

Infraestrutura verde como Solução baseada na Natureza para mitigação dos impactos na drenagem urbana de São Paulo: um mapeamento da literatura

Green infrastructure as a Nature-based Solution for mitigating impacts on urban drainage in São Paulo: a mapping of the literature

La Infraestructura verde como Solución basada en la Naturaleza para mitigar los impactos en el drenaje urbano en São Paulo: un enfoque de cartografía bibliográfica

Daniela Moniz

Especialista em Reabilitação Ambiental Arquitetônica e Urbanística, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil
arquitetamoniz@gmail.com

Daniel Sant'Ana

Professor Doutor, Laboratório Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil
dsantana@unb.br

RESUMO

O crescimento desordenado da cidade de São Paulo, com ocupação de áreas de várzea, canalização de rios e córregos e impermeabilização, causaram diversos problemas à cidade, dentre eles as enchentes e alagamentos recorrentes nos eventos de chuvas intensas. Como forma de resolver o problema, o poder público apresenta como solução os reservatórios para retenção de águas pluviais, conhecidos como 'piscinões', que reduzem o volume da água na rede de drenagem, mas descartam a água das chuvas e com ela toda a poluição que chega até ele. A partir de uma revisão exploratória da literatura, este artigo buscou mapear os principais estudos realizados sobre infraestrutura verde como Solução baseada na Natureza para drenagem urbana em São Paulo e, com isso, verificar sua aplicabilidade em busca de soluções para adaptar a cidade. Os estudos apresentaram bons resultados na implementação de infraestrutura verde para a drenagem urbana, mas em alguns destes foram encontrados erros em projetos ou em execução. Além disso, apesar do poder público indicar que na revisão do Plano Diretor que o sistema de drenagem deva priorizar as Soluções baseadas na Natureza, a solução adotada para os problemas de enchentes e alagamentos na cidade é a instalação dos piscinões.

PALAVRAS-CHAVE: Soluções baseadas na Natureza, Infraestrutura verde, drenagem urbana

ABSTRACT

The disorganized growth of the city of São Paulo, with the occupation of floodplains, the canalization of rivers and streams and waterproofing, has caused several problems in the city, including floods and recurrent flooding during heavy rainfall events. As a way of solving the problem, the public authorities have come up with rainwater detention reservoirs, known as 'piscinões', which reduce the volume of water in the drainage network, but dispose of the rainwater and with it all the pollution that reaches it. Based on an exploratory literature review, this article sought to map the main studies carried out on green infrastructure as a nature-based solution for urban drainage in São Paulo and, with this, to verify its applicability in the search for solutions to adapt the city. The studies showed good results in the implementation of green infrastructure for urban drainage, but some of them found errors in design or execution. In addition, even though the government indicated in the revision of the Master Plan that the drainage system should prioritize nature-based solutions, the solution adopted for the city's flooding problems is the installation of "piscinões".

KEYWORDS: Nature-based Solutions, Green Infrastructure, urban drainage

RESUMEN

El crecimiento desordenado de la ciudad de São Paulo, con la ocupación de llanuras aluviales, la canalización de ríos y arroyos y la impermeabilización, ha causado una serie de problemas en la ciudad, entre ellos las inundaciones recurrentes durante los episodios de fuertes lluvias. Como forma de resolver el problema, las autoridades públicas han ideado embalses de detención de aguas pluviales, conocidos como "piscinões", que reducen el volumen de agua en la red de drenaje, pero desechan el agua de lluvia y con ella toda la contaminación que llega a ella. A partir de una revisión exploratoria de la literatura, este artículo buscó mapear los principales estudios realizados sobre infraestructura verde como solución basada en la naturaleza para el drenaje urbano en São Paulo, y así verificar su aplicabilidad en la búsqueda de soluciones para la adaptación de la ciudad. Los estudios mostraron buenos resultados en la implementación de la infraestructura verde para el drenaje urbano, pero algunos de ellos encontraron errores en el diseño o en la ejecución. Además, a pesar de que las autoridades públicas han indicado en la revisión del Plan Director que el sistema de drenaje debe dar prioridad a las soluciones basadas en la naturaleza, la solución adoptada para los problemas de inundaciones de la ciudad es la instalación de "piscinões".

PALAVRAS-CLAVE: Soluciones basadas en la Naturaleza, Infraestructura Verde, drenaje urbano

1 INTRODUÇÃO

Até meados do século XIX a mancha urbana da cidade se restringia à área no entorno dos rios Tamanduateí e Anhangabaú, na região central, e o Tietê, localizado mais ao norte, e não tinha muita importância para a economia do país. Porém, com a expansão do cultivo do café, a cidade que tinha pouco mais de 30 mil habitantes em 1872, contava com mais de 200 mil habitantes na virada do século (ROLNIK, 2001; GORSKI, 2008). Com um crescimento desordenado, a primeira grande enchente em São Paulo, ocorreu no ano de 1929. A cidade já vinha sofrendo com inundações consideráveis desde 1919, nas junções dos rios Tietê e Tamanduateí, áreas de assentamentos populares da época, mas a partir de 1929, o problema chegou às regiões mais nobres da cidade, e o engenheiro sanitário Francisco Saturnino de Brito começou a estudar a retificação do Rio Tietê. Em seu projeto, defendia a recuperação das margens dos rios já poluídos e manutenção das áreas verdes ao longo dos cursos d'água, para que os rios tivessem espaço para transbordar. A proposta, apesar de inovadora, não foi implantada e, a partir de 1930 tem início o Plano de Avenidas proposto pelo engenheiro Francisco Prestes Maia, então chefe da Secretaria de Viação e Obras Públicas da Prefeitura de São Paulo, com um modelo que priorizava a construção de avenidas e canalizava os seus rios (ROLNIK, 2001; SOARES, 2014).

A partir da década de 1990 foi elaborado o Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (PDMAT) e um início de soluções voltadas à macrodrenagem urbana. Neste plano diretor, foram apresentados reservatórios para detenção de águas pluviais, conhecidos como 'piscinões'. Essas macrobacias de detenção são capazes de reduzir os picos de vazão de águas pluviais à jusante, ao armazenar temporariamente a água da chuva e liberar o seu escoamento de forma lenta e gradual. Os piscinões surgiram na cidade de São Paulo como estratégia para mitigar os efeitos de alagamentos e enchentes – especialmente os problemas de trânsito. Este mecanismo de controle de alagamentos e enchentes começou a ser replicado por toda a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Porém, com o tempo, verificou-se que estas estruturas possuem, um alto de implantação, problemas operacionais e de manutenção. A construção e manutenção de piscinões requerem grandes investimentos por parte do setor público. É comum o acúmulo de sedimentos, detritos e poluentes nos reservatórios e, caso não ocorra a constante remoção de poluentes e sedimentação, sua capacidade de armazenamento pode ficar comprometida e causar impactos ambientais e de saúde pela água contaminada (MOURA; PELLEGRINO; MARTINS, 2014; SOARES, 2014; ABRIL, 2017).

Segundo a SMDU (2012), a poluição dos corpos d'água que anteriormente era associada aos esgotos domésticos não tratados e despejos industriais, hoje está associada ao escoamento superficial sobre áreas impermeáveis, áreas em fase de construção, depósito de lixo ou de resíduos industriais e outros. O escoamento superficial da água nestes locais, carrega todo o material solto e solúvel que encontra aos corpos d'água e a estes materiais é dado o nome de poluição difusa. Além do mais, os piscinões ocupam grandes áreas da cidade, gerando impactos ambientais e sociais, alterando a paisagem urbana, causando a destruição de ecossistemas naturais e áreas verdes, gerando problemas estéticos e de uso do solo para a comunidade. A realidade, é que essas obras de engenharia de grandes proporções, deixaram de explorar o potencial urbanístico e paisagístico de onde são instalados (ABRIL, 2017). Além de auxiliar no controle de alagamentos e enchentes, a implementação de Infraestruturas Verdes (IV) como Soluções baseadas na Natureza (SBN) para drenagem urbana podem melhorar a

qualidade de águas pluviais antes de serem liberadas em corpos d'água, elevar a biodiversidade da cidade, reduzir os efeitos de ilhas de calor e promover bem-estar à população pela presença de áreas verdes agradáveis e esteticamente atraentes na cidade.

Com isso em mente, este trabalho buscou mapear os principais estudos realizados sobre infraestrutura verde como solução baseada na natureza para drenagem urbana em São Paulo e, com isso, verificar sua aplicabilidade em busca de soluções para adaptar a cidade.

2 METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo traçado, este trabalho realizou uma revisão exploratória da literatura. Utilizando a base de dados do Google Acadêmico, foi realizada uma investigação utilizando variações das palavras-chave: (Soluções baseadas na Natureza OU Infraestrutura Verde) E (Drenagem Urbana OU Água* Pluvi*) E "São Paulo". As palavras-chave utilizadas nas buscas ou fazem parte do tema do artigo ou possuem relação direta com este, além da cidade de São Paulo para a busca de estudos na região. Foram selecionados apenas artigos publicados em periódicos qualificados CAPES, teses e dissertações que apresentaram aderência ao tema. Foi dada preferência aos estudos executados dentro da cidade de São Paulo para desta forma poder analisar os pontos positivos e negativos das implementações, bem como as regiões da cidade onde foram instalados. Em seguida, foram extraídas informações referentes ao local, objetivo, método e resultados dos estudos para uma análise descritiva. Com isso, foi possível realizar uma análise da aplicabilidade das diferentes estratégias de infraestrutura verde estudadas, em busca de soluções para adaptar a cidade de São Paulo.

3 INFRAESTRUTURA VERDE COMO SOLUÇÃO BASEADA NA NATUREZA PARA A DRENAGEM URBANA

O termo 'Soluções baseadas na Natureza' (SBN) surgiu no final dos anos 2000 e o seu conceito veio através de organizações internacionais como a União Internacional para a Conservação da Natureza (em inglês, IUCN) e o Banco Mundial, porém somente a partir de 2011 que o termo começou a ser utilizado por pesquisadores. A IUCN (2016, p. xii) define SBN como "ações para proteger, gerenciar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados que abordam os desafios sociais de forma eficaz e adaptável, fornecendo simultaneamente bem-estar humano e benefícios da biodiversidade". Apesar de os debates sobre as SBN terem acontecido inicialmente em torno das mudanças climáticas e desertificação, hoje abrangem diversas agendas de conservação, se tornando uma espécie de conceito guarda-chuva para demais abordagens já consolidadas relacionadas ao ecossistema. (COHEN-SHACHAM et al., 2016; CAMPOS, 2021; FRAGA, 2020).

Na gestão das águas, três objetivos principais podem ser alcançados com SBN: i) aumentar a disponibilidade da água para o consumo humano, agricultura e indústria; ii) reduzir os riscos climáticos associados à água (secas e enchentes); iii) gerar cobenefícios sociais, econômicos e ambientais (ONU, 2018). Porém investimentos em SBN ainda são ínfimos perante os investimentos nas infraestruturas tradicionais das águas. Na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, a ampliação do uso de SBN será um ponto central (HERZOG; ROZADO, 2020).

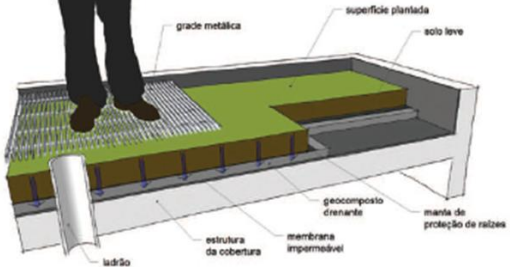
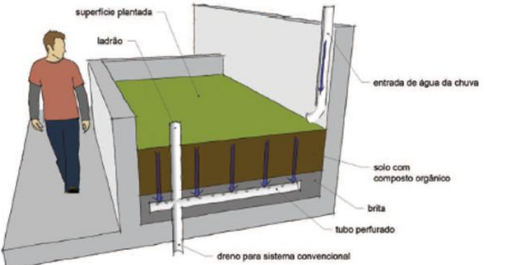
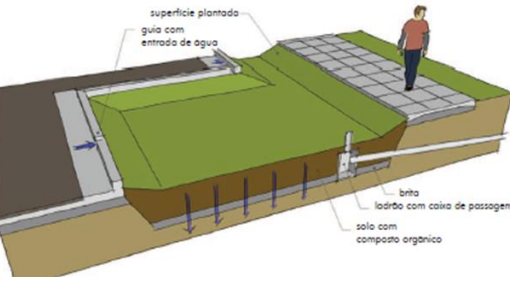
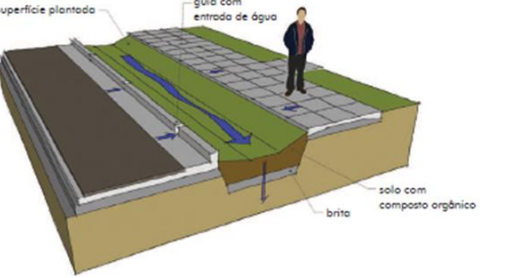
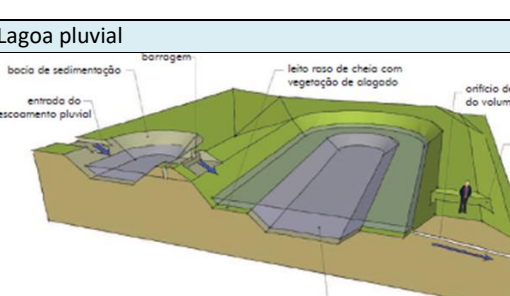
A partir da década de 1970, com o fim do período higienista, alguns países passam a buscar novas soluções na forma como manejar as suas águas e deixando de apenas coletá-las e conduzi-las o quanto antes para longe. Essas medidas usadas em conjunto com a drenagem tradicional trouxeram uma série de benefícios o que começou a ser chamado de drenagem urbana sustentável. A partir disso, essa nova forma de ver as águas pluviais com base nos conceitos de redução dos impactos ambientais foi ampliada nas décadas de 80 e 90 e disseminada principalmente a partir dos anos 2000 sendo inserida nas legislações dos EUA e Canadá. (COHEN-SHACHAM et al., 2016; CAMPOS, 2021).

No caso da drenagem urbana em centros urbanos, as Soluções baseadas na Natureza utilizadas são também conhecidas como infraestrutura verde, que é uma infraestrutura de baixo impacto, e é usada de modo complementar à infraestrutura convencional, ou infraestrutura cinza, permitindo diminuir o escoamento superficial, sobrecarregando menos o sistema de drenagem instalado (CAMPOS, 2021). A combinação de abordagens da infraestrutura verde e da infraestrutura cinza pode levar à redução de riscos e custos. Na gestão de inundações, podem envolver a retenção de água por meio da gestão de infiltração e do escoamento superficial de águas pluviais (CONNOR et al., 2018).

As infraestruturas verdes na drenagem urbana mimetizam as funções ecológicas e hidrológicas ao trazer o verde para o ambiente ao mesmo tempo que desempenha funções relacionadas à drenagem urbana, conforto ambiental, biodiversidade, alternativas de circulação, acessibilidade e imagem local. Na escala da cidade, conserva os valores dos ecossistemas naturais e suas funções como mananciais, controle ambiental, regulação climática, recreação e lazer (CORMIER; PELLEGRINO, 2008).

Segundo Cormier e Pellegrino (2008) as principais estratégias de infraestrutura verde para drenagem urbana são:

Quadro 1 – Principais estratégias da infraestrutura verde para a drenagem urbana

Estratégia	Descrição
Teto verde	
	<p>São coberturas de vegetação plantada em cima do solo tratado com compostos orgânicos e areia, espalhado sobre uma base composta por uma barreira contra raízes, um reservatório de drenagem e uma membrana à prova d'água.</p>
Canteiro pluvial	
	<p>São jardins de chuva compactados em pequenos espaços urbanos, podendo contar com um extravasor, além de sua capacidade de infiltração, ou contar com a evaporação, evapotranspiração e transbordamento.</p>
Jardins de chuva	
	<p>São depressões topográficas, existentes ou adaptadas para receberem o escoamento da água pluvial proveniente de telhados e demais áreas impermeabilizadas. O solo age como uma esponja absorvendo a água, enquanto microorganismos e bactérias removem a poluição difusa trazida pelo escoamento superficial.</p>
Biovaletas	
	<p>São depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes, que absorvem a água da chuva, aumentando o seu tempo de escoamento e dirigindo-a para jardins de chuva ou sistemas convencionais de detenção das águas.</p>
Lagoa pluvial	
	<p>Funcionam como as bacias de retenção e recebem o escoamento superficial por drenagens naturais ou tradicionais, mantendo parte da água pluvial retida. Caracterizam-se como um alagado construído, mas não são destinados a receber os esgotos domésticos ou industriais.</p>

Fonte: Adaptado de Cormier e Pellegrino (2008)

4 ESTUDOS DE INFRAESTRUTURA VERDE EM SÃO PAULO

Martins e Pellegrino (2012), avaliaram o desempenho das tipologias de infraestrutura verde na revitalização da Praça das Corujas, no bairro da Vila Madalena, zona oeste de São Paulo. Com um relevo íngreme e acidentado, a praça tem um curso d'água, o Córrego das Corujas, que escoava a céu aberto somente no trecho que passa pela praça e volta a ser canalizado até desembocar no rio Pinheiros. A ideia da revitalização da praça partiu de um grupo de moradores que buscavam propostas para um projeto que transformasse a área em um espaço agradável para a população do bairro. Em 2007, um ano depois da ideia inicial de revitalização, uma equipe de arquitetos, paisagistas e engenheiros hidráulicos iniciou os estudos. O projeto básico propunha as seguintes tipologias de infraestrutura verde: biovaletas, pisos de pedrisco e blocos de concreto com colchões drenantes e duas lagoas pluviais, todas elas dimensionadas para receberem o escoamento superficial da área. Além das tipologias de infraestrutura verde, o projeto inicial contava com caminhos permeáveis de blocos intertravados; caminhos de pedriscos, sendo substituídos por escadas de placa de concreto recicladas nas áreas mais íngremes; três decks elevados sobre as lagoas pluviais. A vegetação existente seria mantida, com exceção de espécies exóticas ou em condições fito-sanitárias ruins. Após detalhamento do projeto executivo, a obra da praça iniciou em 2009.

No relatório, foi feito o levantamento das características da área antes da implantação do projeto, revisão do projeto original e do que foi executado, visitas para levantamento, projeto de as-built, entrevistas com usuários da praça e levantamento do desempenho das tipologias de infraestrutura verde instaladas. Em alguns trechos mais inclinados as pedras das biovaletas foram concretadas, impermeabilizando-as, impedindo o plantio de vegetação e reduzindo a filtração do escoamento pluvial, no trecho mais abaixo, onde houve o plantio da forração, este não foi suficiente para reter toda a água; durante a obra foi descoberta uma nascente impossibilitando o manejo de árvores existentes e conseqüentemente a instalação das lagoas pluviais o que fez com que o deságue das biovaletas fosse mantido sem amortecimento; em alguns pontos não houve plantio imediato de vegetação nas biovaletas que não foram concretadas e assim as biomantas permaneceram expostas; houve também modificação dos pisos especificados em projeto e colocação de argamassa em volta de algumas árvores ou sobre os caminhos. No córrego, houve uma erosão dos materiais do talude causando uma instabilidade das margens, além disso, no córrego foi percebido o odor característico de esgoto e coloração não usual da água e o descarte de lixos.

Apesar dos problemas com a equipe contratada pela prefeitura de São Paulo e que executou o projeto de revitalização da praça, o local se tornou atrativo para moradores e visitantes, tornando-se ponto de encontro e referencial no bairro, valorizando as casas da região. De acordo com os entrevistados, foi possível observar a ligeira diminuição de alagamentos frequentes ao final do trecho do córrego. Neste mesmo trecho, os autores verificaram que a qualidade da água fica melhor e é possível observar espécies de pequenos peixes. Na segunda parte do relatório foi levantado intervenções para solucionar os principais problemas levantados no diagnóstico realizado, além de aprofundar o diagnóstico do desempenho das tipologias de infraestrutura verde implantadas. O resultado foi que as áreas que mereceriam intervenções imediatas, seriam as margens do córrego que tiveram problema de erosão e as biovaletas que tiveram as pedras argamassadas, impossibilitando a retenção e filtração do escoamento. Já a terceira parte do relatório, surgiu por uma oportunidade de

complementar o projeto da praça solucionando os problemas levantados na primeira parte do relatório e que foram concluídos ainda em 2012.

Motivado por reflexões a partir da obra da Praça das Corujas, Moura (2014) desenvolveu um modelo de biorretenção na Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira, na Universidade de São Paulo (USP), com o intuito de analisar a solução como resposta projetual e mais integrada à paisagem para o controle da água das chuvas. Utilizando soluções naturalizadas de manejo dos escoamentos pluviais em complementação às técnicas convencionais de engenharia e avaliar também o desempenho do protótipo na mitigação da poluição difusa, para isso foram medidas as vazões afluentes e efluentes dos canteiros para definir e comparar as cargas poluidoras na entrada e na saída, realizadas análises nas águas na entrada e saída do sistema para verificar as melhorias nos indicadores físico-químico e biológico.

Foram avaliados dois canteiros igualmente preenchidos, mas isolados entre si e com coberturas vegetais distintas; em um deles foi utilizado uma única espécie de grama, a grama esmeralda, e no outro um jardim com forrações, herbáceas e arbustos, predominantemente nativos. Os canteiros recebiam as vazões de água da sarjeta da via adjacente e o experimento foi monitorado por um ano, entre março de 2012 e março de 2013. O experimento além de comprovar a eficiência do sistema de biorretenção, também reuniu evidências de que o jardim, composto por uma variedade de espécies selecionadas, atinge maiores reduções nas concentrações e cargas de poluentes do que o gramado. Os indicadores avaliados e que tiveram redução em suas concentrações foram: pH, metais, sulfetos, DBO, COT, nutrientes, óleos e graxas. Além disso, os canteiros apresentaram bom desempenho da qualidade da água dos escoamentos. O resultado do experimento atestou uma boa redução na concentração de poluentes, sendo 39,55% no gramado e 48,16% no jardim e na diminuição das cargas difusas acumuladas de 89,94% para o gramado e 95,49 para o jardim. Além dos dados avaliados serem superiores para o jardim, este também não exige as podas periódicas exigidas pelo gramado.

Castañer (2018) avaliou a eficiência de modelos alternativos para a gestão das águas urbanas fundamentadas no emprego de IV recuperando funções hidrológicas para o controle da contaminação e mitigação do efeito da impermeabilização. Após levantamento de análise da degradação ambiental da bacia hidrográfica do Jaguaré são projetadas bacias de biorretenção ou jardins de chuva para controle da contaminação difusa na Sub-Bacia do Córrego Água Podre, na periferia da zona oeste da cidade e simulada a sua eficiência na remoção de sedimentos acumulados nas superfícies e o volume de armazenamento para 90% de remoção da carga de sedimento inicial. Os jardins de chuva são projetados para dispor de área suficiente para armazenamento do volume de água a ser tratada durante o tempo de infiltração e contribui para a redução das cargas contaminantes introduzidas no córrego através da rede de drenagem e são também integradas à rede de microdrenagem fazendo parte da paisagem urbana local e facilitando o controle da contaminação difusa. No estudo também é dimensionado um alagado construído para redução de no mínimo 60% da concentração da Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) média na vazão base do Córrego Água Podre; projetado com vegetação macrófita sobre camada de cascalho e areia, nele o escoamento pluvial coletado é direcionado para o curso principal do córrego. Com o projeto do alagado construído são propostas áreas para recreação e definição de trilhas para caminhada.

Os resultados foram que a integração de tipologias de IV nos sistemas de microdrenagem de regiões urbanizadas das bacias da periferia de São Paulo são alternativas eficientes para a mitigação do problema da contaminação introduzida em córregos nos

episódios de chuvas. Estes sistemas atenuam a poluição difusa, atuando como elementos que controlam a água da primeira chuva e reduzem as cargas de sedimentos. Analisando o jardim de chuva com volume de 85m³, recebendo a primeira vazão de escoamento em um período de seca e outro evento em um período de chuva, na área de drenagem de 0,7 hectares reduz em até 90% da carga de sedimentos inicial acumuladas na superfície. Com relação à simulação dos alagados construídos são uma alternativa eficiente para controle de cargas de esgoto em córregos locais, permitindo reduzir para níveis aceitáveis pelo CONAMA e recomendando-se sua aplicação em parques lineares da periferia.

Santos (2020) com o intuito de mostrar os movimentos coletivos somados às possibilidades de construções colaborativas para repensar os espaços urbanos, analisou o jardim de chuva no Largo das Araucárias, no bairro de Pinheiros, zona oeste de São Paulo. O local que antigamente servia como um ponto de retorno dos bondes, estava sendo utilizado como local de despejo de entulho. A iniciativa e o projeto de revitalização do largo foram do paisagista Ricardo Cardim, do escritório Cardim Arquitetura Paisagística, em parceria com Nick Sabey, do coletivo Novas Árvores por aí, e Guilherme Castagna, engenheiro do escritório Fluxos, além de apoio do setor privado. No projeto o largo foi dividido em dois jardins de chuva conectados e que totalizam 200m² de área construída de 900m² de área de captação. Segundo dados dos responsáveis pelo desenvolvimento dos jardins, a estimativa era de que o volume anual retido, tratado e infiltrado fosse de 871m³. E assim, com a participação de 200 pessoas que ajudaram a plantar espécies nativas da Mata Atlântica e remanescentes do cerrado paulista, o Largo das Araucárias recuperou a sua antiga função de várzea graças aos dois jardins de chuva construídos e que passaram a recolher 100% das águas pluviais captadas, o que eliminou a necessidade de ampliação da rede de drenagem para aquele trecho e auxiliou na alimentação do lençol freático que abastece o Córrego Rio Verde.

Pereira (2021), catalogou as células de biorretenção, como os jardins de chuva, canteiros pluviais e biovaletas existentes na cidade de São Paulo, sintetizando os seus tipos principais com o objetivo de mapear o que havia sido feito até a data do artigo e o que seria necessário melhorar para que estas células de biorretenção se tornassem parte das tecnologias recorrentes para a drenagem urbana na cidade. Para isso, foram avaliados três tipos principais: o tipo 1 é composto por jardins de chuva em bairros residenciais de médio-alto padrão; o tipo 2 são os jardins de chuva em bairros periféricos, executados por profissionais privados responsáveis também pelos jardins de chuva do Largo das Araucárias, apresentados no estudo anterior; e o tipo 3 são as obras públicas advindas de projetos da prefeitura e, neste caso, foram considerados para o artigo somente as obras que não tiveram a participação da equipe envolvidas nas células do tipo 2. Para um bom planejamento das células é necessário sua localização geográfica, interconexão e o cálculo de parâmetros. Neste aspecto, nenhum dos três tipos teve um estudo prévio para a sua localização geográfica e para isso, uma das formas seria a consideração da compartimentação e o zoneamento ambiental que dão suporte para que a sociedade conserve parte de sua estabilidade biofísica. Nos tipos 1 e 2 não foram considerados os parâmetros de pedologia, topografia e hidrologia para instalação das células de biorretenção, essencial para a sua contribuição, além de não adotarem critérios hidrológicos e não atenderem à capacidade de remoção da poluição difusa; por outro lado, as soluções de entrada, caminho percorrido e saída de água foram adequadas e usaram vegetação nativa no plantio. No tipo 3, algumas das células apresentaram entrada de água fora dos pontos de escoamento, uso de

vegetação não nativa e pouca biodiversidade, entretanto, estes jardins de chuva apresentaram boas soluções práticas.

Um planejamento integrado destas células deve levar em conta a transdisciplinaridade de sua aplicação, além de ser feito por profissionais qualificados, com critérios definidos, de forma a avaliar o seu desempenho e a qualidade da implantação, locando as células onde possam atingir o melhor da sua eficiência além de usar critérios para manutenção, de forma que as células mantenham o seu desempenho. Os pontos para melhor implantação das células são as cabeceiras, as partes mais altas da bacia, onde o solo tem uma maior capacidade de absorção de água ao contrário dos pontos próximos aos fundos de vale que têm baixa capacidade de infiltração. Por outro lado, estas áreas de fundos de vale podem abrigar depressões formando pequenas lagoas intermitentes que são capazes de reter temporariamente as águas durante os picos de chuva. E por isso é importante o estudo das áreas a serem implantadas para a escolha do melhor tipo de célula para o local. Um outro ponto levantado pela autora é que apesar da instalação das células do tipo 2 em bairros da periferia da cidade, esta prática não é comum e a grande concentração das células foram implantadas nas regiões central e sudoeste, demonstrando uma desigualdade sócio-espacial.

No Quadro 2, estão os principais dados apresentados nos estudos.

Quadro 2: Principais dados dos estudos

Objeto de Estudo	Objetivo	Método	Resultado
Infraestrutura verde instalada na Praça das Corujas, na Vila Madalena	Avaliar o desempenho das tipologias de infraestrutura verde instaladas na revitalização da Praça das Corujas	Levantamento da área anteriores à implantação do projeto, análise do projeto original e do executado, visitas em campo, projeto de <i>as-built</i> , entrevistas com usuários	Mesmo tendo sido executado um projeto inferior ao previsto, o local se tornou atrativo para moradores e visitantes e houve diminuição de alagamentos no trecho final do córrego.
Instalação de dois canteiros pluviais na Universidade de São Paulo	Analisar o desempenho de dois canteiros pluviais no controle das águas das chuvas	Avaliação de dois canteiros com coberturas vegetais distintas, sendo um com grama e outro com jardim com forrações	Foi comprovada a eficiência dos canteiros e o bom desempenho de ambos na redução de poluentes, sendo que o jardim além de ter um resultado superior, exigiu menos manutenção.
Desempenho da IV na Bacia do Jaguaré	Avaliar a eficiência de modelos alternativos para a gestão das águas urbanas	Levantamento da degradação ambiental da área e projetos de jardins de chuva ou bacias de biorretenção no entorno de córregos em áreas de periferia para a simulação do controle da contaminação difusa	Os sistemas são eficientes para a redução da contaminação nos córregos nos episódios de chuvas
Jardim de chuva no Largo das Araucárias	Apresentar os movimentos coletivos somados às possibilidades de construções colaborativas para repensar os espaços urbanos	Análise das intervenções implementadas	O largo recuperou sua função de várzea e passou a recolher 100% das águas pluviais captadas, além de se transformar em mais um ponto de área verde na região.
Células de biorretenção na cidade de São Paulo	Mapear o que havia sido implementado até a data do artigo e o que seria necessário para melhorar de forma que as células de biorretenção sejam utilizadas com frequência para a drenagem urbana	Catálogo das células de biorretenção em 3 tipos principais: jardins de chuva em bairros residenciais de médio-alto padrão (tipo 1), jardins de chuva em bairros periféricos (tipo 2) e jardins de chuva de projetos da prefeitura (tipo 3)	Os tipos 1 e 2 não tiveram estudo prévio para a implantação, não foram considerados parâmetros do solo ou água e não atenderam à capacidade da remoção da poluição difusa, porém tinham entrada e saída de água adequadas; tipo 3 tinham entrada de água fora do ponto de escoamento, uso de vegetação não nativa e pouca biodiversidade, porém apresentaram boas soluções práticas.

Fonte: Autora (2023)

5 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Das estratégias de IV apresentadas por Cormier e Pellegrino (2008), não foram apresentados nos estudos acima opções de teto verde e lagoa pluvial como solução para a drenagem urbana. Apesar de Martins e Pellegrino (2012) indicarem que inicialmente seriam instaladas duas lagoas pluviais na Praça das Corujas, estas não puderam ser instaladas. No estudo de Castañer (2018) foi apresentada uma proposta de alagado construído, porém este é destinado a receber o esgoto da área em estudo, enquanto as lagoas pluviais são opções para a drenagem urbana. Também foi verificado que nenhum dos estudos apresentou todas as estratégias de IV apresentadas.

De acordo com Pereira (2021), é possível observar que mesmo que a prefeitura tenha um programa que se compromete a entregar 400 jardins de chuva até o final de 2024, os jardins instalados não possuíam pontos de drenagem no melhor posicionamento para captação das águas ou não estavam no melhor local da bacia hidrográfica para estas captações. Um outro ponto importante foi a quantidade de pontos de implantação de células de biorretenção nas regiões centrais e no eixo sudoeste, superiores às demais regiões da cidade, e apesar de empresas privadas terem construídos os jardins de chuva nas áreas de periferia, esta não é a regra comum.

Moura (2014), em sua reflexão sobre o projeto da Praça das Corujas observou problemas com a mão de obra contratada, o empreiteiro contratado pela prefeitura não tinha experiência com as soluções adotadas de drenagem, bioengenharia e paisagismo, e os técnicos da prefeitura não seguiram os detalhes construtivos especificados. Em seu relatório, Martins e Pellegrino (2012), fizeram um projeto de as-built do que realmente foi executado na praça. Pereira (2021), apresenta que nenhum dos tipos de células de biorretenção analisados tiveram o ponto de locação geográfica para implantação estudado, e as células instaladas pela prefeitura não contavam com pontos de drenagem em locais adequados e plantaram vegetação não nativa.

Santos (2020) em contrapartida, apresenta um bom resultado de uma ideia que partiu de um movimento coletivo para uma área até então abandonada e se transformou em um ponto de encontro entre seus moradores. Em sua conclusão, a autora ainda faz uma comparação com o Largo da Batata, próximo ao Largo das Araucárias que havia sido entregue pela prefeitura em 2014 e gerou uma insatisfação muito grande pelos moradores da região e frequentadores da área pela falta de área verde e de mobiliários urbanos. Com a participação de movimentos coletivos, a praça entregue pela prefeitura se transforma em um bosque e o Largo das Araucárias, até então um local de despejo de lixos, com um projeto de paisagismo e drenagem específicos além da participação da população, se transforma em mais de um ponto de área verde na região.

Sendo o único estudo apresentado feito através de projetos e simulações, Castañer (2018) apresenta a eficiência de SBN para a melhora da qualidade hídrica dos córregos da Bacia do Jaguaré mostrando o potencial para implementação em outros pontos da periferia da Região Metropolitana de São Paulo. Além disso, comprovou-se pelos estudos uma maior viabilidade de intervenção de IV nas regiões de APP de córregos e em áreas periféricas do que em áreas do centro, justamente pela maior presença de margens vegetadas e uma menor intensidade de tráfego em comparação com o viário já consolidado da região mais central da cidade.

A nova revisão do Plano Diretor, aprovado em 2024, indica a adoção de SBN, com o intuito de promover melhoria da qualidade urbanística e ambiental das bacias hidrográficas e que as ações prioritárias do sistema de drenagem devam priorizar as SBN e IV, especialmente os jardins de chuva, as biovaletas e as bacias de retenção vegetadas. Indica também que a Política de Desenvolvimento Urbano passa a ser orientada pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 e as ações pelas mudanças climáticas estão em conformidade com acordos internacionais. Apesar disso, são vistos departamentos paralelos trabalhando em busca de um objetivo que poderia ser comum a todos. O Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), pelo governo do estado, e a Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB), pela prefeitura, priorizam os pisciões que, independentemente dos pontos negativos já apontados, resolvem o problema dos alagamentos e enchentes,, são obras de grande visibilidade e melhoram o trânsito da cidade nos eventos de chuvas intensas; em paralelo, a Secretaria Municipal das Subprefeituras (SMSUB) instala tipologias de infraestrutura verde sem muito critério e aparentemente sem muito conhecimento.

Apesar dos estudos de IV analisados terem bons resultados na redução da poluição difusa nos corpos hídricos, a primeira opção do poder público para solucionar o problema de drenagem urbana continua sendo a construção de pisciões. E se inicialmente estes eram construídos em áreas públicas ou não ocupadas e afastadas da região central da cidade, hoje os pisciões estão sendo planejados em áreas mais centrais da cidade. De acordo com dados da Prefeitura de São Paulo, em dezembro de 2021 a cidade contava com 48 pisciões, sendo 14 deles entregues a partir de 2017 e a previsão era de mais 14 pisciões de acordo com o Plano de Metas, isso sem contar os dados do governo com os pisciões da RMSP.

Os pisciões têm custo elevado para implantação e manutenção, além de não resolverem o problema da poluição difusa que é carregada aos corpos hídricos em cada episódio de chuva. São medidas paliativas em uma cidade cada vez mais impermeabilizada e verticalizada, por outro lado, as opções de infraestrutura verde ajudam a reduzir as áreas impermeabilizadas, criam pontos de lazer e recreação trazendo benefícios para as comunidades locais, além dos demais benefícios de implementação de SBN. As infraestruturas verdes podem ser pequenos canteiros pluviais ou lagoas pluviais que são ótimas opções de IV aos pisciões. Com o alto custo de implantação e manutenção dos pisciões, não é preferível a busca por uma cidade com mais áreas verdes, que minimizam os alagamentos e enchentes e ainda ajudam a tratar as águas das chuvas?

REFERÊNCIAS

- ABRIL, Marta Juliana. **Pisciões. O projeto de retenção de água pluvial na região metropolitana de São Paulo.** 2017. Dissertação (Mestrado em Projeto de Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- CASTAÑER, Carme Marchí. **A paisagem como infraestrutura: desempenho da infraestrutura verde na Bacia do Jaguaré como modelo de intervenção nas paisagens das águas da cidade de São Paulo.** 2018. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- COHEN-SHACHAM, Emmanuelle et al. **Nature-based solutions to address global societal challenges.** IUCN, Gland, Switzerland, v. 97, p. 2016–2036, 2016.
- CORMIER, Nathaniel S.; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. **Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana.** *Paisagem e Ambiente*, n. 25, p. 127–142, 2008.

CAMPOS, Valéria Nagy de Oliveira. Soluções baseadas na natureza (SbN) e drenagem urbana em cidades latino-americanas: desafios para implementar soluções fluídas em ambientes rígidos. **Revista LABVERDE**, v. 11, n. 1, p. 73–94, 2021.

DOS SANTOS, Elis Cristina Morales. O papel das comunidades para a construção de cidades resilientes: o caso do Jardim de Chuva do Largo das Araucárias, Pinheiros-SP. **Revista LABVERDE**, v. 10, n. 1, 2020.

GORSKI, Maria Cecilia Barbieri. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação**. 2008. 243 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.

HERZOG, Cecília P.; ROZADO, Carmen Antuña. **Diálogo Setorial UE-Brasil sobre soluções baseadas na natureza- Contribuição para um roteiro brasileiro de soluções baseadas na natureza para cidades resilientes**. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2020.

MARTINS, Larissa Arakawa; PELLEGRINO, Paulo. **Avaliação do desempenho das tipologias paisagísticas de drenagem natural da Praça Dolores Ibarruri em São Paulo-SP**. Relatório Parcial. FAUUSP, 2012.

MOURA, Newton Célio Becker de. **Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para manejo das águas de chuva**. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MOURA, Newton Celio Becker; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita; MARTINS, José Rodolfo Scarati. **Transição em infraestruturas urbanas de controle pluvial: uma estratégia paisagística de adaptação às mudanças climáticas. Paisagem e Ambiente**, n. 34, p. 107–128, 2014.

PEREIRA, M. C. S.; GOBATTI, L.; SOARES, M. C.; LEITE, B. C. C.; MARTINS, J. R. S. Soluções baseadas na natureza: quadro da ocupação da cidade de São Paulo por células de biorretenção. **Revista LABVERDE**, v. 11, n. 1.

ROLNIK, Raquel. **São Paulo**. Coleção Folha Explica. São Paulo: Publifolha, 2001.

SÃO PAULO (cidade), Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**, v. 2. São Paulo: SMDU, 2012.

SÃO PAULO (cidade). **Plano Diretor de Drenagem – SOARES: plano de ações**. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. 1. ed. São Paulo: FCTH/SIURB, 2022. 174 p.

SÃO PAULO (cidade). **Prefeitura de São Paulo ultrapassa a marca de 200 jardins de chuva na cidade**. São Paulo, 23 set. 2023. Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/noticia/prefeitura-de-sao-paulo-ultrapassa-a-marca-de-200-jardins-de-chuva-na-cidade>. Acesso em: 23 jul. 2023.

SÃO PAULO (cidade). **Revisão Intermediária do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo**. São Paulo, 08 jul. 2023. Disponível em: https://diariooficial.prefeitura.sp.gov.br/md_epubli_visualizar.php?kHdgtACkKWJxjOVDE7BkQy24RK_w0WYcDMI4xNfLbd11pPEsFQxjl_20mFsatsKQjkFEMYNVNPOsDGEK2Q2h_H-gFOH-3ZFdcUDI-fp4ockSaFAc4eaGyocSyLeIHLYp. Acesso em: 22 jul. 2023.

SOARES, Mariana Corrêa. **Parques lineares em São Paulo: uma rede de rios e áreas verdes que conecta lugares e pessoas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Paisagem e Ambiente) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.