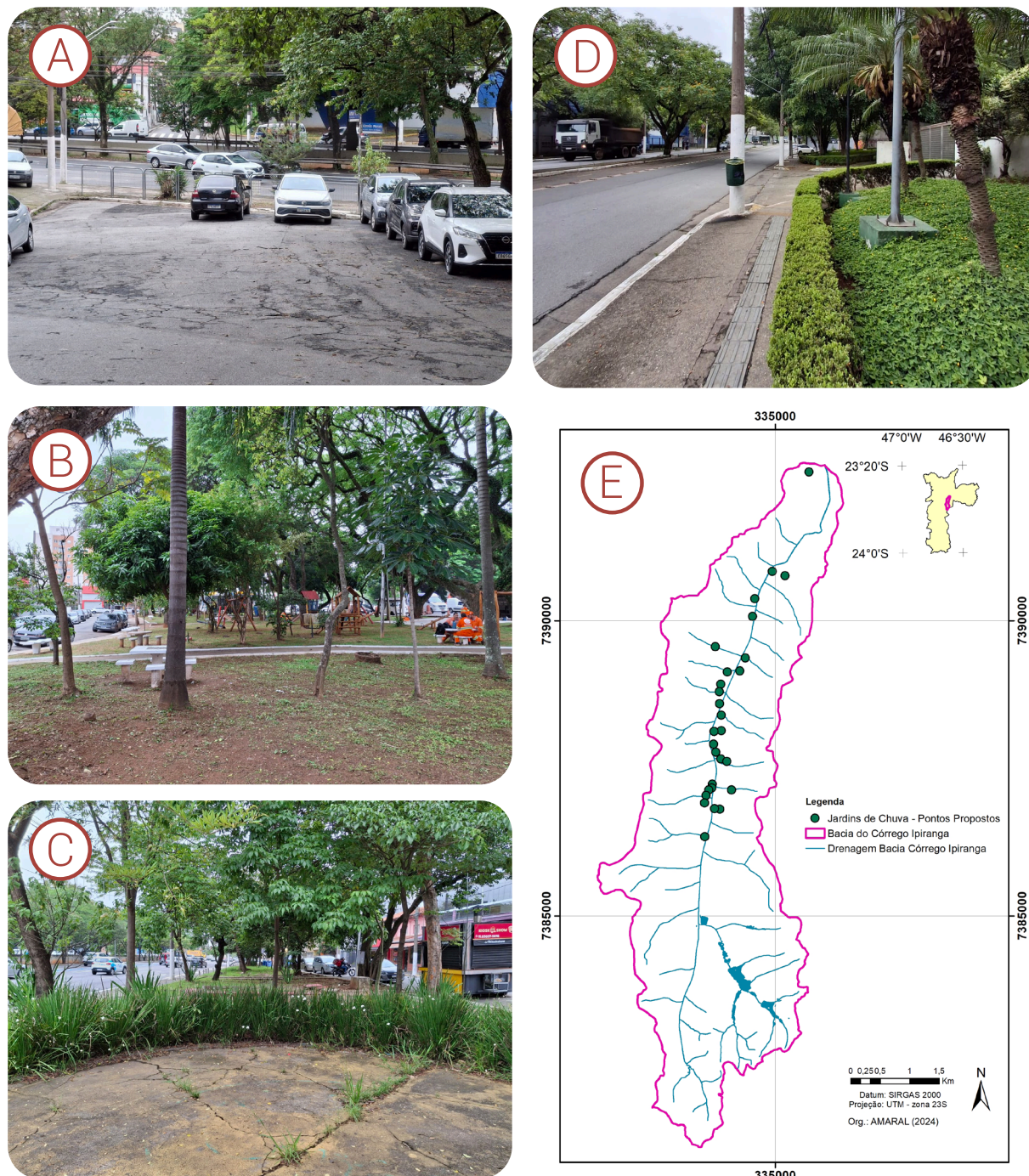
⁵ Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2011/03/29/avenida-historica-de-sao-paulo-sofre-com-enchentes-e-obras-ha-25-anos.htm>. Acesso em: 15 nov. 2024.

⁶ Disponível em: <https://jornalzonasul.com.br/corrego-ipuranga-tera-nova-etapa-de-obras-no-segundo-trimestre/>. Acesso em: 12 abr. 2024.

⁷ Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/noticia/prefeito-vistoria-obras-de-piscinao-no-corrego-ipuranga>, <http://jornalzonasul.com.br/corrego-ipuranga-piscinao/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

Essas medidas, em conjunto com as medidas estruturais já implementadas, podem ser importantes aliadas para a minimização dos riscos ligados às inundações do Córrego Ipiranga, bem como as práticas de educação ambiental, no intuito de instruir a população quanto à convivência com o risco, evitando novas perdas de vidas e de bens.

Figura 8 - Exemplos de áreas identificadas como potenciais para implantação de jardins de chuva na bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP



(A) Área asfaltada em final de ruas sem saída; (B) Praça com equipamentos de lazer; (C) Praça com áreas impermeabilizadas; (D) Canteiros e áreas ajardinadas ao longo de calçada. Todos esses locais estão próximos aos pontos identificados com inundações recorrentes; (E) Mapa dos pontos identificados como locais potenciais para implantação de jardins de chuva.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Referências

- AHIABLAME, L.; SHAKYA, R. Modeling flood reduction effects of low impact development at a watershed scale. **Journal of environmental management**, v. 171, p. 81-91, 15 Apr. 2016.
- AMARAL, R. **Análise integrada do ambiente urbano e as inundações recorrentes: caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga**. Orientador: Jurandyr Luciano Sanches Ross. 2020. 279 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.
- AMARAL, R.; GUTJAHR, M.; ROSS, J. L. S. The occurrence of floods in São Paulo, Brazil: the Ipiranga Stream Basin case study. **International Journal of Water Management and Diplomacy**, v. 1, n. 2, p. 5-22, Jan. 2021.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 1. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, p. 39-52.
- BALZA, G. Avenida histórica de São Paulo sofre com enchentes e obras a há 25 anos. **UOL**, São Paulo, 24 mar. 2011. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2011/03/29/avenida-historica-de-sao-paulo-sofre-com-enchentes-e-obras-ha-25-anos.htm>. Acesso em: nov. 2018.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global – esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, 13. São Paulo: Instituto de Geografia, 1971.
- BOUDOU, M.; DANIÈRE, B.; LANG, M. Assessing changes on urban flood vulnerability through mapping land use from historical information. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 12, p. 161-173, 18 Jan. 2016.
- CŒUR, D.; LANG, M. Use of documentary sources on past flood events for flood risk management and land planning. **Comptes Rendus Geoscience**. France, v. 340, n. 9-10, p. 644-650, 2008.
- CÓRREGO Ipiranga terá nova etapa de obras no segundo trimestre. **S. Paulo Zona Sul**, São Paulo, 24 mar. 2023. Disponível em: <https://jornalzonasul.com.br/corrego-ipuranga-tera-nova-etapa-de-obras-no-segundo-trimestre/#:~:text=acessados%20clicando%20aqui.,Piscin%C3%B5es,C%C3%B3rrego%20Tanquinho%20e%20C%C3%B3rrego%20Aricanduva>. Acesso em: 12 abr. 2024.
- CÓRREGO Ipiranga: piscinão fica pronto em 2019. **S. Paulo Zona Sul**, São Paulo, 3 Dez. 2017. Disponível em: <http://jornalzonasul.com.br/corrego-ipuranga-piscinao/>. Acesso em: 15 nov. 2018.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (São Paulo). **Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT3, Parte II, Tomo I – Levantamentos Gerais e Levantamento e Mapeamento das Áreas de Risco Conhecidas**. São Paulo: DAEE, 2012. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1364&Itemid=7. Acesso em: 05 jan. 2019.
- DHAKAL, K. P.; CHEVALIER, L. R. Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. **Journal of environmental management**, v. 203, p. 171-181. 1 Dec. 2017.
- EATON, T. T. Approach and case-study of green infrastructure screening analysis for urban stormwater control. **Journal of environmental management**, v. 209, p. 495-504. 1 Mar. 2018.
- Ecycle. Jardim de chuva: definição, vantagens e como fazer. [2023]. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/jardim-de-chuva/>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- FACCINI, F.; LUINO, F.; SACCHINI, A.; TURCONI, L.; DE GRAFF, J. V. Geohydrological hazards and urban development in the Mediterranean area: an example from Genoa (Liguria, Italy). **Natural Hazards Earth System Sciences**, v. 15, n. 12, p. 2631-2652, 2015.

GOGATE, N. G.; KALBAR, P. P.; RAVAL, P. M. Assessment of stormwater management options in urban contexts using Multiple Attribute Decision-Making. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, pt. 4, p. 2046-2059, 20 Jan. 2017.

INSTITUTO GEOLÓGICO (São Paulo). Banco de Dados Históricos de Desastres Naturais Relacionados a Eventos Climáticos na Baixada Santista. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://200.144.28.233/dnbs/busca.php>. Acesso em: 16 fev. 2015.

IPIRANGA FEELINGS. Projeto do Eixo Histórico do Ipiranga traz jardins, acessibilidade e mirante para o riacho. Ipiranga, SP, 22 jul. 2022. Disponível em: <https://ipirangafeelings.com.br/eixo-historico-do-ipiranga/>. Acesso em: fev. 2024.

KIM, H. W.; PARK, Y. Urban green infrastructure and local flooding: the impact of landscape patterns on peak runoff in four Texas MSAs. **Applied Geography**, v. 77, p. 72-81, Dec. 2016.

MARQUES, T. H. N.; RIZZI, D.; FERRAZ, V.; HERZOG, C. P. Soluções baseadas na natureza: conceituação, aplicabilidade e complexidade no contexto latino-americano, casos do Brasil e Peru. **Revista LABVERDE**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 12-49, 2021.

MASSOUDIEH, A.; MAGHREBI, M.; KAMRANI, B.; NIETCH, C.; TRYBY, M.; AFLAKI, S.; PANGULURI, A. A flexible modeling framework for hydraulic and water quality performance assessment of stormwater green infrastructure. **Environmental Modelling & Software**, v. 92, p. 57-73, Jun. 2017.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000. 127 p.

NESSHÖVER, C.; ASSMUTH, T.; IRVINE, K. N.; RUSCH, G. M.; WAYLEN, K. A.; DELBAERE, B.; HAASE, D.; WALTERS, L. J.; KEUNE, H.; KOVACS, E.; KRAUZE, K.; KÜLVIK, M.; REY, F.; DIJK, J. V.; VISTAD, O. I.; WILKISON, M. E.; WITTMER, H. The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective. **Science of the Total Environment**, v. 579, p. 1215-1227, 1 Feb. 2017.

NEVES, E. Cidade-esponja: São Paulo planta 'jardins de chuva' para conter enchentes: Para fazer frente à crise climática, prefeitura planeja que projeto tenha 400 áreas verdes até o fim do ano. **Veja**, São Paulo, 24 jun. 2024. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/agenda-verde/cidade-esponja-sao-paulo-planta-jardins-de-chuva-para-conter-enchentes>. Acesso em: 11 nov. 2024.

OGURA, A. T.; CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. D. (org.). **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

PARTICIPE+ CIDADE DE SÃO PAULO. Implantar Jardim de chuva no Conjunto Residencial Butantã. São Paulo, 24 abr. 2024. Disponível em: <https://participemais.prefeitura.sp.gov.br/budgets/5/investments/10910>. Acesso em: 11 nov. 2024.

PARTICIPE+ CIDADE DE SÃO PAULO. Jardim de chuva no trevo da Rua Mapibu, sub-bacia do córrego Tiburtino, na Lapa. São Paulo, 28 abr. 2021. Disponível em: <https://participemais.prefeitura.sp.gov.br/legislation/processes/116/proposals/382>. Acesso em: 11 nov. 2024.

RAYMOND, C. M.; FRANTZESKAKI, N.; KABISCH, N.; BERRY, P.; BREIL, M.; NITA, M. R.; GENELETTI, D.; CALFAPIETRA, C. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. **Environmental Science & Policy**, v. 77, p. 15-24, Nov. 2017.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, p. 63-73, 1994.

SANTOS, A. P.; AMARAL, R. Levantamento histórico de dados de inundação do córrego Ipiranga – São Paulo/SP. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC-IG, 7., 2017, São Paulo. **Caderno de resumos** [...]. São Paulo: Instituto Geológico, ago. 2017. Disponível em: http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS_7-SIC-IG_2016.pdf.

SARA BRASIL. Mapa topográfico do município de São Paulo. São Paulo: Sara Brasil, 1930. Disponível em: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx, Acesso em 21 out 2017.

SÃO PAULO (SP). Prefeitura. Cidade terá 400 jardins de chuva até 2024 para reduzir alagamentos e aumentar a cobertura vegetal: Além de coletar e 'segurar' as águas, os jardins contribuem para deixar a cidade mais florida e atrai mais pássaros. São Paulo, 3 nov. 2021. Disponível em: <https://capital.sp.gov.br/noticia/cidade-tera-400-jardins-de-chuva-ate-2024-para-reduzir-alagamentos-e-aumentar-a-cobertura-vegetal> . Acesso em: 18 nov. 2024.

SÃO PAULO (SP). Prefeitura. **Dados históricos e demográficos**. São Paulo, 2017b. Disponível em: http://smul.prefeitura.sp.gov.br/historico_demografico/, Acesso em: 21 out. 2017.

SÃO PAULO (SP). Prefeitura. **Mapa Digital da Cidade de São Paulo**. São Paulo, 2017a. Disponível em: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx. Acesso em: 21 out. 2017.

SÃO PAULO (SP). Prefeitura. Prefeito vistoria obras de piscinão no Córrego Ipiranga: intervenções irão beneficiar as prefeituras regionais da Vila Mariana, Jabaquara e Ipiranga. São Paulo, 12 maio 2018. Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/noticia/prefeito-vistoria-obras-de-piscinao-no-corrego-ipuranga>. Acesso em: 15 nov. 2018.

SÃO PAULO (SP). Prefeitura. Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. **Obras de controle de inundações na Bacia do Riacho do Ipiranga**: estudo de viabilidade ambiental (EVA): Caracterização do empreendimento. [São Paulo: s.n.], 2014, v. 1.

SÃO PAULO (SP). Prefeitura. Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. Região do Museu do Ipiranga ganha projeto da SP Urbanismo para novas calçadas, áreas arborizadas e até mirante. São Paulo, 16 maio 2022. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/noticias/index.php?p=328985>. Acesso em: 27 fev. 2024.

SOTCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre**. São Paulo: Instituto de Geografia, 1978. (Biogeografia, v. 14).

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977. 97 p.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **Soluções baseadas na natureza para a gestão da água: resumo executivo**: relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2018. Perúgia: WWAP, 2018. 11 p. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261594_por. Acesso em: 03 mar. 2022.

Sobre os autores

Rosangela do Amaral

Bacharel e licenciada em Geografia. Possui mestrado (2005) e doutorado (2020) em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é pesquisadora científica do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA), Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (SEMIL) do Estado de São Paulo. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas: desastres naturais, fragilidade ambiental, erosão, cartografia geomorfológica, recuperação de áreas degradadas e hidrogeografia. <http://lattes.cnpq.br/0122795086256762>

Jurandyr Luciano Sanches Ross

Geógrafo, formado pela Universidade de São Paulo (USP). Possui mestrado e doutorado em Geografia Física também pela USP (1987). Professor titular da USP, foi chefe do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da instituição. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas: geomorfologia, cartografia, gestão ambiental, zonamento ecológico-econômico e planejamento ambiental territorial. Foi consultor do MMA para projetos de ZEE no período 1992/2002. Atuou como consultor ou orientação técnica científica em diversos projetos de Zoneamento Ecológico-econômico, Planos Diretores Municipais e Planos de Manejo de Unidades de Conservação Federais e Estaduais. <http://lattes.cnpq.br/1197390306069415>



BIBLIOTECA
DO INEA

CONHEÇA NOSSAS PUBLICAÇÕES E VENHA PESQUISAR NA NOSSA BIBLIOTECA

A biblioteca do Inea é aberta ao público e reúne estudos, planos, cartilhas e publicações de interesse geral. Venha nos fazer uma visita ou acesse nossas publicações pelo Portal Inea.

Consulte nosso catálogo:

https://biblioteca.inea.rj.gov.br/sophia_web/

Avenida Venezuela, 110/subsolo - Saúde - Rio de Janeiro - RJ

inea instituto estadual
do ambiente

Secretaria do
Ambiente e
Sustentabilidade



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO