

ALAGAMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO CARANDIRU: IMPACTOS DO TAMPONAMENTO E ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO

Vinicius de Faria (IC) e Paula Raquel da Rocha Jorge (Orientadora)

Apoio: PIBIC CNPq

RESUMO

A presente pesquisa busca identificar estratégias que possam contribuir para a sustentabilidade urbana, objetivando criar diretrizes projetuais para mitigação dos problemas causados pelas ações antrópicas, bem como o aumento dos índices pluviométricos. Assim, compreender possibilidades de atuação no meio urbano buscando valorizar os recursos naturais, como fim e como meio de enfrentar situações como os alagamentos, podendo tornar a ação do arquiteto e urbanista mais eficiente, e, acima de tudo, mais consciente e responsável em relação ao planeta. Foi realizado levantamento bibliográfico e documental sobre questões relativas aos problemas gerados pelas ações antrópicas, como também, sobre as possíveis soluções que propiciem reversão dessa problemática situação que a vida urbana enfrenta. Conclui-se que com a implantação de um sistema de pequenas intervenções de infraestrutura verde/azul próximas ao encontro dos cursos d'água afluentes do córrego do Carandiru, inúmeros benefícios poderiam ser agregados à população que reside e utiliza as áreas de fundo de vale, pois, além de proporcionar atenuação dos alagamentos da região, também contribuiria com a recuperação das áreas naturais degradadas da cidade.

Palavras-chave: Alagamentos. Infraestrutura verde. Estratégias.

ABSTRACT

This research seeks to identify strategies that could contribute to urban sustainability, aiming to create a design guidelines to mitigate the problems caused by human intervention, as well as the increase of the rainfall rate. Thus, understanding the possibilities of the urban environment intervention seeking to value natural resources in order to deal with situations such as flooding, which could make the architect and urban planner's action more efficient and overall more responsible and aware regarding the planet. A bibliographic and documentary survey about the problems generated by human intervention, as also, the possible solutions that would reverse this urban life situation was used. On a final note, the implementation of a small green/blue infrastructure intervention system, near Carandiru's affluent watercourses creek, could bring several benefits to the population that resides and uses the valley bottom areas. Besides providing flooding attenuation in the area, it would also contribute to the city's damaged natural areas recovery.

Keywords: Floods. Green infrastructure. Strategies.

1. INTRODUÇÃO

Apenas 1 a 5% do globo é ocupado pelas cidades, entretanto, o consumo de energia gerado por seus residentes, é cem vezes maior que o consumo gerado pela parcela da população que vive em áreas rurais. Isso pode indicar, a intrínseca e saturada relação entre o ser humano e os recursos naturais disponíveis, espelhado pelo elevado crescimento da ocupação urbana ao redor do mundo, o qual é responsável por gerar efeitos devastadores para o meio físico e ambiental, favorecendo questões fatídicas para a sociedade, e sobretudo, para o próprio indivíduo. Riscos geológicos, inundações, alagamentos, chuva ácida, bloqueios respiratórios da flora e fauna, dentre outros, são alguns dos problemas agravados pelas ações antrópicas, constituídas muitas vezes de forma desordenada e sem qualquer planejamento ambiental prévio (VENDRAMINI *et al*, 2005).

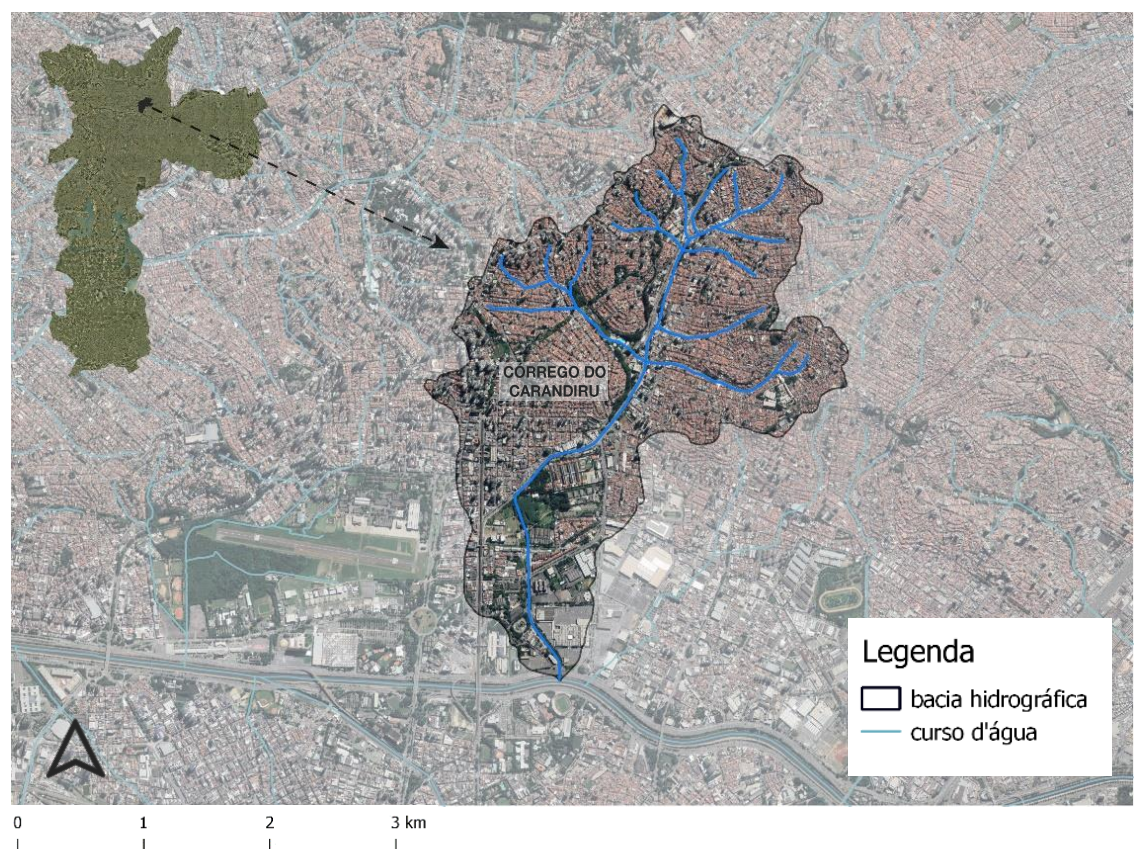
A ação antrópica, fortemente concentrada nas cidades e em áreas rurais, gera grande impacto no meio ambiente tanto local quanto global. O aumento da população associado à diminuição de recursos naturais conduz as cidades, e o planeta como um todo, a uma situação de esgotamento iminente. Esgotamento de recursos não renováveis e degradação que ocorre no solo, água e ar [...] as necessidades humanas estão cada vez maiores, o tamanho da população também cresce e se concentra cada vez mais em cidades e as reservas de meio natural estão cada vez menores. Configura-se que no limite dessa situação, se as necessidades humanas consumirem mais recursos que a capacidade de recarga dos ecossistemas existentes este planeta entrará em colapso [...] (VENDRAMINI *et al*, 2005).

Cada vez mais, evidencia-se que a forma pela qual lidamos com a cidade, bem como sua paisagem, precisa ser repensada e reeducada, para assim, agregar benefícios ao tecido urbano, relativos a infraestruturas de baixo impacto que possibilitem a mitigação das adversidades geradas pela degradação ambiental, assim como, ganhos de qualidade de vida para a sociedade, além de bons retornos para a economia (PELLEGRINO, 2017).

Na zona norte da cidade de São Paulo, um de seus mais de 300 córregos parcialmente tamponados, o córrego do Carandiru, provoca alagamentos periódicos nas vias que o circundam, principalmente na porção norte da sua bacia hidrográfica, ponto onde confluem nove corpos d'água (todos tamponados). As cidades com seus territórios altamente impermeabilizados juntamente com a desvalorização dos recursos naturais, tais como cursos de água ou áreas vegetadas, intensificam as inundações naturais, que ocorrem nas várzeas agora ocupadas, gerando os alagamentos que param as cidades e provocam perdas materiais e humanas. O que foi várzea, tornou-se avenida.

O presente artigo busca identificar as possíveis estratégias infra estruturais, que possibilitem estabelecer maiores relações entre o meio urbano e sua sustentabilidade, delineando assim, diretrizes de projeto que visem a atenuação dos problemas gerados pelo elevado aumento do regime de chuvas, bem como pelas ações do ser humano, sempre em busca da valorização dos recursos naturais, com o sentido de proporcionar enfrentamento de problemáticas como os alagamentos. Assim, possibilitando que a arquitetura e o urbanismo caminhem juntos para traçar estratégias mais eficientes, em relação as suas obras inseridas no meio urbano.

Figura 1: bacia hidrográfica córrego do Carandiru (área de recorte) e contexto da bacia hidrográfica inserida em imagem de satélite do município de São Paulo.



Fonte: modificado a partir de GeoSampa e Google Earth, 2021.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Historiografia da região

Segregada da região central da cidade de São Paulo pela várzea do rio Tietê, a zona norte passou por um longo desenvolvimento até a sua consolidação. O bairro de Santana, o mais antigo da zona norte, que também já foi chamado de Fazenda Sant'Ana ou Fazenda Tietê, desenvolveu-se sobre características rurais, através de exploradores e bandeiristas que atravessavam o rio Tietê sobre pontes construídas

em madeira. A região, considerada sesmaria¹, foi doada aos jesuítas, que posteriormente, consolidaram um colégio da Companhia de Jesus (BIANCHINI, 2018). Os seus residentes, utilizavam-se de veículos de tração animal para o abastecimento alimentício do mercado urbano paulistano, na área central da cidade (GONÇALVES, 2015).

Tal isolamento, seria convertido entre o final do século XIX (1894) e início do século XX, com a implantação da estrada de ferro Tramway da Cantareira², que tinha como principal objetivo o transporte de carga para a construção de uma adutora do reservatório da Cantareira (GONÇALVES, 2015). Apesar do desenvolvimento tardio, a implantação dessa linha férrea, acarretou o povoamento da região que, através da construção de novos ramais, ajudou na fundação e consolidação de novos bairros mais afastados do bairro de Santana (BIANCHINI, 2018).

Como aponta André Vinícius Gonçalves (2015), também entre o final do século XIX e início do século XX, Santana foi marcada por três fatores que contribuíram para seu desenvolvimento, e que se perpetuam até hoje, sendo eles: a existência do polo comercial, no caso da Rua Voluntários da Pátria; a implantação do aeroporto Campo de Marte na área de várzea do Tietê; e o Complexo Penitenciário do Carandiru e Penitenciária do Estado de São Paulo, que no início do século XXI (2002) tiveram uma porção desativada para a construção do Parque da Juventude, importante área de permeabilidade para a bacia hidrográfica do córrego do Carandiru.

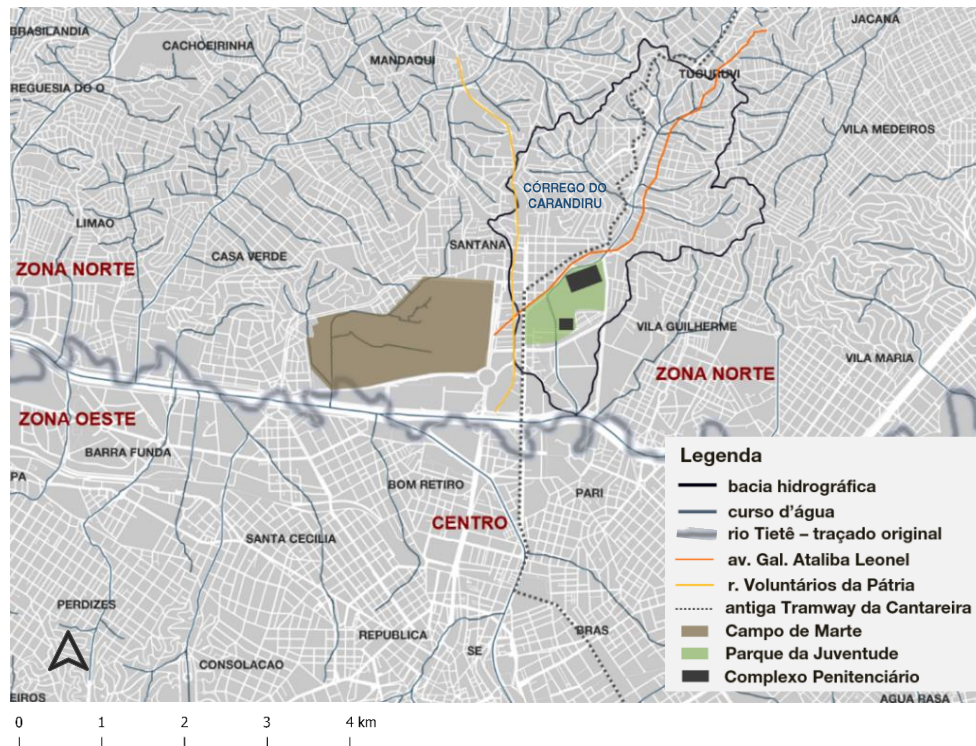
Para o geógrafo Aziz Ab'Saber (1956), Santana pode ser dividida em duas compartimentações geomorfológicas, tais como: uma área de várzea que pertence às planícies aluviais do rio Tietê e uma área implantada às colinas e outeiros de além-Tietê, denominada popularmente como Alto de Santana. A região entre essas duas compartimentações, teve papel fundamental para a formação do bairro (AB'SABER, 1956 apud GONÇALVES, 2015).

O mapa a seguir (Figura 2) caracteriza os principais elementos situados na bacia hidrográfica do córrego do Carandiru, e em seu entorno:

¹ Segundo Michaelis, Dicionário Escolar da Língua Portuguesa (2008, p. 791), entre as definições da palavra “sesmaria”, há “pedaço de terra devoluta ou abandonada, entregue pelos reis de Portugal”.

² A ferrovia Tramway da Cantareira foi executada para o transporte de materiais de construção, para a implantação de um ramal que levaria água do reservatório da Cantareira até o reservatório da Consolação, na região central de São Paulo (BIANCHINI, 2018).

Figura 2: mapa de situação da área de estudo, evidenciando a bacia hidrográfica do córrego do Carandiru e os principais assuntos do seu interior e entorno.



Fonte: modificado a partir de GeoSampa, 2020.

A relação entre a água e São Paulo

Como fomenta a autora Pérola Brocaneli (2007), São Paulo, fundada em local com abundância de água, teve como impulsionador de desenvolvimento o seu principal rio, o Tietê, cujo papel, foi preponderante não só no âmbito municipal, mas também, como indutor de desenvolvimento do estado.

No conjunto das vias de penetração do Brasil selvagem e desconhecido, nenhuma tem a significação histórica que sequer de longe se aproxime da que empresta ao Tietê tão notável realce. Está o nome do grande rio de São Paulo indestrutivelmente ligado à história da construção territorial do Brasil (TAUNAY apud ABDALA, 2019, p. 37).

A expansão da capital paulista, ao longo dos anos, fez com que diversos recursos naturais perdessem os seus territórios. Grandes indústrias se instalaram nas áreas de várzea dos rios, contribuindo diretamente para a contaminação dos cursos d'água, processo agravado pela ampla diminuição das áreas permeáveis da cidade, como aponta o levantamento sobre o volume total de águas pluviais em São Paulo, capital: cerca de 90% da água é escoada para os rios, e apenas 10% é absorvido pelo solo (BROCANELI, 2007).

A grande maioria dos rios e córregos do município de São Paulo são afluentes do rio Tietê, dos quais, segundo a Associação Rios e Ruas (2014), no mínimo 300 estão

tamponados e ocultos, podendo superar a faixa dos 500. Evidencia-se assim, o resultado de ações antrópicas que se intensificaram ao longo dos anos, acarretando grandes transformações morfológicas e econômicas na cidade.

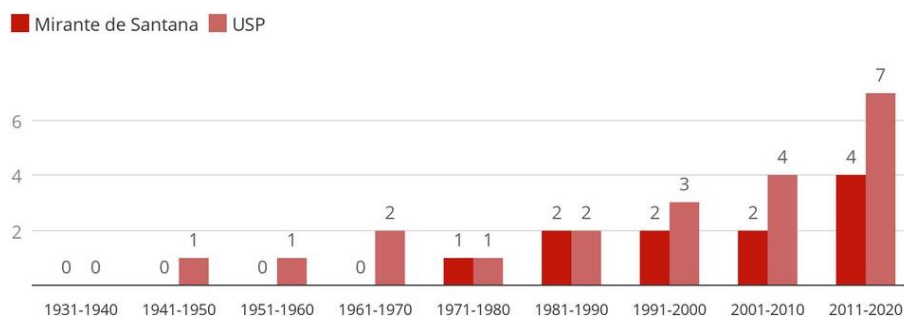
Tal crescimento urbano espelhou-se em diversas obras de retificação, tamponamento, impermeabilização do solo, canalização, drenagem, aterro de áreas de várzea etc., contribuindo diretamente para os problemas entre a ocupação do solo, ao se tratar de uma grande área de interesse econômico para a cidade, e as forças da natureza, retratadas em alagamentos e inundações históricas que são recorrentes ao longo das décadas, como consequência da falta de estratégias eficientes de mitigação (BROCANELI, 2007).

Mudanças climáticas no município

As cheias dos cursos d'água vêm se intensificando à medida que alterações climáticas ocorrem no município de São Paulo, fator que se evidencia ainda mais com as emissões de poluentes das indústrias e dos veículos, grandes vilões da contemporaneidade, os quais são responsáveis pelo lançamento diário para a atmosfera, de 96% de óxido de nitrogênio (NOx), monóxido de carbono (CO) e hidrocarboneto (HC), entre outros gases que provocam o efeito estufa (CETESB, 2010 apud NOBRE, *et al*, 2010).

A alta na intensidade dos eventos de chuva da cidade, são objeto de análise de diversos estudos climáticos e estão representados no gráfico abaixo, que aponta a quantidade de dias por ano, onde houve grandes chuvas (maiores que 100mm de precipitação) em diversos anos no município de São Paulo, a partir de 1931 (CEMADEN apud FIGUEIREDO, 2020):

Gráfico 1: dias de chuva acima de 100mm de precipitação por ano em São Paulo.



Fonte: gráfico do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) apud Figueiredo, 2020.

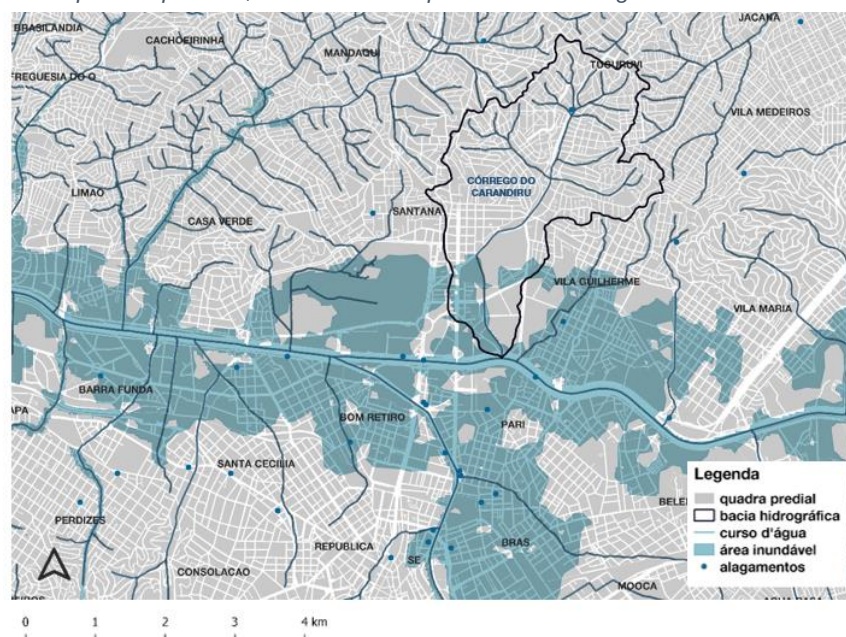
As consequências das densas chuvas que caem principalmente no verão, não são obra do destino, como evoca a arquiteta e urbanista Raquel Rolnik (2019), são uma opção da prefeitura de São Paulo, sendo a zona norte da capital, uma das regiões que mais sofre com tais 'produtos de opções de política urbana':

Todo verão chuvoso paulistano as cenas se repetem: águas tomando avenidas, casas, bairros inteiros, perdas materiais e até de vidas humanas carregadas por um furor hidráulico que parece indomável. [...] De fato, a crise econômica atingiu a capacidade de investimento das prefeituras e governos. Entretanto, examinando os números da execução orçamentária da prefeitura de São Paulo fica clara não a falta de recursos, mas a decisão do que deve ser priorizado. No caso de São Paulo foram simplesmente zerados os investimentos em obras contra enchentes e uma enorme soma foi mobilizada para pavimentação de vias – aliás concentrada em 2018. Parece então que estas – e as enchentes que virão a cada ano – não são uma fatalidade divina mas claros produtos de opções de política urbana (ROLNIK, 2019).

Problemática – expansão populacional

Como citado, por conta da divisão gerada pelo rio Tietê, a zona norte permanece isolada do principal polo de emprego, a região central da cidade e o quadrante sudoeste, o que resulta em grande dependência dos cidadãos em atravessar o rio todos os dias. Fato que, nos dias em que a chuva instaura o caos, prejudica diretamente milhões de pessoas, pois, se as vias asfaltadas estão inviabilizadas, a rede metroviária entra em colapso por conta da insuficiência de locomotivas para comportar o elevado número de passageiros, e os que se arriscam ao utilizar seus automóveis, ora acabam ilhados em inundações, ora enfrentam quilométricos congestionamentos (MENDONÇA, 2020). Tais problemas tendem a se intensificar, uma vez que, segundo a revista *Science* (COHEN, 2003), a projeção para a população urbana em 2030, será de um crescimento de 75 para 83% em países desenvolvidos e de 40 para 56% em países em desenvolvimento.

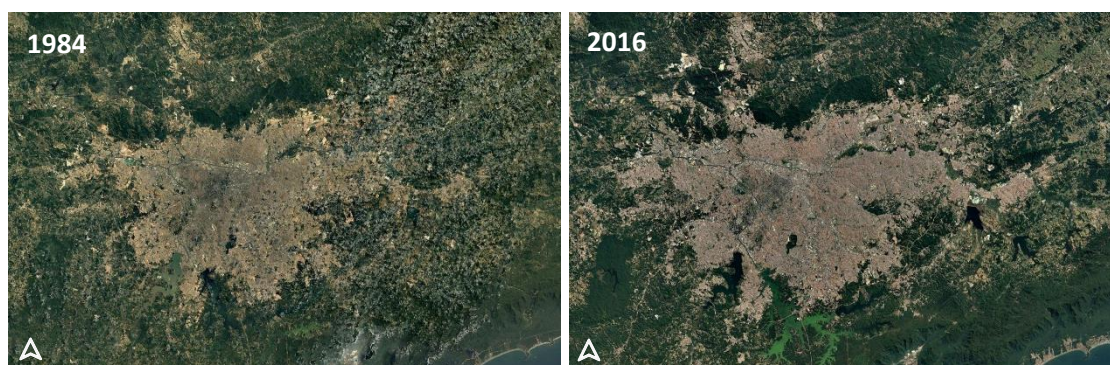
Figura 3: mapeamento de alagamentos e áreas inundáveis de córregos e trechos de várzea do rio Tietê em relação às quadras prediais, evidenciando o percurso do córrego do Carandiru e bacia hidrográfica.



Fonte: modificado a partir de GeoSampa 2021.

Segundo Carlos Afonso Nobre e colegas (2010), os fenômenos intensos de chuva permanecerão – uma vez que, somados ao aumento dos índices pluviométricos e a deficiência do sistema de drenagem da cidade, bem como a ocupação das áreas de várzea da bacia do alto Tietê como resultado da rápida expansão da RMSP – a ampliar a possibilidade de novos cenários de risco, todavia, sobre maior chance de perdas humanas. Se não houver nenhuma reversão das políticas públicas vigentes para mitigar os impactos das precipitações, em 2030, as projeções apontam que os riscos de deslizamento e inundação para um suposto crescimento da mancha urbana da RMSP de aproximadamente 38,7% (expansão total de 3.254,23 km²), sofreriam piora, ou seja, 20% da população seria eventualmente prejudicada, principalmente ao se tratar das periferias e regiões mais propensas a alagamentos, como as regiões de fundo de vale e áreas de várzea de rios e córregos.

Figura 4 e 5: expansão da mancha urbana de São Paulo e Grande São Paulo. À direita correspondente a imagem de satélite fotografada no ano de 1984 e à esquerda, no ano de 2016. Imagens sem escala.



Fonte: imagens geradas e adaptadas a partir de Google Earth, 2021.

Como solução emergente para a mitigação dos problemas ambientais nas áreas urbanas da cidade, reitera-se a necessidade das ações do poder público e de iniciativas privadas, que somadas, poderiam agregar grandes transformações econômicas para a população futura – além de, fomentar o planejamento ambiental sustentável, de forma que, as áreas naturais deflagradas da cidade, possam se autorregenerar, melhorando a qualidade de vida e equilíbrio ecossistêmico. Portanto, deve-se gerar investimentos para o desenvolvimento ecológico e social, objetivando: estabelecer relações de preservação e conservação de áreas de risco; propor redes de transporte hidroviário e ainda; incrementar a consciência ecológica para a população, fator fundamental para a preservação da biodiversidade e para a despoluição dos rios e córregos da cidade (BROCANELI, 2007).

3. METODOLOGIA

Como metodologia utilizada para a realização e desenvolvimento do artigo diversas etapas foram estabelecidas.

Primeiro, foi realizada pesquisa bibliográfica e pesquisas documentais para melhor compreensão do tema em questão, assim, estabelecendo a área de recorte como a bacia hidrográfica do córrego do Carandiru.

O levantamento de dados relativos às mudanças climáticas no município de São Paulo, bem como o elevado crescimento da mancha urbana da Grande São Paulo e ocupação de suas áreas de várzea, foram elementos norteadores para o entendimento de problemas, como exemplo, os alagamentos e inundações.

O levantamento bibliográfico teve seu foco em livros, artigos, dissertações e teses, com posicionamentos interdisciplinares, para que o campo de visão sobre o assunto debatido fosse ampliado e melhor compreendido. Autores e organizadores como: Paulo Pellegrino, Newton Becker Moura, Pérola Brocaneli, Raquel Rolnik, Kongjian Yu, Débora Tavanti, Carlos Nobre, entre outros, serviram de grande apoio para o aprofundamento do tema em questão. A documentação selecionada para realização dos mapas e gráficos foi obtida através de base de dados virtuais da prefeitura de São Paulo (GeoSampa), além de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Foram realizadas entrevistas virtuais e debates em aula com profissionais da área da construção civil, bem como paisagismo e infraestrutura urbana, onde foram obtidas informações importantes para a constituição do artigo e aprofundamento no tema em questão, fator que direcionou para que as visitas de campo fossem feitas com maior entendimento espacial da área, visando estabelecer relações entre a bibliografia lida e a realidade da área de recorte.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Possíveis estratégias

Como possibilidades pontuais de estratégias para agregar benefícios à sociedade, tais como, a mitigação dos alagamentos devido a alta impermeabilização do solo, reiteram-se as estratégias de infraestrutura verde/azul e o chamado DUBI (Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto, ou *LID – Low Impact Development*, em inglês), além de outras iniciativas de aumento da taxa de permeabilidade do solo, como as cidades-esponja³. Todas convergem para um escopo comum e emergem como boas soluções, para o combate de problemas sobre a relação entre o urbano e as águas, em diversas cidades ao redor do globo.

³ O termo cidades-esponja se originou na China e pode ser definido por: cidades sustentáveis, que absorvem as águas pluviais, permitindo que elas sigam o seu fluxo natural (SOUSA, 2019).

O termo infraestrutura verde, foi usado pela primeira vez em 1994, pela Comissão de *Greenways* da Flórida, EUA, e foi fortemente defendido como uma boa estratégia para somar-se ou até substituir a infraestrutura cinza⁴ nas cidades. É considerada uma rede de áreas naturais e abertas, que se fazem cruciais para o bom funcionamento ecológico do território urbano, alavancando questões de drenagem, mobilidade, acessibilidade, fomento à preservação, consciência e desempenho da biodiversidade (BONZI, 2017).

Como aponta o arquiteto paisagista Richard Forman (apud BONZI, 2017), os princípios para a constituição de uma infraestrutura verde, fundamentais para o seu entendimento, dividem-se em três elementos básicos: *HUBS* (pontos centrais, matrizes), essenciais para os processos ecológicos, proporcionando espaço para as pessoas e dinâmicas naturais, que nas cidades são os parques e as unidades de conservação; *LINKS* (conexões), importantes agentes que mantêm o processo ecológico ao conectar as matrizes, como exemplo os corredores verdes; e por fim, *SITES* (pontos locais), que se constituem de espaços menores que os *HUBS*, porém, assim como todos, são de grande importância para o conjunto, estabelecendo relações ecológicas e sociais para a cidade, como praças ou terrenos vegetados.

A infraestrutura verde, para o arquiteto chinês Kongjian Yu (2006), pode ser dividida em três escalas, sendo elas: a macro escala, da qual trata da modelação da paisagem das cidades e conseqüentemente da sua forma urbana, com projeção de amplas intervenções, como cinturões verdes; a escala intermediária, que interliga a infraestrutura interna urbana, implantando parques lineares, alagados construídos, ruas verdes etc.; e a pequena escala, que retrata pequenas intervenções urbanas ao longo de pontos específicos da cidade, como jardins de chuva, tetos verdes, trincheiras de drenagem, pisos drenantes, canteiros pluviais, entre outros.

Como estratégia de manejo de águas pelos próprios recursos hídricos, a estratégia de infraestrutura azul é compreendida como um sistema urbano de águas que interligam as áreas verdes das cidades, contribuindo para mitigar os impactos climáticos, além de propiciar suavização nos dias de pico no escoamento de águas pluviais. São elementos que podem ser retratados como rios, córregos, canais, lagos e lagoas projetados para ampliar o potencial de vazão e escoamento de águas, sempre caminhando ao lado da infraestrutura verde. A utilização dessa estratégia

⁴ De acordo com a UNESCO (2018), a infraestrutura cinza, também chamada de infraestrutura convencional – como água potável, esgoto, sistema viário –, faz analogia ao elevado uso do concreto e de recursos artificiais em suas obras, ocasionando superfícies muitas vezes impermeabilizadas, impedindo o crescimento de ecossistemas.

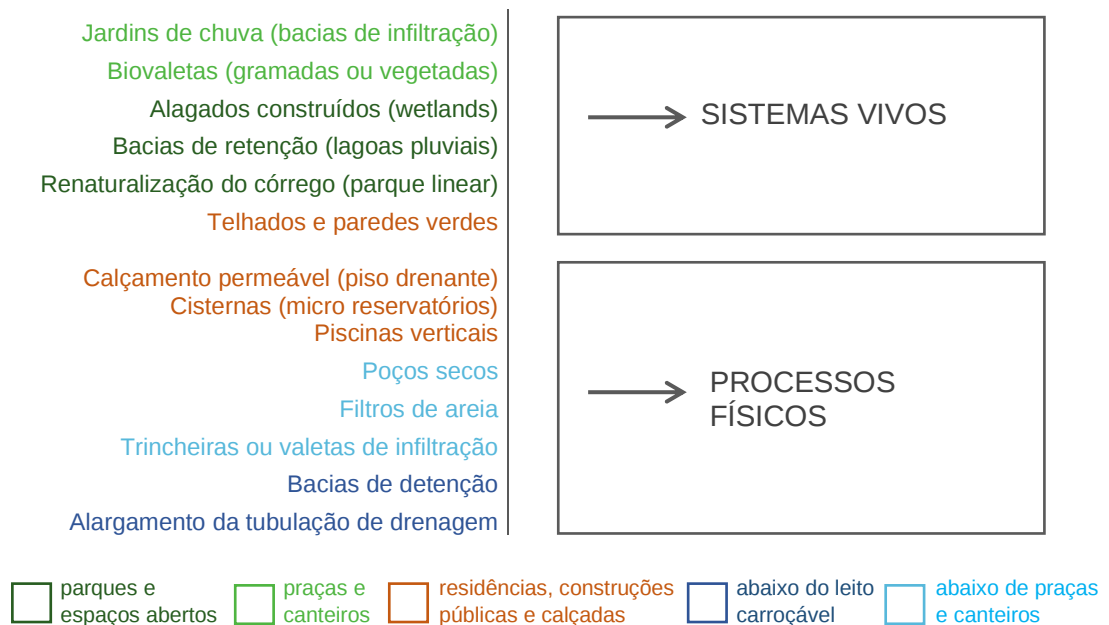
estimula o desenvolvimento de ações de restauração e renaturalização dos corpos d'água urbanos (GUIMARÃES, 2018).

Já o conceito de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto foi aplicado pela primeira vez no estado de Maryland, EUA, e é definido como uma estratégia de manejo de águas pluviais em pequena escala, onde são utilizadas técnicas de engenharia ambiental, simulando assim, processos naturais que resultam em evapotranspiração, filtração e infiltração de águas, além de utilizar a chuva para a proteção dos recursos hídricos. DUBI, assemelha-se com a pequena escala das estratégias de infraestrutura verde, onde são empregadas soluções de pequeno porte, que trazem resultados de grande abrangência para a cidade (CARVALHO, 2019).

Aplicação no recorte

Como resultado da pesquisa, foi realizada uma síntese onde foram identificadas possíveis ferramentas para o manejo de águas pluviais, as quais, podem ser aplicadas em pontos específicos da área de recorte, formando uma rede de pequenas soluções que funcionam de forma sistêmica. Tais ferramentas, estão presentes nos textos que fomentam estratégias de infraestrutura verde (IEV) ou Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (DUBI), como por exemplo, no trabalho de Paulo Pellegrino e Newton Becker Moura (2017). O diagrama a seguir lista tais possibilidades, ressaltando o seu processo e possibilidades de implantação.

Diagrama 1: Ferramentas para o manejo de águas pluviais e os possíveis locais de implantação.



Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

De tais ferramentas, emergem boas soluções para o manejo de águas pluviais, entretanto, na prática, a aplicação desses recursos varia de acordo com cada situação. Por exemplo, quando se trata principalmente de calçamentos e canteiros públicos, para Débora Tavanti (2009) e Carme Castañer (2018), os jardins de chuva (bacias de infiltração), bem como os canteiros pluviais, biovaletas, trincheiras ou valetas de infiltração e os pisos drenantes, são boas alternativas que garantem o escoamento de águas, sendo por infiltração direta no solo e/ou por liberação de forma gradual para os sistemas de drenagem urbana. Com isso, ao se somar essas pequenas intervenções, bons resultados serão manifestados e, assim, a médio prazo serão significativos para a melhora da permeabilidade do solo e o não escoamento ao córrego, assim como seus afluentes.

Outras soluções de pequena escala, como telhados verdes (lajes impermeabilizadas), paredes verdes, micro reservatórios e calhas de retenção (piscinas verticais), podem ser consideradas boas práticas para quem almeja a melhoria urbana de seu bairro e cidade, pois podem ser aplicadas no âmbito do lote, tanto em unidades residenciais, quanto em obras públicas e privadas. Para que tais alternativas sejam praticadas, o poder público deve exercer o papel de incentivar e contribuir para que haja viabilidade para que as pessoas possam aplicar essas ferramentas em suas casas, empresas e terrenos, contribuindo assim, para o não saturamento do escoamento pluvial da cidade (PIZA, 2021)⁵.

Como citado no diagrama 1, soluções de grande escala, podem ser boas ferramentas para áreas abertas e espaços amplos ao longo da cidade. Segundo Paulo Pellegrino, (2017) os alagados construídos (wetlands), possibilitam retenção de água e ao mesmo tempo permitem o tratamento da mesma através de sistemas ecológicos, cuja implantação varia entre parques e até mesmo estações de tratamento de água (ETA). Tal solução, possibilita a resiliência do meio ambiente no meio urbano, reiterando assim, o papel da sustentabilidade urbana para a consciência da sociedade.

Já as bacias de retenção (lagoas pluviais) e as bacias de retenção, possibilitam o armazenamento temporário da água pluvial para ser reaproveitada como água de reuso, ou como retenção temporária, para que haja escoamento desacelerado no sistema urbano de drenagem. Podem ser aplicadas principalmente em parques,

⁵ Anotações de entrevista concedida por Francisco José de Toledo Piza, professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Presbiteriana Mackenzie, pela plataforma digital "Zoom", em 28 de abril de 2021.

praças, pistas de skate, playgrounds e anfiteatros, além de, sob praças secas e leito carroçável (TAVANTI, 2009; CASTAÑER, 2018).

Para áreas propícias à criação de parques lineares ou corredores verdes, onde percorrem rios e córregos, a renaturalização dos mesmos, emerge como uma estratégia pouco usual em áreas da cidade, contudo, com grande importância para a mitigação de alagamentos e inundações, pois proporciona o destamponamento de cursos d'água ocultos, ampliando a área de vazão, além de proporcionar à população, melhor relação entre a água e a paisagem urbana (MARIANO, 2021)⁶. Somado a essas e outras ferramentas de infraestrutura verde/azul, é essencial que os órgãos públicos trabalhem de forma eficaz para que tais estratégias sustentáveis ajam em conjunto com as infraestruturas convencionais empregadas na urbe e, se necessário, obras públicas como alargamento de tubulações de drenagem e desentupimento eficiente de bocas-de-lobo, sejam feitas em pontos específicos (PIZA, 2021).

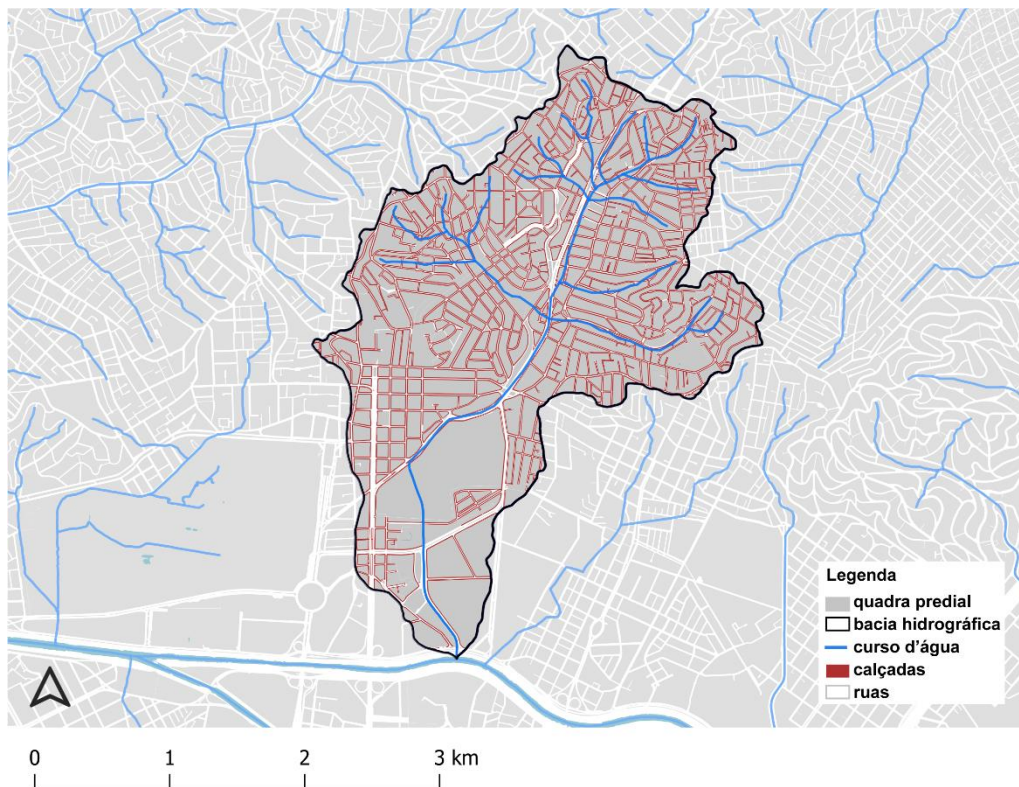
Levantamento de campo

Para enfrentar o problema da extensa impermeabilização do solo ao longo da bacia hidrográfica do córrego do Carandiru — principalmente sobre os recorrentes alagamentos que se concentram no ponto de confluência de seus afluentes, na Avenida Luiz Dumont Villares (porção norte da bacia hidrográfica) — deve-se analisar a área como um todo, bem como os elementos que a compõem, visando os principais pontos propícios à implantação de estratégias que visem a mitigação do problema. É importante ressaltar que as inundações das áreas de várzea do rio Tietê, não se revolvem nessa escala e, portanto, não foram foco deste estudo.

A sequência de mapas a seguir, ilustra graficamente a área, destacando elementos como: calçadas e leitos carroçáveis (Figura 6); praças, parques e canteiros (Figura 8); lotes (Figura 9); e edificações (Figura 7), que ocupam o território da bacia hidrográfica do córrego do Carandiru, o qual, segundo dados da plataforma virtual GeoSampa (2021), possui 7.374.205,74 m² de área. Tal levantamento norteia as possibilidades de aplicação de estratégias de infraestrutura verde/azul, fundamentando reflexões sobre a maneira pela qual a cidade lida com a permeabilidade do solo, priorizando os modais automotivos, que estão entre os grandes agentes da impermeabilização da metrópole.

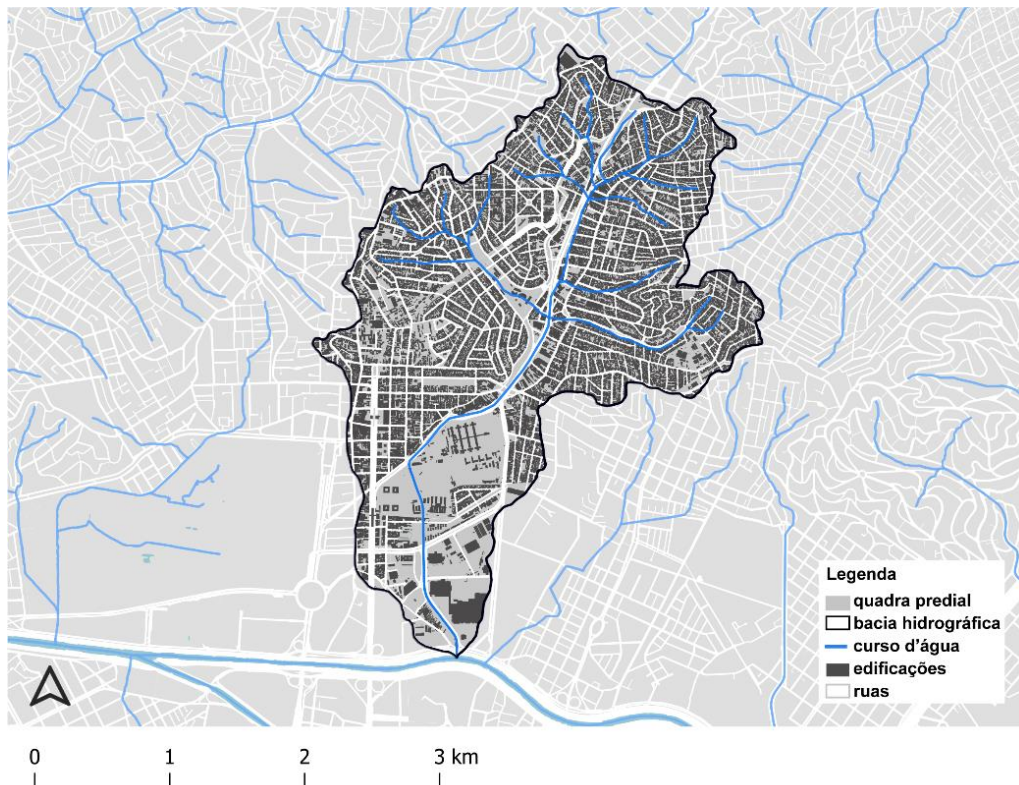
⁶ Anotações de aula ministrada pela professora Cássia Regina Mariano e Nadia Somekh, durante orientação de trabalho acadêmico, do componente curricular Estúdio de Urbanismo 8, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Presbiteriana Mackenzie, durante o primeiro semestre de 2021.

Figura 6: mapeamento de calçadas e ruas (leitos carroçáveis) internas à área de recorte (bacia hidrográfica do córrego do Carandiru).



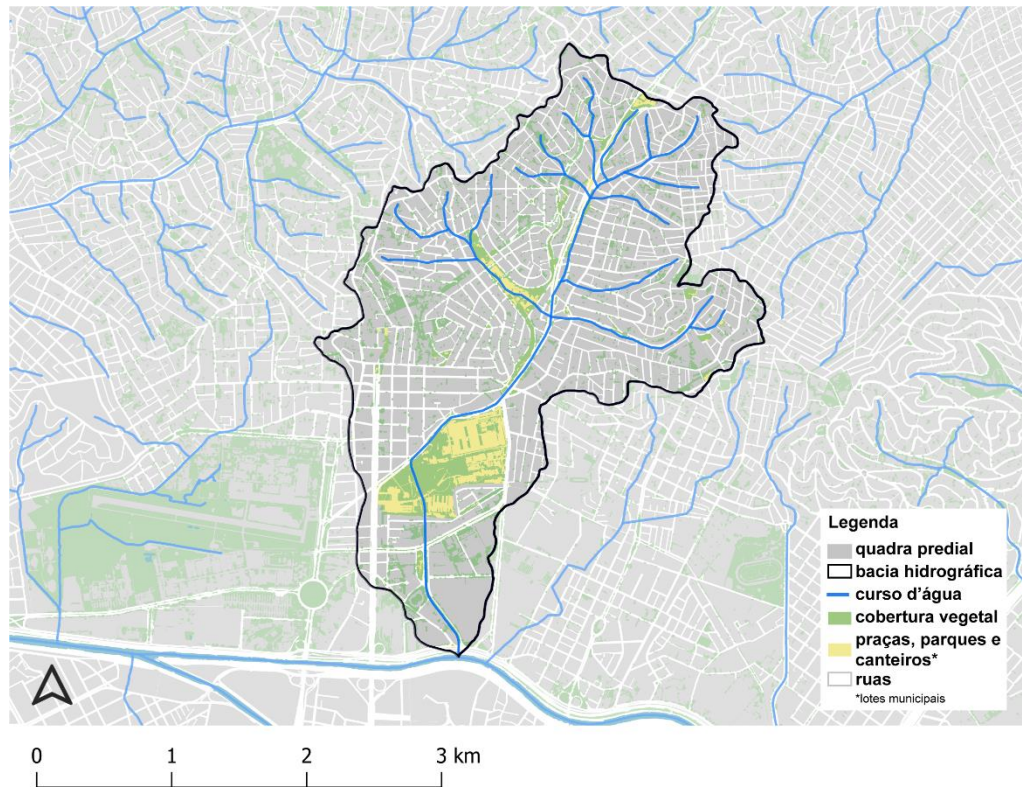
Fonte: modificado a partir de GeoSampa 2021.

Figura 7: mapeamento das edificações existentes internas à área de recorte (bacia hidrográfica do córrego do Carandiru).



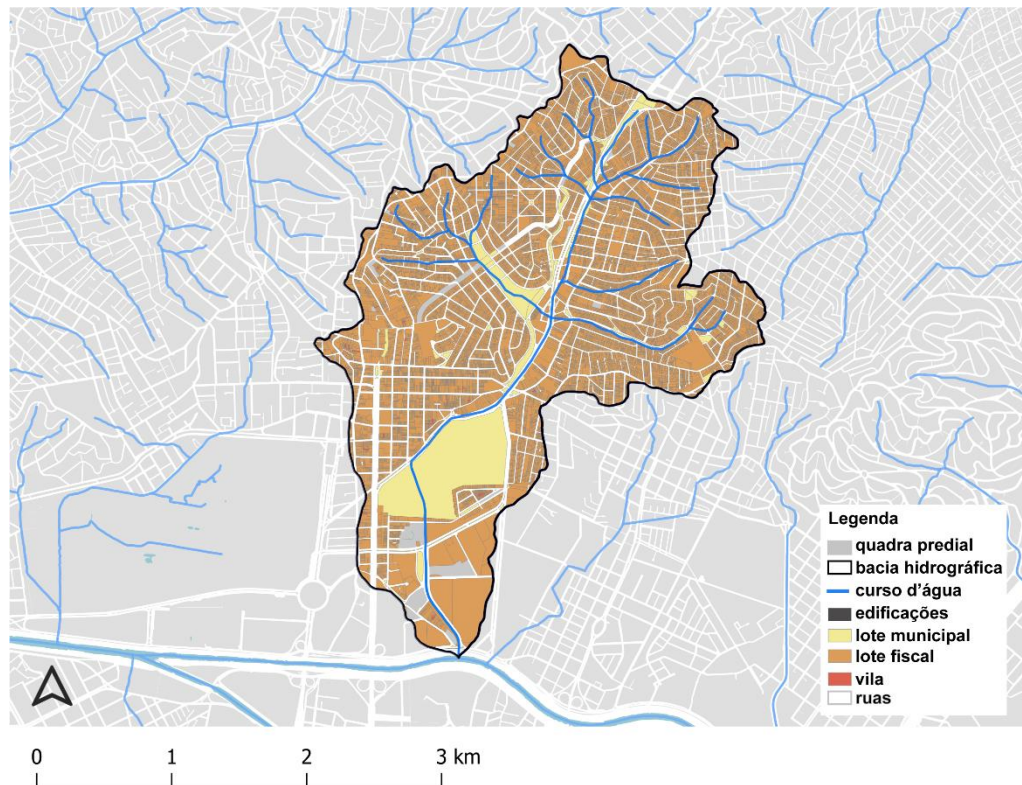
Fonte: modificado a partir de GeoSampa 2021.

Figura 8: mapeamento da cobertura vegetal (praças, parques e canteiros) interna à área de recorte (bacia hidrográfica do córrego do Carandiru).



Fonte: modificado a partir de GeoSampa 2021.

Figura 9: mapeamento dos lotes (públicos, privados e vilas) internos à área de recorte (bacia hidrográfica do córrego do Carandiru).

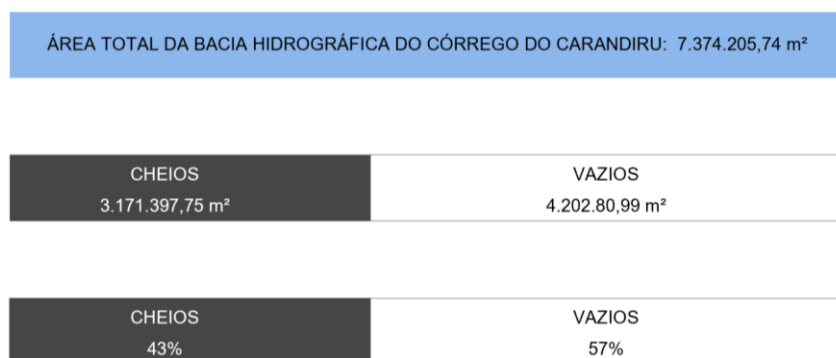


Fonte: modificado a partir de GeoSampa 2021.

Como observam Francisco Piza (2021) e Cássia Mariano (2020)⁷, as ruas (leitos carroçáveis), por sua vez, contribuem para alta impermeabilidade do solo, entretanto, muitas possuem grande potencial para aplicação de reservatórios de amortecimento abaixo da área asfaltada. Por sua vez, é muito mais interessante para a cidade, bem como para o meio ambiente, que os arquitetos e urbanistas optem por sistemas vivos de manejo de águas pluviais, visando sempre um considerável aumento das áreas verdes urbanas, agregando assim, mais espaços abertos que tragam o equilíbrio entre o ecossistema e o meio urbano. É muito importante que haja incentivos públicos para que cada indivíduo tenha a oportunidade de aplicar ferramentas, como piscinas verticais, cisternas (micro reservatórios), piso drenante, paredes e telhados verdes, no âmbito do seu lote e/ou sua edificação, fator que além de gerar economia — visando na utilização da água armazenada para reuso —, também contribui para diminuição da incidência de alagamentos ao longo da bacia hidrográfica.

O gráfico (Gráfico 2) a seguir, quantifica, em metros quadrados e suas respectivas porcentagens, as áreas ilustradas pelo levantamento especializado (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), visando as áreas edificadas (cheios) e não edificadas (vazios), tendo como ponto de partida a área total em metros quadrados da bacia hidrográfica do córrego do Carandiru (7.374.205,74 m²):

Gráfico 2: levantamento quantitativo da ocupação de cheios e vazios ao interior da bacia hidrográfica do córrego do Carandiru.



Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados de GeoSampa 2021.

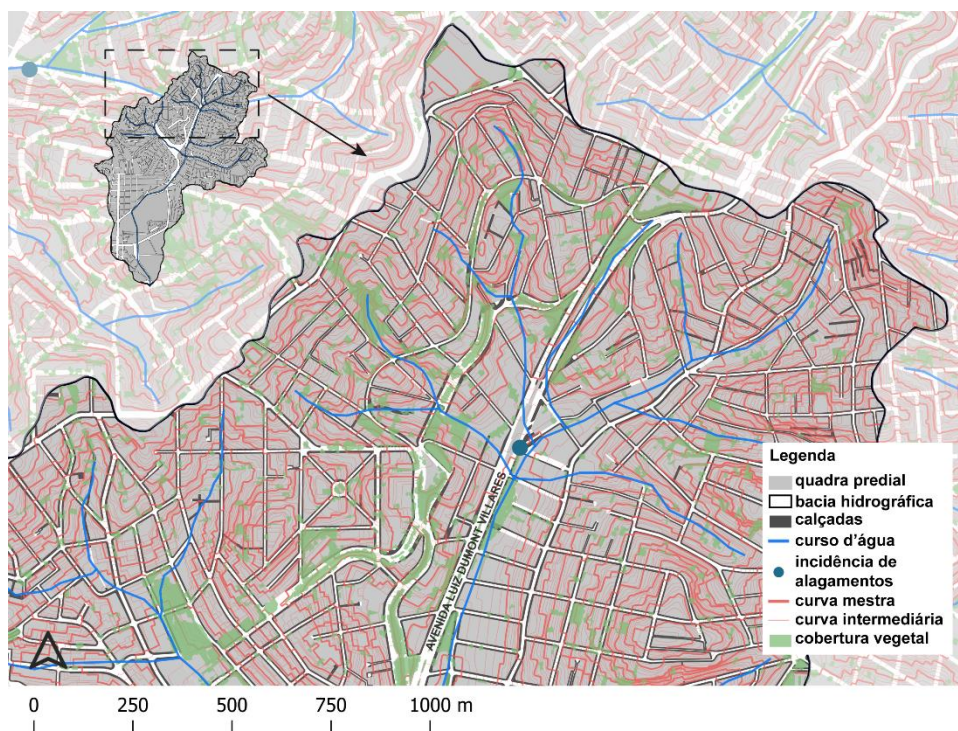
Tendo em vista a pesquisa realizada, constatou-se que a porção mais propícia da área para que tais estratégias de infraestrutura verde/azul possam ser eficientemente implantadas, é a porção norte da bacia hidrográfica do córrego do Carandiru, representada no mapa a seguir (Figura 10), pois além de ser uma área com grande

⁷ Anotações de aula ministrada pela professora Cássia Regina Mariano, durante o componente curricular optativo Arquitetura da Paisagem, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Presbiteriana Mackenzie, durante o primeiro semestre de 2020.

ocorrência de alagamentos — por ser o local onde os afluentes do córrego deságuam —, também possui grande potencial para aplicação de ferramentas para o manejo de águas pluviais, como exemplo, uma sequência de praças e espaços subutilizados que são oportunos para implantação de um grande corredor verde, bem como o destamponamento do córrego. Assim, o problema seria mitigado na sua fonte, impedindo que a capacidade de vazão do córrego se esgotasse.

As avenidas centrais à área de recorte (Avenida Luiz Dumont Villares e Avenida General Ataliba Leonel), possuem grande potencial para a aplicação de pequenas intervenções urbanas voltadas à solução ou, ao menos, à mitigação da problemática dos alagamentos provocados pelo regime de chuvas no bairro. São avenidas arteriais que compõem o corredor norte-sul e possuem largura ampla (aproximadamente 35,5m de guia a guia), sendo seis faixas para veículos, duas faixas exclusivas para ônibus, duas ciclofaixas e canteiro central vegetado com calçada. O alargamento das áreas de calçamento, e consequentemente, diminuição do número de faixas para veículos automotivos, propiciariam espaço para a alocação de jardins de chuva (bacias de infiltração), biovaletas (gramadas ou vegetadas), calçamento permeável (piso drenante), micro reservatórios, e até intervenções de maior escala, como exemplo, reservatórios de retenção abaixo da área de leito carroçável.

Figura 10: ampliação da porção norte da área de recorte, evidenciando a topografia acentuada que gerou áreas de fundo de vale ao longo da bacia hidrográfica do córrego do Carandiru.



Fonte: modificado a partir de GeoSampa 2021.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A porção norte da bacia hidrográfica, que conta com diversas praças e espaços subutilizados, bem como um grande eixo de avenida arterial, foi escolhida como uma boa área para que estratégias de pequeno a médio porte pudessem ser aplicadas de forma sistêmica, estando entre elas: jardins de chuva (bacias de infiltração), biovaletas (gramadas ou vegetadas), calçamento permeável (piso drenante), micro reservatórios, reservatórios de retenção, corredores verdes (parque linear) e destampamento do córrego. Assim, com um projeto para a aplicação de tais ferramentas, haveria a possibilidade da atenuação do problema em sua área de maior confluência de cursos d'água.

Faz-se claro que, a implantação de estratégias que convirjam na proteção e recuperação de ecossistemas vivos e mananciais hídricos, são estratégias nas quais o poder público deve investir generosamente, pois, além de possibilitar a diminuição de eventuais desastres, também estimulam a população a ter maior contato com áreas verdes na cidade, contribuindo com o aumento da consciência ecológica e da apropriação da cidade, pois uma cidade que respeita e preserva o meio natural, é uma cidade que cresce economicamente, socialmente e culturalmente.

Essa pesquisa se configura como ponto de partida para o Trabalho Final de Graduação (TFG), do qual será desenvolvido nos próximos meses. Será proposto o redesenho de parte da Av. Luiz Dumont Villares, buscando incrementar a urbanidade do eixo, valorizando a infraestrutura verde/azul (córrego do Carandiru) e propondo intervenções que possam melhorar a relação desse trecho de cidade com a água.

Assim, o presente artigo trouxe a compreensão de possibilidades de atuação no meio urbano buscando valorizar os recursos naturais, com a finalidade de enfrentar os problemas relativos aos alagamentos, propiciando a efetiva ação de profissionais do segmento, tendo em vista, o despertar da consciência e respeito pelo planeta. Identificou-se estratégias que podem contribuir para a sustentabilidade urbana, e criou diretrizes projetuais para mitigação dos problemas causados pelas ações antrópicas, bem como o considerável aumento dos índices pluviométricos.

6. REFERÊNCIAS

ABDALA, Sammilla Andrade. **Evolução da qualidade das águas do rio Tietê e os fatores que a influenciam**. 2019. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

AB'SABER, Aziz in: GONÇALVES, André Vinícius Martinez. **Obsolescência espacial: o ambiente urbano de Santana em São Paulo - SP**. 2015. Tese

(Doutorado em Geografia na área de Análise Ambiental e Dinâmica Territorial) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

ASSOCIAÇÃO RIOS E RUAS. In: EQUIPE CAMINHOS PARA O FUTURO. **Os rios invisíveis de São Paulo e do mundo**. Época Negócios, São Paulo, 18 ago. 2014. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Energia/noticia/2014/08/os-rios-invisiveis-de-sao-paulo-e-do-mundo.html>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

BIANCHINI, Douglas Alves. **Do Carandiru ao Parque da Juventude: reconstrução da paisagem urbana**. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2018.

BONZI, Ramón. Paisagem como infraestrutura. In: PELLEGRINO, Paulo; MOURA, Newton Becker (orgs.). **Estratégias para uma infraestrutura verde**. Barueri: Editora Manole Ltda, 2017. Página 1-24.

BROCANELI, Pérola Felipette. **O ressurgimento das águas na paisagem paulistana: fator fundamental para a cidade sustentável**. 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

CARVALHO, Natália. **Desenvolvimento de baixo impacto no manejo de águas pluviais urbanas: uma proposta para o município de campinas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2019.

CASTAÑER Carme. **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 Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

CETESB, 2010 apud NOBRE, Carlos *et al.* **Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo**. NPE; UNICAMP; USP; IPT; UNESP - Rio Claro, jun. 2010.

COHEN, Joel. *Human population: next half century*. **Science Magazine**, v.302, p.1172-1175, nov. 2003. Disponível em: <<https://science.sciencemag.org/content/302/5648/1172>>. Acesso em: 25 fev. 2021.

FIGUEIREDO, Patrícia. **Sistema de bombeamento do Tietê começou a funcionar só 16 horas depois da inundação na Marginal, confirma secretaria**. G1 – o portal de notícias da globo, São Paulo, 10 mar. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/03/10/numero-de-dias-com-chuva-forte-na-grande-sp-aumentou-6-vezes-nos-ultimos-20-anos.ghtml>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

FORMAN, Richard apud BONZI, Ramón In: PELLEGRINO, Paulo; MOURA, Newton Becker (orgs.). **Estratégias para uma infraestrutura verde**. Barueri: Manole Ltda, 2017. Página 1-24.

GONÇALVES, André Vinícius Martinez. **Obsolescência espacial: o ambiente urbano de Santana em São Paulo - SP**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia na área de Análise Ambiental e Dinâmica Territorial) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

GUIMARÃES, Luciana Fernandes et al. O uso de infraestruturas verde e azul na revitalização urbana e na melhoria do manejo das águas pluviais: o caso da sub-bacia do rio Comprido. **Paisagem e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 42, p. 75-95, 2018. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/150703>>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MENDONÇA, Pedro. **Alagamentos, deslizamentos e zonas inteiras ilhadas: o modelo de urbanização por asfalto precisa ser revisto**. Labcidade. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo, São Paulo, 11 fev. 2020. Disponível em: <<http://www.labcidade.fau.usp.br/alagamentos-deslizamentos-e-zonas-inteiras-ilhadas-o-modelo-de-urbanizacao-por-asfalto-precisa-ser-revisto/>>. Acesso em: 23 fev. 2021.

Michaelis: Dicionário Escolar da Língua Portuguesa. 3ª ed. e 2ª imp. de acordo com o acordo ortográfico da língua portuguesa. São Paulo: Editora Melhoramentos, 2008.

PELLEGRINO, Paulo; MOURA, Newton Becker (orgs.). **Estratégias para uma infraestrutura verde**. Barueri: Editora Manole Ltda, 2017.

NOBRE, Carlos et al. **Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo**. NPE; UNICAMP; USP; IPT; UNESP - Rio Claro, jun. 2010.

ROLNIK, Raquel. **Enchentes em SP não são obra do acaso, são opção da Prefeitura**. A cidade é nossa, São Paulo, 09 jan. 2019. Disponível em: <<https://raquelrolnik.blogosfera.uol.com.br/2019/01/09/enchentes-em-sp-nao-sao-obra-do-acaso-sao-opcao-da-prefeitura/>>. Acesso em: 23 fev. 2021.

SOUSA, Marcia. Cidade-esponja: a natureza é a solução para inundações. **ArchDaily**, Brasil, 07 set. 2019. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/924346/cidade-esponja-a-natureza-e-a-solucao-para-inundacoes>> Acesso em: 23 mar. 2021.

TAVANTI, Débora. **Desenvolvimento de baixo impacto aplicado ao processo de planejamento urbano**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

UNESCO. **Nature-Based Solutions for Water**. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UN-Water, Paris, 2018. Artigo (The United Nations World Water Development Report), 2018.

VENDRAMINI, Paula et al. **Fragilidade ambiental das áreas urbanas: o metabolismo das cidades**. Portal Vitruvius, 05 abr. 2005. Disponível em: <<https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/05.059/472l>>. Acesso em: 26 fev. 2021.

YU, Kongjian. **The Art of Survival**. ASLA Annual Meeting e 43º IFLA World Congress, Minneapolis, EUA, out. 2006. Disponível em: <https://www.asla.org/uploadedFiles/CMS/Business_Quarterly/tha%20Art%20of%20Survival.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

Contatos: viniciusdefaria@outlook.com e paula.jorge@mackenzie.br