



IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO MANDAQUI, SÃO PAULO - SP

Renan Sergi Lopes¹ ; Melissa Cristina Pereira Graciosa²

RESUMO – Este artigo possui como objetivo apresentar o resultado de um levantamento de áreas de risco de inundação realizado em uma sub-bacia do Córrego Mandaqui, localizado na Zona Norte do município de São Paulo – SP. O traçado da mancha de inundação observada teve por objetivo identificar as áreas de risco a partir do registro bibliográfico, observações de campo, memória dos moradores, registros de mídia jornalística e redes sociais, consulta à bases de dados de inundações da cidade e interação com técnicos do poder público. No total, foram levantados mais de 47.000 m² de área de risco, sendo mais de 25.500 m² dessa mancha classificada como de alta severidade. Os resultados obtidos possibilitarão a validação de modelos hidrológico-hidrodinâmicos para TRs não registrados ainda por monitoramento hidrometeorológico na bacia, permitindo o ajuste de modelos para precipitações de baixa recorrência (altos períodos de retorno) e análise de cenários futuros e de alternativas de intervenção na macrodrenagem da bacia.

ABSTRACT– This article aims to present the results of a flood risk areas mapping in a sub-basin of Mandaqui stream watershed, in the North Region of São Paulo city – SP. The contour of the flood risk areas was obtained through bibliographic research, field observations, citizens memories, social and journalistic media publications, municipality official databases and interaction with technicians of governmental agencies. In total, more than 47.000 m² of affected area were mapped, and over 25.500 m² of those were classified as high severity risk of floods. Results will provide basis for hydrological and hydraulics modeling validation, once monitoring of hydrometeorological variables in the basin is still recent. Thus, observed flood risk mapping allows modelers to adjust parameters for high return periods and the evaluation of future scenarios and alternatives of structural intervention in the basin.

Palavras-Chave – Manchas de inundação; Mapeamento do risco de inundações; Drenagem Urbana

INTRODUÇÃO

A ocorrência de inundações em uma bacia se deve a condicionantes hidrológicos naturais, como a forma do relevo, as características do solo e seu teor de umidade e a distribuição e frequência dos eventos de precipitação (Tominaga *et al*, 2015). A esses fatores somam-se condicionantes antrópicos, especialmente no meio urbano. Entre eles, destacam-se o aumento do escoamento superficial devido ao alto grau de impermeabilização das superfícies, o aumento da produção de sedimentos (e, conseqüentemente, do assoreamento dos canais) e a implantação

1) Graduando em Engenharia Ambiental e Urbana. Universidade Federal do ABC – UFABC. Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Terezinha. Santo André – SP. (11) 4996-0001. Email: renan.sergi@aluno.ufabc.edu.br

2) Docente do curso de Engenharia Ambiental e Urbana. Universidade Federal do ABC – UFABC. Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Terezinha. Santo André – SP. (11) 4996-0001. Email: melissa.graciosa@ufabc.edu.br



desorganizada da infraestrutura urbana, incluindo a canalização e retificação de córregos e a construção de pontes e taludes que obstruem o escoamento (Tucci, 2005).

O mapeamento de áreas de risco de inundação em uma bacia hidrográfica urbana constitui etapa importante para o planejamento das medidas de mitigação. O conhecimento prévio das áreas de risco, a partir de informações de inundações passadas, possibilita ajustar e validar modelos hidrológico-hidráulicos em áreas com carência de monitoramento ou com monitoramento recente, para permitir, a partir da combinação de informações observadas com simulações, associar o nível de inundação e a extensão da mancha de inundação à uma determinada recorrência. Neste trabalho, aplicou-se uma metodologia que combinou a observação *in loco* com a busca por registros de inundações, em meio jornalístico, mídias sociais e bases de dados da Prefeitura Municipal, com a memória de moradores da bacia hidrográfica, para mapear as áreas de risco de inundações na bacia hidrográfica do Córrego Mandaqui, na Zona Norte do Município de São Paulo – SP, afluente de margem direita do Rio Tietê, nos distritos de Santana, Tucuruvi e Mandaqui.

A bacia de estudo drena uma área de 18,6 km² de extensão em áreas de alto adensamento urbano na cidade, sendo que o curso d'água principal escoar ao longo da Av. Eng. Caetano Álvares e sofre com problemas recorrentes de inundações, tanto para chuvas de menor recorrência quanto para eventos mais frequentes. A bacia conta com monitoramento hidrometeorológico de precipitação e nível d'água do curso principal, realizado pelo Sistema de Alerta de Inundações de São Paulo – SAISP, desde 2012, através de uma estação hidrometeorológica situada na Av. Eng. Caetano Álvares x Rua Zilda, que abrange, aproximadamente, 15 km² de área de drenagem.

ESTUDOS E PROJETOS EXISTENTES NA BACIA DO CÓRREGO MANDAQUI

O trabalho realizado por Bonzi (2016) revelou seis cursos d'água não mapeados na bacia, por meio de análises cartográficas, visitas de campo e entrevistas com moradores. Cabral (2015), de maneira semelhante, desenvolveu um trabalho que acabou por revelar o traçado do Córrego das Cobras, também oculto pelas construções e desaparecendo da lembrança dos moradores da região. Ragonha e Corrêa (2016), ao buscarem maneiras de conectar fragmentos verdes na bacia, realizaram também importante levantamento de córregos ocultos, especialmente na região da sub-bacia MD-01, objeto do presente trabalho. Também relevante é o estudo arquitetônico de Guarnieri (2014) acerca da relação da cidade com suas águas pluviais, especificamente na Bacia do Mandaqui.



O Programa Córrego Limpo, desenvolvido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, realizou, entre 2011 e 2014, diversas medidas visando à despoluição do Córrego Mandaqui. Bevilacqua e Horneaux Jr. (2015) analisam a dinâmica estratégica utilizada pela SABESP na implementação desse programa na bacia. Algumas das etapas do programa e seus resultados foram descritos por Tzortzis e Kniess (2016) e Carvalho (2017). Porém, Júnior *et al.* (2020) destacam que tais medidas se mostraram ineficazes a longo prazo, uma vez que sua análise de dados obtidos através do projeto participativo “Observando Rios”, assim como de estações de monitoramento de qualidade da SABESP, indicam uma qualidade entre ruim e péssima num período posterior à implantação do Programa despoluição.

Atualmente, grande parte dos cursos d’água da bacia se encontram tamponados. Aqueles que se encontram a céu aberto, muitas vezes, possuem sua área de várzea ocupada, tanto por infraestrutura regular (avenidas de fundo de vale) quanto por moradias irregulares. Não é incomum encontrar pontos de lançamento direto de esgotos nos córregos. É possível encontrar resquícios arquitetônicos da presença de alguns desses córregos, como guarda-corpos de pontes não mais existentes. O córrego Mandaqui encontra-se tamponado sob a Av. Eng Caetano Álvares em grande parte de seu trajeto. Próximo à sua foz no rio Tietê, o córrego ressurgue, numa seção retangular de concreto, com estrangulamento em alguns trechos.

Visando aperfeiçoar a gestão da drenagem urbana no município de São Paulo e direcionar os investimentos em medidas preventivas, a Prefeitura Municipal de São Paulo, por meio de sua Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras, (SIURB) vem conduzido a elaboração de Cadernos de Bacia Hidrográfica que tem por objetivo fornecer um instrumento de planejamento que possibilite resolver, em um prazo pré-definido, os graves problemas de inundação que assolam a cidade (São Paulo, 2016). Doze cadernos já foram publicados e outros estão em processo de elaboração.

Dentre estes, encontra-se o Caderno referente à Bacia do Mandaqui, objeto do presente estudo. A extensão total de cursos d’água na bacia é de aproximadamente 63 km. A Figura 1 apresenta um mapa de localização da bacia, assim como a divisão de sub-bacias proposta no Caderno.

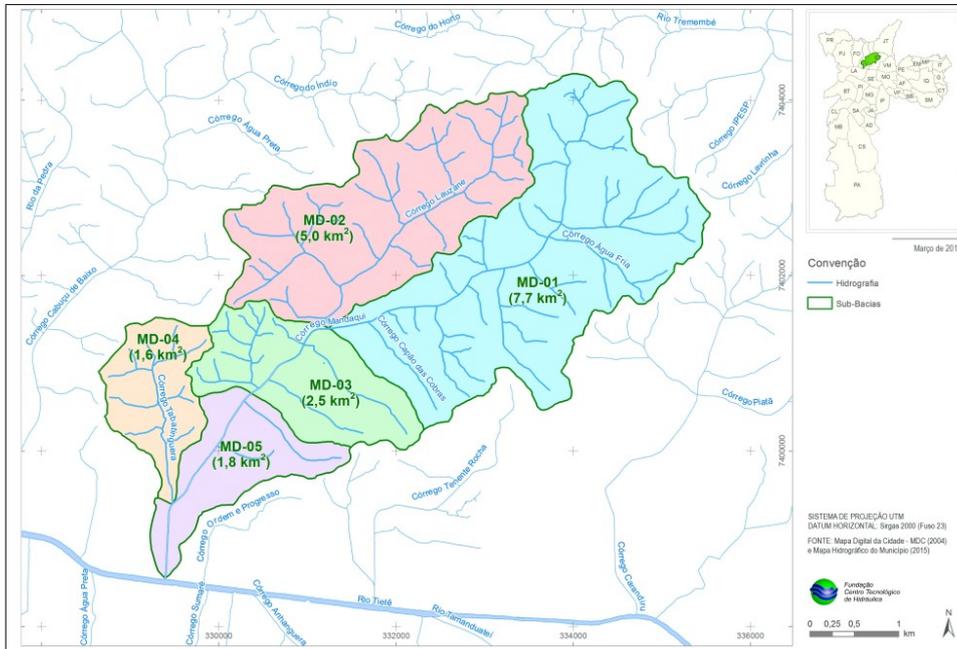


Figura 1: Sub-bacias do córrego Mandaqui. Fonte: São Paulo, 2016

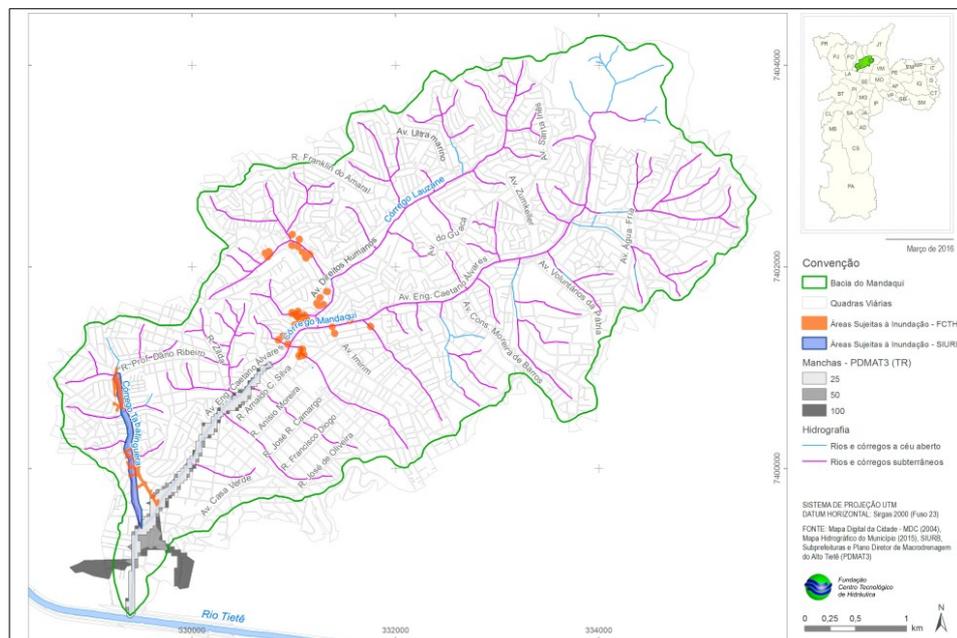


Figura 2: Registros de pontos de inundação e modelagem da mancha de inundação na bacia do córrego Mandaqui.
Fonte: São Paulo, 2016

O levantamento de pontos de inundação frequentes na bacia do Mandaqui foi realizado por São Paulo (2016), por meio de consultas ao Mapa Digital da Cidade, ao Mapa Hidrográfico do Município, ao Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê (PDMAT-3) em visitas de campo e informações cedidas pelas Subprefeituras e pela própria SIURB. A Figura 2 apresenta as áreas



sujeitas à inundação consideradas, no caderno de drenagem, para o estudo e dimensionamento das soluções de drenagem na bacia.

Contudo, há pontos de inundação frequente nas sub-bacias do Córrego Mandaqui que estão contemplados no estudo da bacia principal, os quais constituem objeto do presente estudo, que teve por escopo a área denominada MD-01, com 7,7 km² de área de drenagem.

OBJETIVOS

O presente trabalho teve por objetivo central mapear as áreas de risco de inundações de uma bacia urbana, no município de São Paulo – SP, a saber, a bacia do Córrego Mandaqui, afluente de margem direita do Rio Tietê, a partir de informações de inundações passadas, de modo a subsidiar futuras modelagens de cenários e proposições de alternativas para a mitigação de cheias na bacia.

- Levantar pontos de inundação frequentes na sub-bacia MD-01 do Córrego Mandaqui, complementares àqueles mapeados nas bases de dados existentes.
- Delimitar o contorno da mancha de inundação por meio de registros jornalísticos, de mídias sociais, memória dos moradores, bases de dados e observações de campo

METODOLOGIA

O mapeamento das áreas inundáveis na sub-bacia MD-01 da bacia do Córrego Mandaqui foi realizado por meio das seguintes etapas:

1. Consulta da bibliografia de referência, incluindo projetos e planos existentes e estudos desenvolvidos;
2. Consulta ao banco de dados de alagamentos do Centro de Gerenciamento de Emergências da Cidade de São Paulo – CGE, considerando os pontos de alagamento registrados de 2010 a 2021;
3. Consulta aos acervos digitais de jornais de grande circulação, assim como gazetas regionais de menor circulação.
4. Consulta às mídias sociais, por meio do uso de *hashtags*, como ferramenta de busca de eventos de inundação, tomadas as devidas precauções para a verificação da autenticidade dos registros;



5. Visitas de campo à rede hidrográfica da bacia, nas quais foram realizadas buscas por indícios de inundação, como marcas de linha d'água nas edificações, alteamento de residências e existência de comportas em estabelecimentos comerciais.
6. Interação com moradores da bacia, buscando resgatar memórias de eventos de inundação
7. Diálogo e troca de informações com a Coordenadoria de Projetos e Obras da Subprefeitura de Santana/Tucuruvi, responsável pela drenagem da sub-bacia de interesse.

RESULTADOS

As visitas de campo foram realizadas entre os meses de janeiro e março de 2022, permitindo a identificação de pontos de inundação frequente. Praticamente toda a rede hídrica da sub-bacia MD-01 foi percorrida, fotografada e analisada. Durante essas visitas, a coleta de relatos de moradores, comerciantes e transeuntes, juntamente com a análise da topografia, construções e sistema de drenagem, subsidiaram o traçado de manchas de inundação.

A análise das visitas de campo foi complementada pela busca por dados online, como a base de dados de alagamentos do CGE, queixas registradas no portal 156 da Prefeitura Municipal de São Paulo, notícias jornalísticas e publicações em redes sociais. A isso soma-se o apoio e materiais enviados pela Subprefeitura de Santana/Tucuruvi, juntamente com plantas de alguns dos córregos recebidas da SIURB.

A Tabela 1 e a Figura 3 apresentam as manchas traçadas, assim como o cálculo de área afetada e uma classificação da severidade das inundações. No total, somaram-se mais de 47.000 m² de área afetada, sendo mais de 25.500 m² classificadas como alta severidade.

A classificação de severidade foi realizada de maneira qualitativa a partir dos seguintes critérios: frequência de ocorrência das inundações; área afetada; interferência na mobilidade; altura de lâmina d'água; quantidade de registros confirmando a ocorrência desses eventos; registros e relatos de danos materiais; registros e relatos de dados à saúde humana (ferimentos, doenças) e à vida humana (mortes).

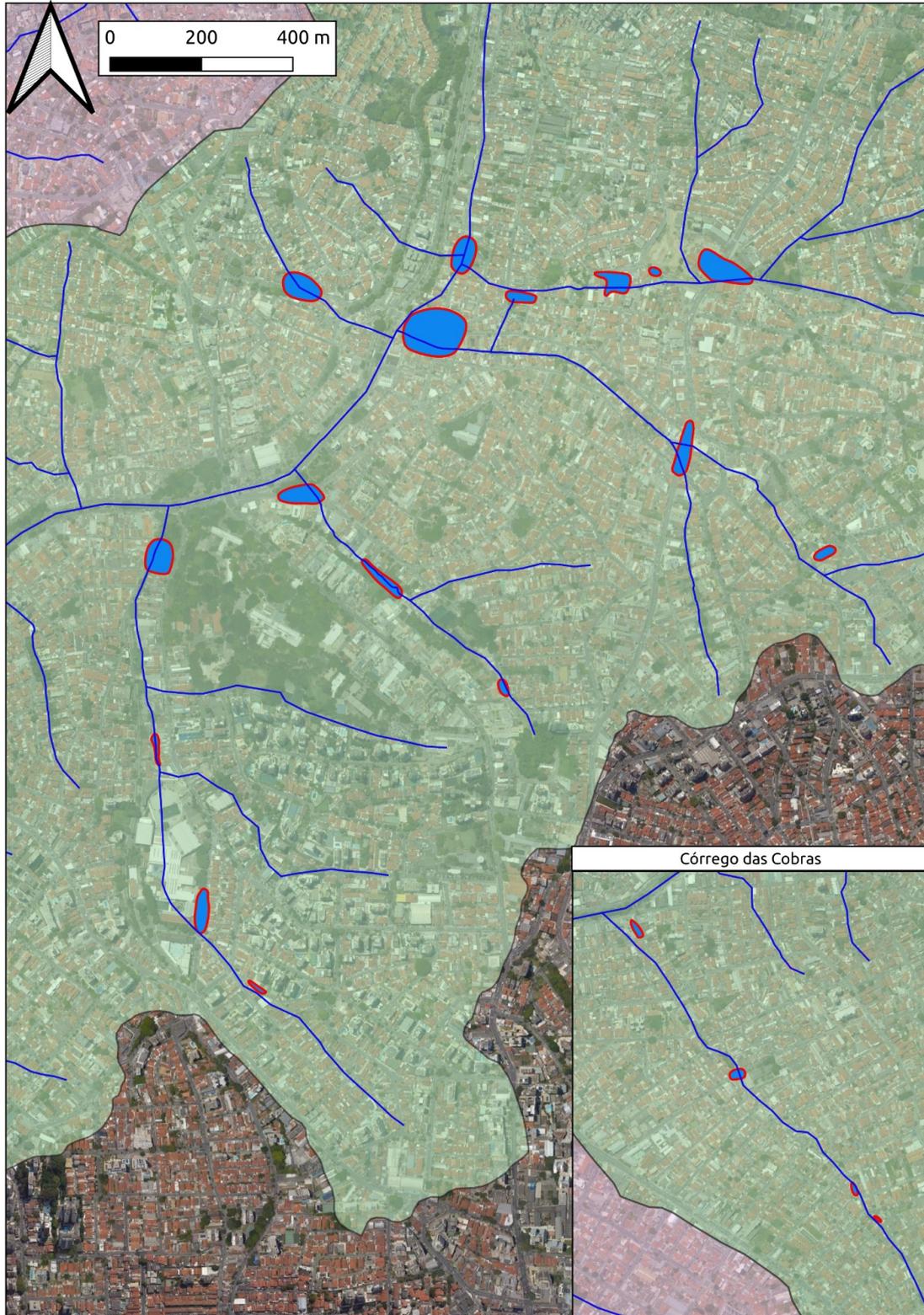


Figura 3: Resultado dos levantamentos de manchas de inundação na Bacia do Córrego Mandaqui

Tabela 1: Localização, área e severidade das manchas de inundação levantadas

| Localização | Área estimada (m ²) | Severidade |
|--|---------------------------------|------------|
| Rua Anápolis x Rua André Domingues | 3.901,68 | Média |
| Rua Augusto Tolle | 651,61 | Baixa |
| Rua Aureliano Leal x Avenida Água Fria x Rua Larival Gea | 3.104,64 | Alta |
| Avenida Daniel Malettini | 376,69 | Média |
| Rua Diogo Cabrera x Rua Cirilo de Oliveira | 642,92 | Baixa |
| Rua Donato Luongo x Avenida Meireles Reis | 1.335,63 | Alta |
| Rua Felício Ciaccio | 346,33 | Baixa |
| Travessa Francisco Flores (1) | 246,66 | Média |
| Travessa Francisco Flores (2) | 92,55 | Média |
| Rua Dom Henrique Mourão | 2.324,74 | Média |
| Rua Inácio Mammana x Praça Dona Joana | 3.288,50 | Média |
| Rua Lucinda Gonçalves de Souza x Rua Antônia Gonçalves | 116,38 | Baixa |
| Rua Mariquinha Viana x Rua Mateus Leme | 3.243,67 | Alta |
| Rua Mateus Leme | 2.104,15 | Baixa |
| Rua Mateus Leme x Rua Calêndula | 591,18 | Baixa |
| Avenida Meireles Reis x Rua Francisco Pecoraro | 11.751,22 | Alta |
| Rua Paulo Gatti | 490,59 | Baixa |
| Rua Pelegrino x Rua Augusto Tolle | 3.854,12 | Baixa |
| Praça Rufus King Lane x Travessa Pascoal Presto | 2.520,67 | Média |
| Rua Vaz Muniz x Avenida Água Fria | 5.187,26 | Alta |
| Rua Capitão Alberto Mendes Júnior | 931,02 | Alta |

Fonte: Elaboração própria

Foi elaborado um relatório fotográfico das visitas de campo na sub-bacia, com mais de 500 fotos de detalhes das estruturas existentes de micro e macrodrenagem, situação dos córregos e padrões construtivos, indicando a incidência de inundações ao longo da sub-bacia. A Figura 4 apresenta comportas localizadas na rua Clementino (mancha de inundação de alta severidade) e na Travessa Elza (mancha de inundação de média severidade). A Figura 5, por sua vez, apresenta um dique construído no cruzamento da Rua Vaz Muniz com a Avenida Água Fria, local de inundações de alta severidade. O dique possui como objetivo proteger uma pequena vila de residências situada no local.



Figura 4: Comportas identificadas durante levantamentos de campo. Fonte: Elaboração própria.



Figura 5: Dique construído no cruzamento da Avenida Água Fria com a Rua Vaz Muniz. Fonte: Elaboração própria.

CONCLUSÃO

A sub-bacia MD-01 do córrego Mandaqui tem pontos de inundação frequentes, que demandam intervenções para sua mitigação. Foram identificados mais de 47000 m² de área afetada, sendo mais de 25.500 m² classificadas como alta severidade.

Este trabalho pretende constituir subsídio para modelagens que permitam avaliar cenários futuros e alternativas de intervenções para a mitigação de inundações na bacia hidrográfica do Córrego Mandaqui. Muito embora a disponibilidade de dados de monitoramento seja crítica, os resultados do presente estudo possibilitam a validação e ajuste da mancha de inundação, sendo necessário complementar os registros, quando possível, com o volume precipitado que ocasionou a mancha observada. Tais etapas encontram-se em desenvolvimento pelos autores, e deverão ser objeto de publicação futura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: à Coordenadoria de Obras da Subprefeitura de Santana/Tucuruvi, pelas informações disponibilizadas; à Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB) da Prefeitura Municipal de São Paulo pelas informações cedidas; aos moradores da bacia do Mandaqui que, gentilmente, contribuíram para os levantamentos de campo e à Universidade Federal do ABC, pelo apoio para a elaboração do presente trabalho.



REFERÊNCIAS

- BEVILACQUA, N; HOURNEAUX JR., F. “Alinhamento Estratégico: Estudo de Caso da Despoluição da Bacia do Córrego Mandaqui”. In Cleaner production towards a sustainable transition. São Paulo: UNIP. São Paulo, 2015.
- BONZI, R. S. “Ocultos e não mapeados: uma investigação sobre os córregos do Mandaqui.” In Revista LABVERDE, (12), 13-40. São Paulo, 2016.
- CABRAL, A. S. C. “Os córregos ocultos e seus resquícios nos espaços livres urbanos: os afluentes do Córrego Mandaqui”. In Paisagem e Ambiente, (35), 63-87, 2015.
- CARVALHO, R. G. de. “Monitoramento dos córregos – ferramenta de gestão do processo esgoto com engajamento da sociedade - estudo de caso do Córrego Mandaqui”. Anais... Congresso ABES-FENASAN 2017. São Paulo, 2017.
- CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS CLIMÁTICAS DA PREFEITURA DE SÃO PAULO - CGE. “Monitoramento de pontos de alagamento”. Disponível em: <https://www.cgesp.org/v3/alagamentos.jsp>. Acesso em novembro de 2021.
- SÃO PAULO (CIDADE), 2016, SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E OBRAS DE SÃO PAULO – SIURB “Caderno de Bacia Hidrográfica – Córrego Mandaqui”. Elaborado por FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA – FCTH. São Paulo, 2016.
- GUARNIERI, A. B. “Bacia Mandaqui: Relação Cidade-Água”. 2014. 147 f. Trabalho Final de Graduação – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- JÚNIOR, A. L.; FERREIRA, R. dos S.; TROMBETA, L. R. A. “Análise da qualidade da água na bacia hidrográfica do Córrego Mandaqui, Município de São Paulo: um olhar sobre o projeto participativo Observando os Rios”. In Espaço em Revista | v. 22, n. 2, jul./dez. 2020, p. 1-28.
- RAGONHA, J.; CORRÊA, L. “Infraestrutura verde-azul na bacia do alto Mandaqui: conectando fragmentos verdes através do caminho das águas”. Revista LABVERDE (12) 42-68. 2016.
- TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Org.). “Desastres Naturais: Conhecer para prevenir”. Instituto Geológico. 3ª edição. São Paulo, 2015.
- TUCCI, C. E. M. “Gestão de Águas Pluviais Urbanas”. Ministérios das Cidades. Material base de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS: 2005.
- TZORTZIS, P. S.; KNISS, C. T. “Programa de despoluição de córregos: Programa Córrego Limpo”. In Simpósio Internacional de Gestão de Projetos de Inovação e Sustentabilidade, 4., 2015, São Paulo. Anais.... São Paulo:Singep, 2015. p. 1-11.