DRENAGEM DAS BACIAS DOS CÓRREGOS ÁGUA DOS BRANCOS E MOENDA VELHA PARA O PISCINÃO DO CAPÃO REDONDO: SIMULAÇÃO DA CAPACIDADE E DO APOIO DE INFRAESTRUTURAS VERDES DE DRENAGEM

DRAINAGE OF THE ÁGUA DOS BRANCOS AND MOENDA VELHA STREAM BASINS TO THE CAPÃO REDONDO DETENTION RESERVOIR: SIMULATION OF ITS CAPACITY AND THE SUPPORT OF GREEN DRAINAGE INFRASTRUCTURES

Camila Pereira Mendes[1]; Milena Pereira Prates[2]; Fernando Sérgio Okimoto[3].

[1]Graduanda em Arquitetura e Urbanismo | camila.p.mendes@unesp.br | UNESP | Presidente Prudente/SP, Brasil; [2]Engenheira Ambiental | milena.prates@unesp.br | UNESP | Presidente Prudente/SP, Brasil; [3]Doutor | fs.okimoto@unesp.br | UNESP | Presidente Prudente/SP, Brasil.

Resumo:
A intensificação da urbanização no Brasil e os efeitos das mudanças climáticas têm aumentado a vulnerabilidade urbana, sobretudo em comunidades marginalizadas. Nesse cenário, o conceito de sustentabilidade tem ganhado destaque, com ênfase nas Soluções Baseadas na Natureza, como infraestruturas verdes de drenagem, que contribuem para o controle de alagamentos e a recuperação ambiental. O presente estudo analisa de forma qualitativa o potencial escoamento superficial urbano nas sub-bacias dos córregos Água dos Brancos e Moenda Velha, no distrito do Capão Redondo, área periférica da cidade de São Paulo marcada por infraestrutura precária que culmina no reservatório (piscinão) do Capão Redondo, obra em andamento e a potencial contribuição de infraestruturas verdes de drenagem ao longo das bacias na mitigação dos alagamentos. O principal processo metodológico, após a revisão bibliográfica, foi a simulação do comportamento durante as chuvas das bacias com e sem infraestruturas de drenagem no simulador de relevos e chuvas. Percebeu-se que as infraestruturas verdes distribuídas nas bacias diminuem significativamente o impacto das chuvas no reservatório que fica no encontro entre os córregos.

Palavras-chave:
Drenagem Urbana; ODS; Infraestruturas Verdes; Vulnerabilidade Climática; Negligência Ambiental.

Abstract:
The intensification of urbanization in Brazil, combined with the effects of climate change, has increased urban vulnerability, especially in marginalized communities. In this context, the concept of sustainability has gained prominence, with an emphasis on Nature-Based Solutions, such as green drainage infrastructures, which contribute to flood control and environmental recovery. This study qualitatively analyzes the potential for urban surface runoff in the sub-basins of the Água dos Brancos and Moenda Velha streams, located in the Capão Redondo district, a peripheral area characterized by precarious infrastructure that culminates in the Capão Redondo reservoir (piscinão), a project currently under construction, as well as the potential contribution of green drainage infrastructures along the basins in mitigating flooding. The main methodological procedure, following the literature review, was the simulation of basin behavior during rainfall events, both with and without drainage infrastructures, using a topography and rainfall simulator. The results showed that the green infrastructures distributed across the basins significantly reduce the impact of rainfall on the reservoir located at the confluence of the streams.

Keywords:
Urban Drainage; SDGs; Green Infrastructure; Climate Vulnerability; Environmental Negligence.

1. INTRODUÇÃO

A relação entre sociedade e natureza foi progressivamente transformada por processos históricos de apropriação e modificação do ambiente, intensificados com a expansão urbana desordenada. No Brasil, o rápido processo de migração para as cidades entre 1950 e 1980 intensificou esse distanciamento, ao moldar o ambiente urbano em torno das demandas econômicas e industriais. Exemplos como a cidade de São Paulo evidenciam o impacto dessa urbanização desordenada, com a ocupação inadequada de áreas alagáveis e a impermeabilização do solo, o que agravou problemas como enchentes e desigualdade socioespacial.

Paralelamente, as mudanças climáticas intensificaram os desafios urbanos locais, incluindo a formação de ilhas de calor e o aumento da vulnerabilidade em comunidades marginalizadas. Frente a esse cenário, a sustentabilidade emergiu como um conceito-chave, com a ONU liderando esforços para promover o desenvolvimento equilibrado por meio da Agenda 2030 e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Essas iniciativas destacam a necessidade de integrar progresso social, preservação ambiental e soluções locais para mitigar os impactos das mudanças climáticas e garantir um futuro sustentável.

Nesse contexto, as infraestruturas verdes despontam como alternativas eficazes para a construção de cidades mais sustentáveis e resilientes. Soluções como jardins de chuva, biovaletas, telhados verdes, parques urbanos e parques lineares alagáveis contribuem significativamente para o controle de alagamentos, das temperaturas superficiais, além de favorecerem a recuperação ambiental.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar de forma qualitativa o fluxo de drenagem urbana nas sub-bacias do Córrego Água dos Brancos e do Córrego Moenda Velha, situadas no distrito do Capão Redondo, na zona sul da cidade de São Paulo. Trata-se de uma região periférica marcada pela desigualdade socioespacial e pela carência de infraestrutura urbana, reflexo de um histórico de negligência do poder público.

O local sofre com frequentes episódios de enchentes, especialmente no ponto de confluência entre os córregos em questão, ponto mais baixo em relação às bacias e onde ocorrem os acúmulos das águas dos córregos “Água dos Brancos” e “Moenda Velha. Além disso, as áreas alagáveis próximas a esses corpos d’água são altamente impermeabilizadas, principalmente devido à ocupação por habitações irregulares e vias pavimentadas nas várzeas. As poucas áreas verdes remanescentes não são suficientes para absorver o volume de águas pluviais durante períodos de chuvas intensas.

Com o intuito de mitigar esse problema, a Subprefeitura do Campo Limpo selecionou esse ponto de encontro dos córregos (limite nordeste das bacias apresentado na primeira imagem da figura 1) como o local de implantação de um reservatório de detenção (piscinão), inserido em um conjunto de intervenções voltadas à melhoria da infraestrutura viária na zona sul da capital. O projeto busca reduzir o tempo de deslocamento, facilitar a mobilidade urbana e melhorar a acessibilidade ao transporte público, além de contribuir para o controle das enchentes.

Contudo, por meio da simulação realizada com a SARndbox (simulador de relevos e chuvas em uma caixa de areia de realidade aumentada), foi possível verificar que o piscinão existente pode não ser suficiente para reter todo o volume de escoamento superficial gerado nas duas bacias hidrográficas. A análise indicou que, mesmo com o reservatório, o volume excedente seria significativo, especialmente em eventos de chuva intensa. Por outro lado, a simulação demonstrou que a adoção de infraestruturas verdes ao longo dos córregos principais contribui efetivamente para a redução da carga hídrica encaminhada ao reservatório, ao favorecer a infiltração e o escoamento controlado da água, reforçando a importância de soluções integradas e descentralizadas na gestão urbana das águas pluviais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A urbanização alterou a interação do homem com o ambiente natural, transformando-a em uma relação mediada pela cidade (Villaça, 2010). No Brasil, a migração do campo para as cidades,

especialmente entre as décadas de 1950 e 1980 e impulsionada pela industrialização, intensificou esse distanciamento e moldou a relação com a natureza segundo as necessidades urbanas (Azeredo, 2019).

Segundo Milton Santos e Maria Silveira (2003), o crescimento urbano brasileiro pode ser entendido em duas dimensões: a urbanização aglomerada e a urbanização concentrada. A urbanização aglomerada caracteriza-se pelo aumento da população urbana nas cidades, onde se concentravam as indústrias e, consequentemente, as oportunidades de trabalho. Esse crescimento foi, também, intensificado pela imigração, especialmente após o fim da Segunda Guerra Mundial. Já a urbanização concentrada refere-se à expansão das próprias cidades, com destaque para os grandes centros urbanos como São Paulo e Rio de Janeiro. Esse processo de concentração urbana reforçou a centralidade dessas metrópoles e consolidou a transformação da relação homem-natureza, que passou a ser mediada por estruturas urbanas e pela busca de recursos e oportunidades nas áreas industriais (Matos, 2012).

Durante o século XX, a cidade de São Paulo tornou-se o principal destino de migrantes, o que levou a um crescimento populacional expressivo. Em 1935, o governo instituiu incentivos para atrair trabalhadores para as lavouras de café, o que intensificou esse movimento. Consequentemente, entre 1941 e 1949, cerca de 399 mil trabalhadores, vindos principalmente de Minas Gerais e das regiões Norte e Nordeste do país, chegaram à cidade (Junior, 2009). Fortti (2021) acrescenta que na mesma época, muitos imigrantes japoneses, italianos e espanhóis também se estabeleceram na zona urbana de São Paulo.

Assim, a infraestrutura urbana de São Paulo mostrou-se incapaz de acompanhar esse rápido crescimento populacional, o que deslocou grande parte dessa população para áreas periféricas, especialmente nas zonas industriais (Pereira, 2001). Esse crescimento urbano desordenado, aliado à falta de planejamento e à lógica capitalista de produção do espaço, intensificou, segundo Maricato (1996) a segregação socioespacial, expondo desigualdades sociais e transformando o solo urbano em mercadoria, utilizado conforme interesses econômicos.

Sendo assim, esses interesses sobre o espaço urbano, somados à demanda por habitação, expuseram a negligência ambiental operada. O uso e ocupação do solo frequentemente desrespeitaram os processos naturais do meio ambiente, aumentando os problemas de degradação (Fortti, 2021). De acordo com Jatobá (2011), a expansão urbana intensifica essa problemática, pois as áreas urbanizadas são grandes consumidoras de recursos naturais.

2.1. NEGLIGÊNCIA AMBIENTAL E VULNERABILIDADE CLIMÁTICA

Na capital paulista, a negligência ambiental é evidenciada pelos frequentes episódios de inundações, resultado direto do modelo de ocupação urbana adotado. Segundo Falcetta (2023), a ocupação desordenada de áreas alagáveis dos rios Tamanduateí e Tietê intensificou os relatos de enchentes e os transtornos para a população.

A partir do século XIX, sob influência das ideias higienistas, diversas intervenções voltadas à salubridade foram realizadas na cidade. Conforme destacam Freitas e Franco (2019), nesse período os rios passaram a ser percebidos como barreiras ao progresso urbano, o que motivou profundas alterações na malha hidrográfica local. Entre elas, destacam-se a retificação do rio Tamanduateí e a canalização de córregos como o Pirarungauá, localizado na área do atual Jardim Botânico. Essas intervenções buscavam minimizar as inundações e combater doenças associadas ao esgoto nas águas, mas tiveram resultados limitados (Travassos, 2015).

Na década de 1930, o plano de avenidas de Prestes Maia consolidou essa abordagem com a canalização de córregos, retificação e regularização do rio Tietê e a urbanização de áreas de várzea (Rocha, 2016). Embora o plano tivesse como objetivos melhorar a mobilidade, impulsionar o crescimento urbano e reduzir as inundações, ele desconsiderou novamente o comportamento natural dos cursos d'água. Consequentemente, isso levou à impermeabilização das áreas de várzea, favorecendo o uso de automóveis e prevalecendo as problemáticas na drenagem da cidade (Travassos, 2015).

Na tentativa de mitigar esses impactos, entre 1994 e 2003, foram implantadas bacias de detenção, conhecidas como “piscinões”, como medida de controle do escoamento pluvial (Canholi, 2005). Essas estruturas armazenam temporariamente parte da água das chuvas, liberando-a de forma gradual em corpos hídricos ou em sistemas de drenagem existentes. Apesar de sua eficácia hidráulica, essas obras ocupam grandes áreas impermeabilizadas que, frequentemente, deixam de aproveitar seu potencial urbanístico e paisagístico, assim, limitando sua integração com o espaço urbano e a oferta de usos múltiplos (Santos, Maziviero, 2016).

Esse modelo de urbanização, baseado na supressão de elementos naturais em prol da infraestrutura rígida, contribuiu para o desequilíbrio ambiental nas grandes cidades (Souza, Cruz, Tucci, 2012). Inicialmente evidenciado pelas enchentes, esse desequilíbrio evoluiu para problemas mais amplos, como a poluição do ar e da água, e a intensificação do fenômeno das ilhas de calor (Romero *et al.*, 2019). Estas, caracterizadas por temperaturas elevadas e baixa umidade em comparação às áreas periféricas, são resultado direto da substituição de áreas verdes por superfícies pavimentadas, do uso excessivo de concreto e da escassez de arborização, agravando o desconforto térmico e os impactos ambientais urbanos (Lima, Thaynan, 2024).

No entanto, tais impactos não afetam a população de maneira uniforme. O grau de suscetibilidade e a limitação de resposta de comunidades, populações ou ecossistemas diante das mudanças climáticas, varia conforme o continente, a região e as condições socioeconômicas (Garcia, 2023). Em áreas marcadas pela desigualdade social, essa vulnerabilidade é ainda mais acentuada, refletida na precariedade da infraestrutura urbana e na ausência de políticas públicas efetivas, revelando um histórico de negligência por parte do poder público (Albuquerque, 2010).

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2022), entre 2010 e 2020 os impactos observados pelos efeitos das mudanças climáticas, como a mortalidade devido as enchentes, secas e tempestades foram maiores em regiões de baixa e média renda. O relatório indica ainda que, cerca de 3,3 bilhões de pessoas estejam expostas a contextos de alta ou altíssima vulnerabilidade climática.

Para romper esse ciclo de destruição climática e reduzir as vulnerabilidades, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável na qual juntou esforços globais por meio da Agenda 2030. Esse plano estabeleceu 17 objetivos de desenvolvimento sustentável com o intuito de erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente e promover condições para que todos vivam em paz e prosperidade até o ano de 2030 (Scabin, 2023).

No contexto urbano, marcado por problemas socioeconômicos decorrentes dos extremos climáticos, destaca-se a necessidade de estratégias que visam à construção de cidades mais resilientes, ambientalmente integradas e preparadas para os efeitos das mudanças climáticas (Artaxo, 2022). Entre essas iniciativas, estão soluções que contribuem de forma significativa para o cumprimento dos ODS da Agenda 2030, especialmente o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), o ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima), ODS 15 (Vida Terrestre) e o ODS 6 (Água Potável e Saneamento).

Nesse sentido, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) são definidas como estratégias que utilizam os processos ecológicos e os serviços prestados pelos ecossistemas no enfrentamento de desafios sociais, ambientais e econômicos. Além de se inspirarem na natureza, também a incorporam como componente ativo das soluções, ao promover a resiliência urbana frente as mudanças climáticas, da perda da biodiversidade e às pressões antrópicas sobre o meio ambiente (Sowińska-Świerkosz, García, 2022; Perini, Sabbion, 2017).

Dentre as estratégias associadas às SbN, destacam-se as Infraestruturas Verdes (IVs) que aliam a conservação ambiental ao planejamento urbano, por meio da integração de áreas verdes e soluções hidráulicas sustentáveis no espaço urbano, de modo a aumentar a infiltração das águas pluviais e mitigar problemas relacionados a drenagem urbana (Choi, Berry, Smith, 2021). Compostas por redes interligadas de áreas naturais e espaços abertos, elas desempenham funções para a preservação dos ecossistemas, como a melhoria da qualidade do ar e da água, além de favorecerem a biodiversidade e o bem-estar humano (Benedict, McMahon, 2006).

Para isso, as IVs utilizam ferramentas adaptáveis a diferentes escalas, o que promove a sustentabilidade ambiental de forma integrada (Bonzi, 2015). Na escala do lote, destacam-se os telhados verdes, os jardins de chuva e os sistemas de reuso de água, que atuam na mitigação do calor superficial e na redução do volume de águas pluviais direcionadas aos sistemas tradicionais de drenagem urbana (Pellegrino, Alencar, 2020).

Na escala local, tal qual as ruas, bairros e áreas verdes remanescentes, soluções como jardins de chuva, biovaletas e bacias de infiltração desempenham um papel no controle das águas pluviais. Esses mecanismos aumentam a capacidade de retenção e infiltração da água no solo, o que reduz o escoamento superficial e, consequentemente, a frequência de alagamentos (Pellegrino, Alencar, 2020). De acordo com Tucci (2007) e Zhang (2017), essas estratégias também apresentam custos mais baixos em comparação aos sistemas corretivos e às infraestruturas tradicionais.

Ambas as estruturas, seja na escala local ou do lote, podem ser integradas, contribuindo para a redução do volume de escoamento superficial (Canholi, 2005). O excedente hídrico pode ser direcionado tanto para outras infraestruturas verdes quanto para sistemas de drenagem convencionais, como reservatórios de detenção e redes de drenagem subterrâneas (United States Environmental Protection Agency – EPA, 2013).

Dessa forma, o uso das infraestruturas verdes integradas a outros sistemas de drenagem urbana contribui para uma gestão mais eficiente das águas pluviais, por meio de sua absorção, retenção e reaproveitamento (Pellegrino, Alencar, 2020; Canholi, 2005). Além de ampliarem as áreas permeáveis e contribuírem para o controle do escoamento superficial, essas soluções fortalecem a resiliência urbana ao proporcionarem conforto térmico e melhoria da qualidade ambiental (Yuan *et al.*, 2024).

3. MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida por meio de uma abordagem qualitativa, fundamentada inicialmente em uma revisão bibliográfica em fontes secundárias. Essa etapa teve como objetivo compreender a questão da urbanização e suas consequências sobre a drenagem urbana, bem como sua relação com as mudanças climáticas. Foram também investigadas alternativas para mitigar tais problemáticas, com foco na aplicação de infraestruturas verdes como soluções sustentáveis no ambiente urbano.

Complementando a análise bibliográfica, foi realizado um levantamento in loco de dados espaciais com o apoio de tecnologias geoespaciais. Utilizou-se um drone para a realização de sobrevoos na área de estudo, o que possibilitou a obtenção de imagens aéreas atualizadas. Adicionalmente, foram coletadas informações secundárias por meio do Sistema de Consulta do Mapa Digital da Cidade de São Paulo (GeoSampa), a fim de obter dados geográficos e urbanos, como curvas de nível, declividade, redes de drenagem, localização do reservatório de amortecimento de cheias, mapeamento das áreas verdes e identificação dos pontos com recorrência de alagamentos.

Para a análise qualitativa da relação entre o regime de chuvas e as áreas de infiltração nas bacias hidrográficas dos córregos Água dos Brancos e Moenda Velha, foi empregada a ferramenta SARndbox (Augmented Reality Sandbox). Essa tecnologia consiste em uma caixa de areia de realidade aumentada, capaz de simular a topografia e diversos fenômenos naturais, como precipitação, direção e velocidade dos ventos, geologia e propagação de incêndios (Mezzomo *et al.*, 2020).

Os dados geográficos da área de estudo, previamente coletados, foram utilizados como base para a modelagem da topografia na SARndbox. Para isso, o mapa foi projetado sobre a caixa de areia, e a superfície foi moldada manualmente até representar a topografia da região[1]. Em seguida, o

[1] A SARndBox utiliza um painel interativo que permite acompanhar a modelagem em tempo real, o que facilita a aproximação do relevo modelado em relação à referência utilizada.

relevo obtido foi modificado para incluir a bacia de retenção em construção e a inserção de pontos com infraestruturas verdes, especialmente em praças e áreas vegetadas disponíveis.

Com isso, foi projetada uma chuva padronizada, e os fluxos de água foram medidos durante cinco segundos, tempo definido a partir de testes preliminares que demonstraram que, no relevo analisado, o acúmulo de água se estabiliza nesse intervalo, permitindo medições consistentes sem exceder a capacidade da SARndBox utilizada. Os volumes foram analisados em dois cenários: um com a presença de infraestruturas verdes e outro sem essas estruturas. Essa abordagem contribuiu para a análise qualitativa dos impactos da urbanização sobre o escoamento superficial, bem como a avaliação da capacidade de infiltração do solo nas áreas estudadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os levantamentos imagéticos e geográficos (Figura 1) revelaram que as bacias dos córregos Água dos Brancos e Moenda Velha apresentam um relevo acidentado, com uma variação altimétrica de aproximadamente 65 metros entre os pontos mais alto e mais baixo da área. O ponto mais baixo encontra-se na confluência dos dois córregos, local escolhido pela Subprefeitura do Campo Limpo para a implantação de um reservatório de detenção.

Com base no mapa topográfico da região, o relevo foi modelado na caixa de areia de realidade aumentada possibilitando a simulação do comportamento do sistema de drenagem frente à precipitação padrão de cinco segundos utilizada pelo equipamento. Essa simulação permitiu visualizar o fluxo superficial e as áreas de acúmulo. Conforme apresentado no item “b” da Figura 1., os resultados da primeira simulação, realizada sem a implementação de infraestruturas verdes, evidenciaram significativo acúmulo de água ao longo da extensão dos córregos, sobretudo nas zonas historicamente vulneráveis, como as áreas próximas às margens e no ponto de confluência dos dois cursos d’água.

Verificou-se, ainda, que o reservatório projetado não possui capacidade suficiente para conter o volume de água pluvial gerado, resultando no transbordamento dos córregos nas áreas próximas ao piscinão. Dessa forma, a simulação evidenciou a persistência das inundações justamente nas zonas historicamente afetadas, o que demonstra a limitação da infraestrutura proposta diante da complexidade do relevo e do volume de escoamento (Figura 1).

A partir da primeira simulação, foram inseridas algumas valas na topografia da caixa de areia, para simular a implementação de infraestruturas verdes (item “c” da figura 1). A escolha por valas deve-se ao fato de que essas estruturas favorecem a retenção e a infiltração da água pluvial, reduzindo o escoamento superficial e aumentando a capacidade de absorção do solo. Os locais para a instalação das IVs foram definidos com base no guia metodológico para implementação de infraestruturas verdes, que recomenda priorizar áreas com declividade igual ou inferior a 2%, por apresentarem maior potencial para retenção e absorção de água.

Na região do córrego Moenda Velha, dois pontos foram escolhidos com base na presença de áreas verdes subutilizadas que margeiam o curso d'água. O primeiro ponto, localizado próximo à área mais baixo do relevo, uma valeta linear foi escavada durante toda a extensão da faixa de área verde com potencial de absorção. O segundo ponto também foi selecionado com base em uma área verde pouco aproveitada, ao levar em consideração as zonas alagadas identificadas na simulação inicial.

No caso do córrego Água dos Brancos, a escolha dos locais para inserção das IVs também considerou áreas verdes subutilizadas, mas foi orientada, principalmente, pelas diretrizes do futuro plano de mobilidade da região. Assim, optou-se pela simulação de estruturas como biovaletas e jardins de chuva integradas ao traçado viário proposto. Selecionaram-se quatro pontos ao longo do córrego, todos localizados em áreas que apresentaram alagamentos na simulação anterior.

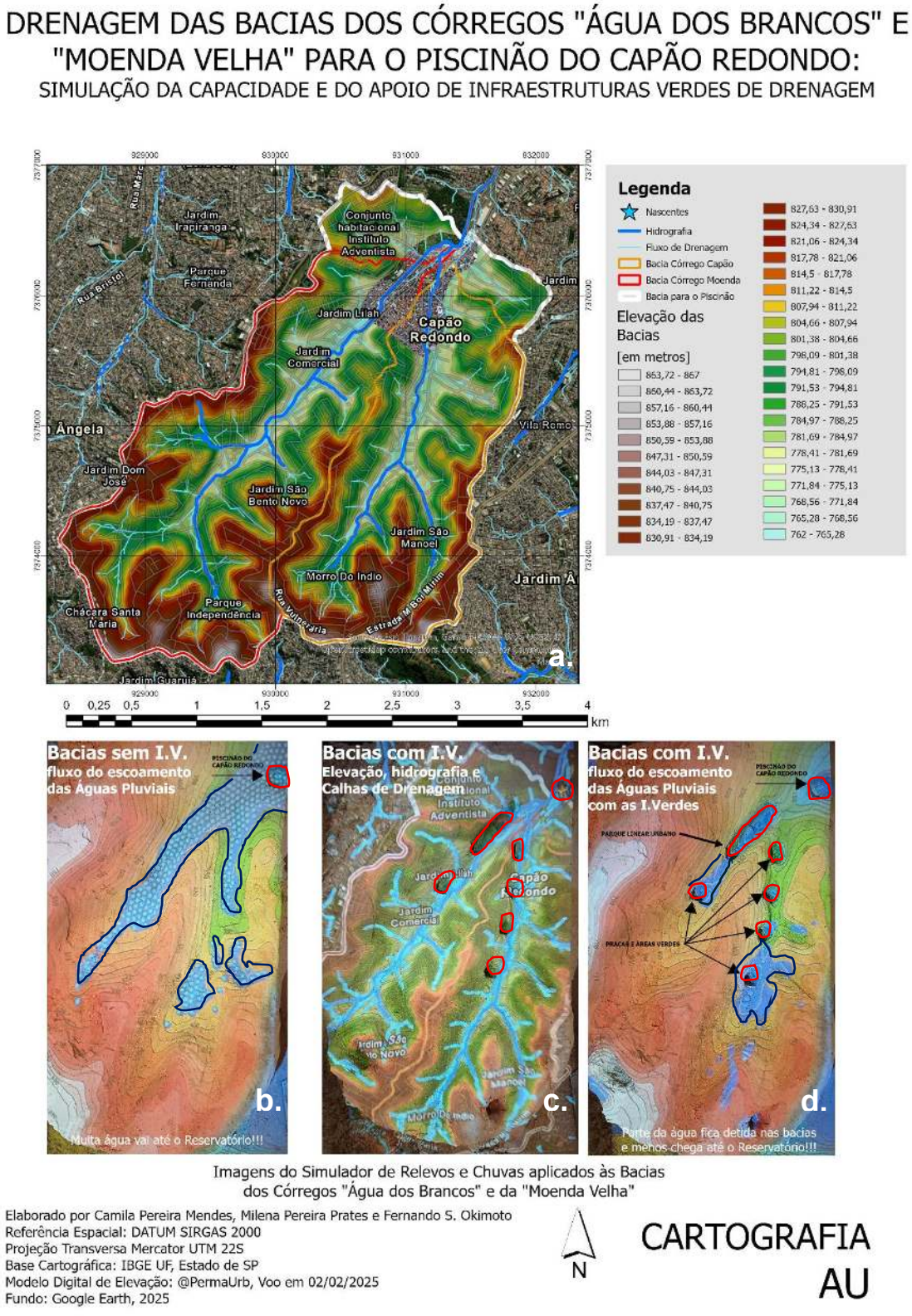

Figura 1: Simulação de Relevos e Chuvas aplicados às Bacias dos Córregos dos Água dos Brancos e Moenda Velha. Fonte: Os autores (2025).

Após a nova simulação, com duração de cinco segundos de precipitação, observou-se uma mudança qualitativa significativa em relação à análise inicial. Parte da água pluvial foi absorvida pelas áreas com infraestruturas verdes (item “d” da Figura 1), o que reduziu a carga direcionada

diretamente ao piscinão. O volume excedente, por sua vez, foi direcionado de forma mais eficiente ao reservatório, diminuindo os riscos de transbordamento nas áreas adjacentes. Percebe-se uma diminuição de, aproximadamente, 75% de transbordamentos geral e nenhum transbordamento no piscinão. Houve transbordamento em apenas 2 das 7 IVs propostas como observado no item “d” da Figura 1.

Sendo assim, apesar da redução dos acúmulos o resultado sugere que a eficácia do sistema poderia ser ampliada com a inclusão de novas intervenções ao longo do percurso do córrego, especialmente em trechos com maior volume de escoamento.

5. CONCLUSÕES

A análise das sub-bacias dos córregos Água dos Brancos e Moenda Velha, localizadas no Capão Redondo, demonstra a complexidade em relação às problemáticas climáticas urbanas relacionadas à drenagem pluvial em regiões periféricas da cidade de São Paulo. O processo de urbanização nessas áreas foi marcado por um crescimento acelerado, pela ausência de planejamento adequado e pela priorização de interesses econômicos, fatores que aumentaram a vulnerabilidade frente a eventos climáticos extremos, como as chuvas intensas.

Nesse contexto, a utilização da ferramenta SARndbox indicou que o piscinão localizado na confluência dos dois córregos, por si só, não será capaz de absorver todo o volume de água escoado pelas sub-bacias, principalmente em casos chuvas mais intensas. Esse dado reforça as limitações das intervenções tradicionais, principalmente quando pontuais e centralizadas, as quais desconsideram as dinâmicas naturais das bacias hidrográficas e as especificidades do território.

Em contrapartida, as simulações que incorporaram infraestruturas verdes demonstraram maior eficácia na mitigação dos impactos das chuvas. A intervenções favoreceram a retenção local e infiltração da água no solo, ao reduzirem o escoamento superficial e aliviar a pressão sobre o piscinão. Dessa forma, essa solução representa uma abordagem mais integrada, sustentável e adaptativa à realidade socioambiental local, o que contribui não apenas para o controle das enchentes do ponto de vista da macrodrenagem como das enxurradas e dos alagamentos na microdrenagem, mas também para a melhoria da qualidade ambiental, a valorização dos espaços públicos e o bem-estar das populações periféricas.

Diante disso, conclui-se que para a gestão eficiente das águas pluviais em áreas vulneráveis é necessária uma abordagem sistêmica e descentralizada, que combine soluções tradicionais com as baseadas na natureza. Sendo assim, é aconselhável o investimento em um planejamento urbano integrado, que incorpore as infraestruturas verdes como elemento estruturante, proporcionando resiliência climática nas cidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, L. D. **Ocupação de Áreas de Interesse Social: um desafio da gestão das cidades no século XXI.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2010.

ARTAXO, P. Oportunidades e vulnerabilidades do Brasil nas questões do clima e da sustentabilidade. **Revista USP**, n. 135, p. 119-136, 2022.

AZEREDO, L. A história da Urbanização. **WRI Brasil**. 2019. Disponível em: https://www.wribrasil.org.br/noticias/historia-da-urbanizacao-brasileira. Acesso em: 13 jan. 2025

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities.** Island Press, Washington, 2006.

BONZI, R. S. **Andar sobre Água Preta: a aplicação da infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas**. 2015. Diss. Dissertação (Mestrado em Paisagem e Ambiente), Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CHOI, Ch.; BERRY, P.; SMITH, A. The climate benefits, co-benefits, and trade-offs of green infrastructure: a systematic literature review. **Journal of Environmental Management**, v. 291, p. 112583, 2021.

FALCETTA, F. A. Drenagem Urbana na cidade de São Paulo: da construção do cenário de hoje aos desafios do Plano Diretor. **Simetria - Revista do Tribunal de Contas do Município de São Paulo**, n. 11, p. 120-125, 2023.

FORTTI, E. L. Entre o Rural e o Urbano: O crescimento da cidade de São Paulo e a relação com a Natureza na passagem do século XIX e início do XX. **Revista Hydra**, v. 5, n. 9, p. 107-130, 2021.

FREITAS, J. M. S.; FRANCO, M. A. R. O ressurgimento do Pirarungáua: Caminhos e descaminhos das águas urbanas. **Revista LABVERDE**, v. 9, n. 2, p. 129–152, 2019.

GARCIA, E. O círculo vicioso da destruição e vulnerabilidade climática. **The Nature Conservancy**, 2023. Disponível em: https://www.tnc.org.br/conecte-se/comunicacao/artigos-e-estudos/circulo-vicioso-destruicao-climatica/. Acesso em: 20 abril 2025.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Guia metodológico para implantação de infraestrutura verde.** SOLERA, M. L. (org.), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas – FIPT, 2020.

IPCC**. Summary for Policymakers**. *In:* PÖRTNER, H. O. *et al.* (eds.). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1017/9781009325844.001. Acesso em: 20 jul. 2025.

JATOBÁ, S. U. S. Urbanização, Meio Ambiente e vulnerabilidade social. **Boletim regional, urbano e ambiental – IPEA**, p. 141-148, 2011. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/boletim_regional/111125_boletimregional5_cap14.pdf. Acesso em: 20 abril 2025

JUNIOR, G. História: São PAULO S.A. **Revista Fapesp**, v. 165, 2009. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/sao-paulo-s-a/. Acesso em: 15 jan. 2025.

LIMA, J. D.; THAYNAN, L. Ilhas de calor são um problema para SP: veja mapa interativo. **Estadão**, 2024.

MARICATO, E. **Macrópode na periferia do capitalismo: ilegalidade, desigualdade e violência**. Editora UCITEC. São Paulo, 1996.

MATOS, R. Migração e urbanização no Brasil. **Revista Geografias**, v. 8, n. 1, p. 7–23, 2012.

MEZZOMO, M. D. M.; KAWAMOTO, A. L. S.; BRAZ, G. A. G. **Manual de instalação, configuração e uso da caixa de areia de realidade aumentada (SARndbox): versão atualizada.** Campo Mourão, PR: Nova História Assessoria e Gestão Cultural, 2020.

PELLEGRINO, P. R. M.; ALENCAR, J.C. Manejo das águas pluviais urbanas. **Soluções Baseadas na Natureza e os Desafios da Água: acelerando a transição para cidades mais sustentáveis**. 1ed., 2020.

PEREIRA, G. **A natureza (dos) nos fatos urbanos: produção do espaço e degradação ambiental**. Editora da UFPR, Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 3, p. 33-51, 2001.

PERINI, K., SABBION, P. **Urban Sustainability and river restoration: green and blue infrastructure**. Wiley-Blackwel, 2017.

ROCHA, C. São Paulo: A cidade que não coube nos planos. **Nexo Jornal**, 2016. Disponível em: https://www.nexojornal.com.br/especial/2016/01/24/sao-paulo-a-cidade-que-nao-coube-nos-planos. Acesso em: 15 jan. 2025.

ROMERO, M. A. B., BAPTISTA, G. M. de M, DE LIMA, E. A., VIANNA, E. O., WERNECK, D. R., SALES, G. de L**. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas**. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – 1ª edição / Editora ETB, 2019.

SANTOS, P. B.; MAZIVIERO, M. C. Impactos da inserção dos piscinões na escala local: O caso do Reservatório de Contenção RC5 - Taboão. **Revista arq.urb**, n. 17, p. 22–44, 2016.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI**. Rio de Janeiro: Record, 5. Ed, 2003.

SCABIN, D. O que são os ODS e o que você tem a ver com isso? **Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo**, 2023. Disponível em: https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/2023/09/o-que-sao-os-ods-e-o-que-voce-tem-a-ver-com-isso. Acesso em: 31 de março de 2025.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S., TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das águas Urbanas. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 2, p. 9-18, 2012.

SOWIŃSKA-ŚWIERKOSZ, B.; GARCÍA, J. What are nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification. **Nature-Based Solutions**, v. 2, p. 100009, 2022.

TRAVASSOS, L. Cidade e água em São Paulo: a origem de um modelo de urbanização. *In:* **Anais XVI ENANPUR**. Belo Horizonte – MG, 2015. Disponível em: https://anais.anpur.org.br/index.php/anaisenanpur/article/view/1915/1894. Acesso em: 16 jan. 2025.

TUCCI, C.E.M. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **City of Neosho Green Ingrastructure Desing Handbook: Integrating Stormwater Manegement into Sustainable Urban Design**. Missouri: Green Infrastructure Technical Assistance Program, 2013.

VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. *In:* DEÁK, C.; SCHIFFER, S. R. (org.) **O processo de urbanização no Brasil**. São Paulo: EdUSP, 2ed, p. 169 – 243, 2010.

YUAN, Y.; ZENG, Y.; HUANG, X.; ZHAI, J. Climate resilience of urban water systems: A case study os sponge cities in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 451, 2024.

ZHANG, X. **Adapt Green-Blue Space: Implementing the sustainable urban drai-nage system in Rotterdam city context**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura da Paisagem), Wageningen Universit., Wageningen, 2017.