

Caracterização da demanda do serviço ecossistêmico de retenção do escoamento superficial como solução baseada em ecossistemas para mitigação de inundações na cidade de São Paulo

*Maíra Daronco Teruya
Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli*

Resumo

Os efeitos das mudanças climáticas são intensificados nas cidades em função de suas características e das alterações locais do clima. Na cidade de São Paulo, que se consolidou sobre sua rede hídrica e que possui grande parte de sua superfície impermeabilizada, o prognóstico é de aumento de desastres associados às intensidades das chuvas. Assim, este trabalho, oriundo de parte da dissertação de mestrado intitulada “A ampliação da oferta de infraestrutura verde como fator de aumento da resiliência às mudanças climáticas do município de São Paulo”, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam) da Universidade de São Paulo (USP), utilizou uma abordagem por serviços ecossistêmicos para mapear os problemas reais e potenciais de escoamento superficial (pressão ecológica) e a demanda pelo serviço ecossistêmico de retenção do escoamento superficial, utilizando setores censitários como área

territorial de análise. Posteriormente foi realizada a priorização da demanda do SE em análise, que resultou em um mapa de áreas prioritárias para a instalação de Infraestruturas Verdes no município de São Paulo.

Palavras-chave: Infraestrutura Verde; Serviços Ecossistêmicos; Redução do Escoamento Superficial; Planejamento Urbano; Adaptação Baseada em Ecossistemas.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são talvez o maior desafio da humanidade nos próximos anos. Efeitos que eram previstos para as próximas décadas já podem estar acontecendo, o que torna a redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE) e a adaptação ao novo clima objetos de grandes esforços (Jacobi; Trani, 2019). Em muitas megacidades, os efeitos das mudanças climáticas se intensificam pelas alterações do clima local, especialmente com as “ilhas de calor”, resultante do aumento da impermeabilização e do escoamento superficial, da poluição urbana, da emissão de particulados e retirada da vegetação (Nobre, 2020). A gestão e a prevenção de riscos de desastres nas áreas urbanas devem ser encaradas como um processo social profundamente ligado ao desenvolvimento local em todas as suas dimensões (Rodríguez, 2013).

A consolidação urbana no município de São Paulo ocorreu em grande parte sobre sua rede hídrica, seus rios e córregos foram retificados, canalizados e/ou tamponados, e houve a impermeabilização das superfícies pelas construções e obras de infraestrutura. A recuperação da capacidade de uma cidade de absorver as águas pluviais é uma possibilidade para sanar seus problemas de drenagem (Santos, 2017). Neste contexto, medidas de Adaptação baseadas em Ecossistemas (AbE) são formas alternativas de lidar com a questão das inundações e de ampliar a resiliência das cidades frente a este aspecto (PBMC, 2016).

Assim, como opção à infraestrutura cinza, destaca-se a chamada infraestrutura verde (IV) que, conforme o “Guia da Infraestrutura Verde para Gestão da Água”, do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Unep, 2014), se refere a ecossistemas naturais ou seminaturais que proporcionam serviços de utilidade hídrica que complementam, aumentam ou substituem aqueles fornecidos pela infraestrutura cinza.

É de suma importância que os gestores públicos municipais tenham a informação de quais são as áreas mais vulneráveis, onde há risco hidrológico e quais são potencialmente mais impactadas pelas precipitações intensas, escolhidas a partir de critérios objetivos. Além disso, tendo em vista que o conceito de serviços ecossistêmicos (SE) é algo relativamente novo na administração pública brasileira, em que a aplicação de infraestrutura cinza ainda é predominante, torna-se essencial demonstrar que modificações na oferta de infraestrutura verde e, conseqüentemente, nos serviços ecossis-

têmicos por ela oferecidos, podem auxiliar no combate aos problemas enfrentados pelas cidades, inclusive os gerados pelos grandes volumes de escoamento superficial.

Para tanto, o objetivo deste trabalho é de identificar os locais com maior demanda pelo serviço ecossistêmico de mitigação do escoamento superficial na zona urbana de São Paulo, através do mapeamento das áreas com maior vulnerabilidade a inundações no município, considerando dados socioeconômicos e uma análise multicritérios.

2. METODOLOGIA

Este estudo considerou que a demanda pelos SE é o resultado da conexão entre o uso e cobertura da terra e a exposição à pressão ecológica. As pressões ecológicas são definidas como as condições que são reguladas pelos respectivos serviços ecossistêmicos. No caso do serviço de mitigação do escoamento superficial e controle de inundações, a pressão ecológica foi estabelecida como o próprio escoamento superficial (Cortinovis; Geneletti, 2019).

A análise da demanda envolveu o levantamento dos beneficiários do SE, realizado através de uma análise combinada das áreas expostas às pressões ecológicas e a distribuição espacial e quantitativa da população e bens físicos, considerando o resultado de um conjunto de três variáveis: i) intensidade local das pressões ecológicas; ii) quantidade de pessoas e bens expostos; e iii) sensibilidade e resiliência da população e bens físicos expostos.

O presente trabalho foi elaborado conforme Figura 1, na qual observa-se que a pressão ecológica (escoamento superficial) foi obtida de dados secundários provenientes de registros históricos de alagamento e inundação, complementados pelo mapeamento de áreas susceptíveis a inundações do município de São Paulo. Assim, foi gerado um mapa com os locais onde o escoamento superficial já ocasiona ou tem potencial para ocasionar problemas de inundação.

A demanda atual foi definida também a partir de dados secundários, com base em mapeamentos existentes, assim como de dados demográficos e socioeconômicos provenientes do Censo Demográfico mais recente à época da pesquisa, de 2010, que é a maior base de dados demográficos e socioeconômicos com distribuição espacial, e seus dados estão disponíveis por setor censitário, que foi unidade territorial adotada neste estudo para a presente análise.

Vale salientar que um risco só existe se houver uma ameaça (considerada neste estudo como a pressão ecológica), vulnerabilidade e exposição. É com base nisto que as áreas foram consideradas sem risco de inundações e alagamentos (ver Figura 1), ou seja, nos setores censitários em que não há pressão ecológica ou agentes expostos, não há risco. Ressalta-se que este estudo se ateve a uma análise qualitativa quando se refere à questão do risco.

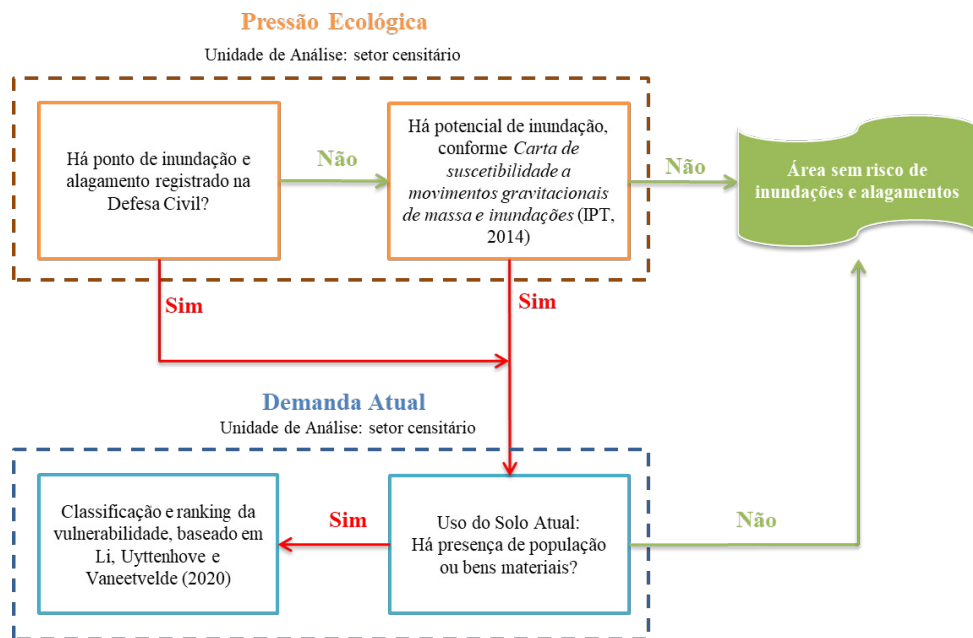


Figura 1 - Plano esquemático para priorização das áreas para proteção contra inundações.

Fonte: Elaborada pelos autores.

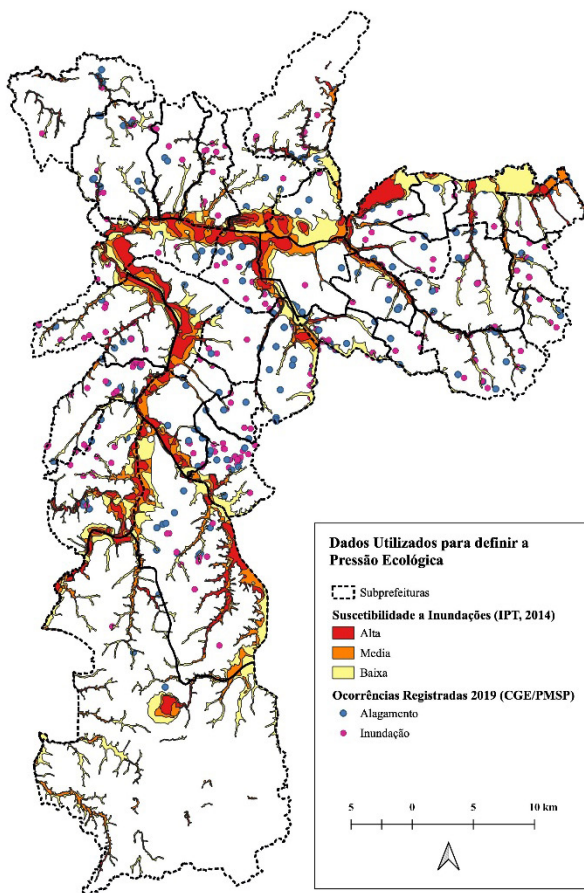
Os softwares utilizados para o tratamento e análise dos dados foram: QGis 3.10.10 e Microsoft Office Excel.

2.1 PRESSÃO ECOLÓGICA

A pressão ecológica, que neste estudo é o escoamento superficial, foi mapeada através das áreas que já possuem problemas de inundação e alagamento, e das áreas com potencial para tal. As que já tem problemas foram identificadas através do registro dos pontos de inundação e alagamento no município em 2019, obtido do Centro de Gerenciamento de Emergência (CGE) da Prefeitura de São Paulo. Os polígonos com susceptibilidade a inundações foram identificados através do mapeamento realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em conjunto com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que gerou a “Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações” (IPT, 2014). Os dados brutos podem ser verificados no Mapa 1 a seguir.

O mapa da pressão ecológica foi confeccionado a partir da sobreposição dos *shapefiles* dos setores censitários, primeiramente com os pontos de ocorrência de alagamento e inundações de 2019 e, posteriormente, com a carta de susceptibilidade a inundações do IPT. Foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento e manipulação das planilhas de dados vinculadas aos *shapefiles*. Ao final deste processo, cada setor censitário tinha uma classificação relacionada à maior ou menor pressão ecológica, sendo a maior

de “Inundação/alagamento registrado”, reduzindo a intensidade gradualmente pelas classes de alta, média e baixa susceptibilidade a inundações. O setor censitário que englobou mais de uma classificação da pressão ecológica (por exemplo, estava em área de média susceptibilidade a inundações, mas que teve ocorrência de inundação registrada no CGE), foi enquadrado na classificação de maior intensidade.



Mapa 1 - Dados brutos que serviram de base para classificação da pressão ecológica.

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA PELO SERVIÇO ECOSISTÊMICO

A caracterização da demanda pelo serviço ecossistêmico de escoamento superficial foi analisada através da adaptação dos procedimentos de Li, Uyttenhove e Vaneetvelde (2020), considerando os dados disponíveis para o município de São Paulo.

Os fatores mais influentes na vulnerabilidade social num contexto de perigos ambientais foram escolhidos com base na discussão do trabalho de Cutter *et al.* (2003),

e optou-se pelo uso de critérios de ordem demográfica e socioeconômica, quais sejam: a. Percentual de crianças menores de 5 anos; b. Percentual de adultos maiores que 65 anos; c. Mulheres responsáveis pelo domicílio; d. Percentual de domicílios com rendimento médio mensal per capita de até meio salário-mínimo; e. Presença de favela.

Em relação às edificações em áreas susceptíveis à inundação, para fins de simplificação, ao considerar o tamanho do município de São Paulo e a falta de um mapa atualizado de uso e cobertura da terra, foi considerada que a área urbana prevista no Plano Diretor Estratégico de São Paulo de 2014 está toda edificada.

A fim de permitir uma análise conjunta e mais objetiva dos dados supramencionados, foi utilizada uma análise multicritério por AHP (*Analytic Hierarchy Process*), que consiste em uma estrutura analítica que carrega pensamentos indutivos e dedutivos, que utiliza diversos fatores simultaneamente e permite dependências e *feedbacks*, além de organizar trocas numéricas para alcançar uma síntese ou conclusão. Uma pontuação é dada para cada variável em relação a outra variável, conforme a importância entendida pelos pesquisadores, com base na escala proposta por Saaty (1987), o que resulta em uma matriz de importância. Os julgamentos são dados por pares de comparação, o que permite focar separadamente em cada propriedade, sem se preocupar com outras propriedades ou elementos, para tomar uma decisão maior.

Os pesos foram calculados através da normalização das pontuações da matriz, dividindo cada pontuação pela soma das colunas. O peso de cada critério é igual à média aritmética dos valores normalizados. Aplicou-se o peso em cada critério e, por fim, os resultados foram padronizados em valores de 0 a 10, para que fosse possível comparar os resultados obtidos para os critérios com naturezas diferentes (Li; Uyttenhove; Vaneetvelde, 2020).

A lista de indicadores utilizados consta na Tabela 1, com as fontes de informações e o formato dos dados. A existência de favelas é um indicador que não é percentual como os outros. Assim, ele foi tratado como um indicador tipo binário, ou seja, se existe favela num setor censitário, mesmo que esta esteja somente parcialmente inserida nele, o valor para este indicador foi considerado como 100% e, se não houver nenhum trecho de favela no setor censitário, o indicador foi colocado como 0%.

Foram considerados setores censitários sem risco de ocorrência de inundações e alagamentos os que não estão sob ameaça (pressão ecológica) ou que não tiverem presença de população e edificações, como explicado na Figura 1.

Após definição dos critérios, foi feito o mapeamento da demanda atual, em algumas etapas, conforme fluxograma da Figura 2. Na primeira, os dados brutos do CENSO 2010 para os cinco critérios socioeconômicos foram tratados e agrupados em uma só planilha, com a divisão por setor censitário. Daí foram escolhidos os pesos parciais, que geraram os pesos finais, conforme análise AHP, e os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 - Composição dos grupos das pessoas e bens impactados

Impactados	Indicadores	Formato de origem	Fonte
População socialmente vulnerável	% Crianças com idade menor ou igual a 5 anos	Tabela	CENSO 2010
	% Idosos com idade maior ou igual a 65 anos	Tabela	CENSO 2010
	% Mulheres responsáveis pelo domicílio	Tabela	CENSO 2010
	% Domicílios com renda per capita até 1/2 salário-mínimo	Tabela	CENSO 2010
	Presença de favelas	Shapefile	Portal HABITASAMPA
Edificações	Área urbana	Shapefile	Portal GEOSAMPA

Fonte: Elaborada pelos autores.

Foram aplicados os pesos finais da Tabela 2 a cada critério em cada setor censitário nas tabelas digitais, e foi realizada a somatória dos produtos entre cada critério e seu peso por setor censitário, cujos resultados variaram entre 0 e 81,53. Estes valores foram então padronizados entre 0 e 10, considerando intervalos iguais.

No mapeamento das edificações susceptíveis a inundações, considerou-se que toda a Zona Urbana prevista no Plano Diretor Estratégico de São Paulo de 2014 é edificada, como já comentado. Assim, por sobreposição de mapas, foram identificados os setores censitários inseridos em zona urbana, os quais então foram novamente sobrepostos ao mapa de pressão ecológica. A partir disso, os setores foram divididos em quatro classes diferentes: a. edificações existentes em setor censitário com ocorrência de inundação ou alagamento; b. edificações existentes em setor censitário com alta susceptibilidade à inundação; c. edificações existentes em setor censitário com média susceptibilidade à inundação; e d. edificações existentes em setor censitário com baixa susceptibilidade à inundação. Foi realizada uma análise AHP considerando estas classes, que gerou a Tabela 3. Os pesos foram aplicados a cada setor censitário, cujos resultados variaram entre 0 e 0,56. Estes valores foram então padronizados entre 0 e 10, considerando intervalos iguais.

Neste ponto do estudo, cada setor censitário possui um valor de 0 a 10 para cada grupo de variáveis (vulnerabilidade social e edificações susceptíveis a inundações). A fim de chegar a um único valor, foi novamente realizada uma análise AHP para definir os pesos de cada um dos grupos, como apresentado na Tabela 4.

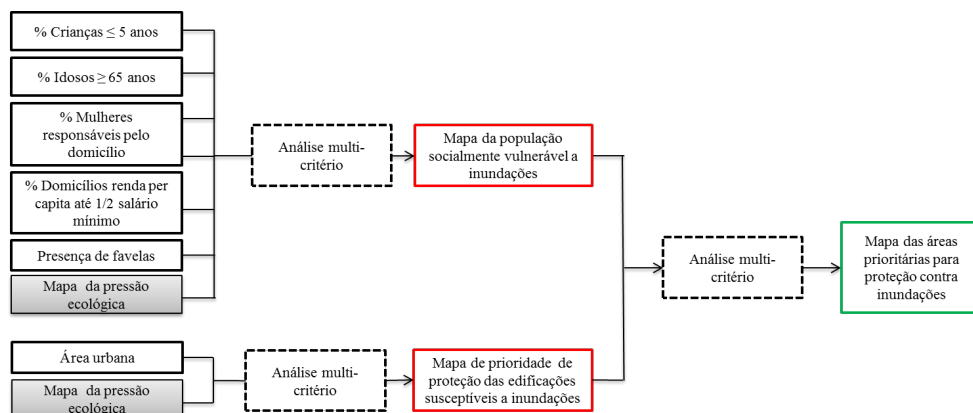


Figura 2 - Fluxo do processo para caracterização da demanda atual.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 2 - Cálculo dos pesos, com base na matriz de Saaty, para os critérios socioeconômicos

CRITÉRIOS	% Crianças ≤ que 5 anos	% Idosos ≥ que 65 anos	% Mulheres responsáveis pelo domicílio	% Domicílios renda per capita até 1/2 SM	Presença de favelas
% Crianças ≤ que 5 anos	1	1/3	1/9	1/5	1/7
% Idosos ≥ que 65 anos	3	1	1/7	1/5	1/7
% Mulheres responsáveis pelo domicílio	9	7	1	1/3	1/5
% Domicílios renda per capita até 1/2 SM	5	5	3	1	1/3
Presença de favelas	7	7	5	3	1
Soma	25	61/3	583/63	71/15	191/105

CRITÉRIOS	% Crianças ≤ que 5 anos	% Idosos ≥ que 65 anos	% Mulheres responsáveis pelo domicílio	% Domicílios renda per capita até 1/2 SM	Presença de favelas	Peso Final
% Crianças ≤ que 5 anos	0,04	0,02	0,01	0,04	0,08	0,04
% Idosos ≥ que 65 anos	0,12	0,05	0,02	0,04	0,08	0,06

CRITÉRIOS	% Crianças ≤ que 5 anos	% Idosos ≥ que 65 anos	% Mulheres responsáveis pelo domicílio	% Domicílios renda per capita até 1/2 SM	Presença de favelas	Peso Final
% Mulheres responsáveis pelo domicílio	0,36	0,34	0,11	0,07	0,11	0,20
% Domicílios renda per capita até 1/2 SM	0,20	0,25	0,32	0,21	0,18	0,23
Presença de favelas	0,28	0,34	0,54	0,63	0,55	0,47

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 3 - Cálculo dos pesos, com base na matriz de Saaty, para as edificações susceptíveis a inundações

CRITÉRIOS	Edificações existentes com ocorrência de inundação ou alagamento	Edificações existentes com alta susceptibilidade à inundação	Edificações existentes com média susceptibilidade à inundação	Edificações existentes com baixa susceptibilidade à inundação
Edificações existentes com ocorrência de inundação ou alagamento	1	3	5	7
Edificações existentes com alta susceptibilidade à inundação	1/3	1	3	5
Edificações existentes com média susceptibilidade à inundação	1/5	1/3	1	3
Edificações existentes com baixa susceptibilidade à inundação	1/7	1/5	1/3	1
Soma	176/105	68/15	28/3	16

CRITÉRIOS	Edificações existentes com ocorrência de inundação ou alagamento	Edificações existentes com alta susceptibilidade à inundação	Edificações existentes com média susceptibilidade à inundação	Edificações existentes com baixa susceptibilidade à inundação	Peso Final
Edificações existentes com ocorrência de inundação ou alagamento	0,60	0,66	0,54	0,44	0,56
Edificações existentes com alta susceptibilidade à inundação	0,20	0,22	0,32	0,31	0,26
Edificações existentes com média susceptibilidade à inundação	0,12	0,07	0,11	0,19	0,12
Edificações existentes com baixa susceptibilidade à inundação	0,09	0,04	0,04	0,06	0,06

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 4 - Cálculo dos pesos, com base na matriz de Saaty, para o cálculo da prioridade

CRITÉRIOS	Vulnerabilidade Social	Edificações susceptíveis a inundações	
Vulnerabilidade Social	1	5	
Edificações susceptíveis a inundações	1/5	1	
Soma	6/5	6	
CRITÉRIOS	Vulnerabilidade Social	Edificações susceptíveis a inundações	Peso Final
Vulnerabilidade Social	0,83	0,83	0,83
Edificações susceptíveis a inundações	0,17	0,17	0,17

Fonte: Elaborada pelos autores.

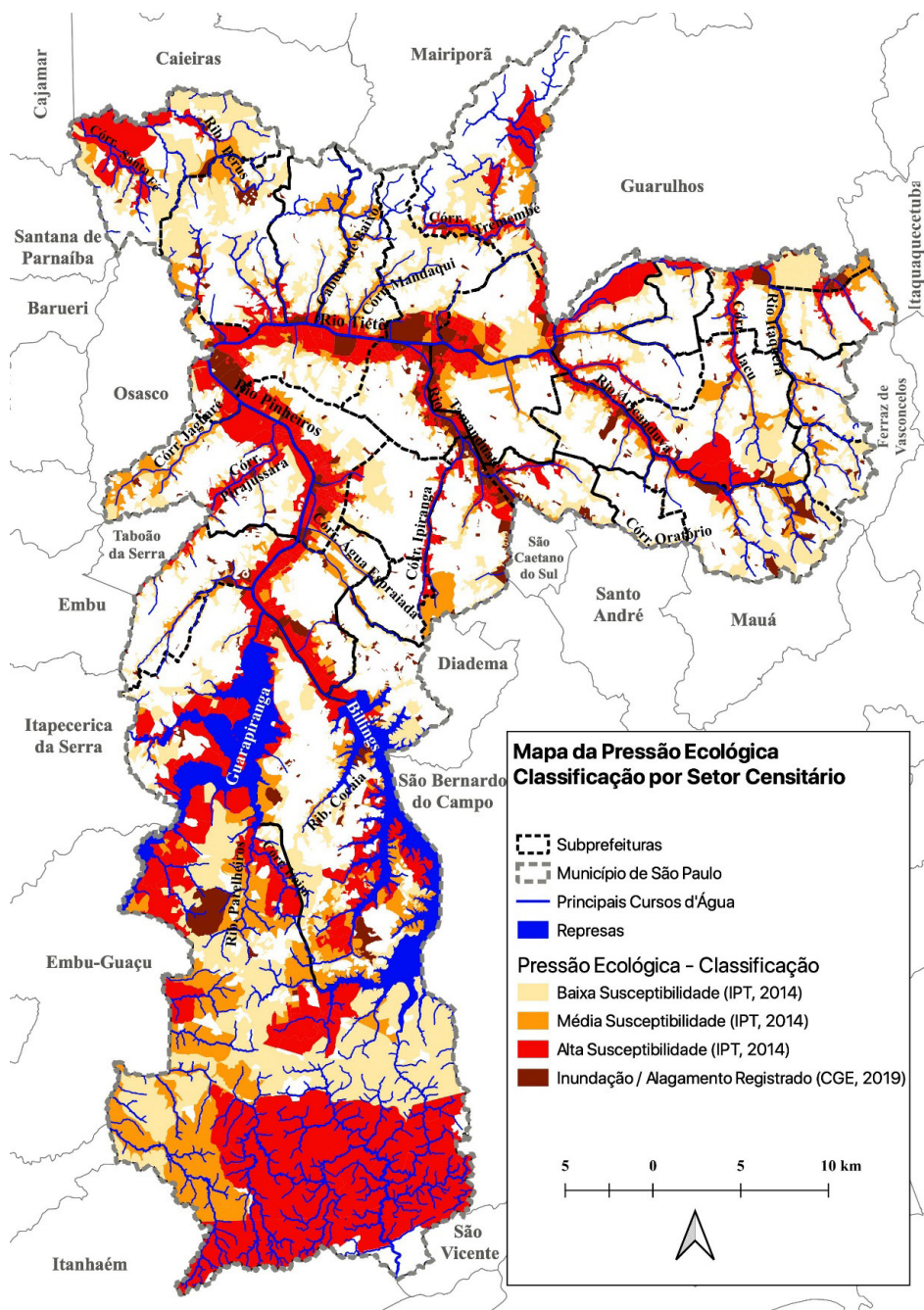
O processo descrito foi executado nas tabelas digitais dos dados dos setores censitários, que foi então vinculada ao *shapefile* existente dos setores censitários, gerando os mapas com a classificação das prioridades.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Mapa 2 – Mapa da Pressão Ecológica, apresentado a seguir, verifica-se que os locais com maiores pressões do escoamento superficial e risco de inundação são os eixos dos rios Tietê e Pinheiros, que são os dois principais rios do município, pois para eles aflui a maior parte da drenagem superficial da cidade de São Paulo. Alguns de seus principais afluentes, já conhecidos por problemas de drenagem, se destacaram no Mapa 2, como os rios Tamanduaeté, Aricanduva e Jacu (tributários do Tietê) e córregos Pirajussara e Jaguaré (tributários do Pinheiros). O rio Tremembé (divisa com Guarulhos, subprefeitura de Jaçanã-Tremembé) e o Ribeirão Perus (divisa com Caieiras, subprefeitura de Perus), que não são afluentes diretos do Tietê, também se sobressaem.

É necessário fazer uma ressalva em relação ao tamanho dos setores censitários, que podem dar a impressão de que uma região apresenta um maior problema do que realmente existe, ou vice-versa. Isto é, na área urbanizada do município, no centro dos bairros, em que há mais população e, portanto, os setores censitários são menores, as pressões por inundação e alagamento parecem menores ou passam uma sensação de menor importância do que as em setores censitários maiores, que estão situados em sua grande maioria nas regiões mais periféricas e rurais (extremos norte, leste e sul). Exemplo disso é haver grandes áreas com alta susceptibilidade a inundações em Parrelheiros, subprefeitura situada no extremo sul do município (divisa com São Vicente, Itanhaém e Embu-Guaçu), assim como regiões beirando as represas Billings e Guarapiranga, que são localidades que na época do CENSO 2010 não possuíam população adensada, o que gerou setores censitários relativamente grandes territorialmente. Quando sobrepostos a pequenas manchas de alta susceptibilidade mapeadas pelo IPT (2014), todo o setor censitário foi definido como alta susceptibilidade a inundações. Esta é uma distorção que foi reduzida quando estes dados foram cruzados com os fatores socioeconômicos e edificações existentes.

Em relação à caracterização da demanda atual, após a aplicação da análise multicritério com os cinco indicadores de vulnerabilidade social, foi gerado o Mapa 3. Como os maiores pesos foram dados para os indicadores de presença de favelas e percentual de domicílios com renda per capita até 1/2 salário-mínimo, o mapa de prioridade para proteção da população socialmente vulnerável concentrou os maiores valores nas regiões urbanas periféricas (extremo norte, leste, oeste e sul). Ressalta-se que as regiões vazias se configuraram como sendo setores censitários sem risco de inundações ou alagamentos.



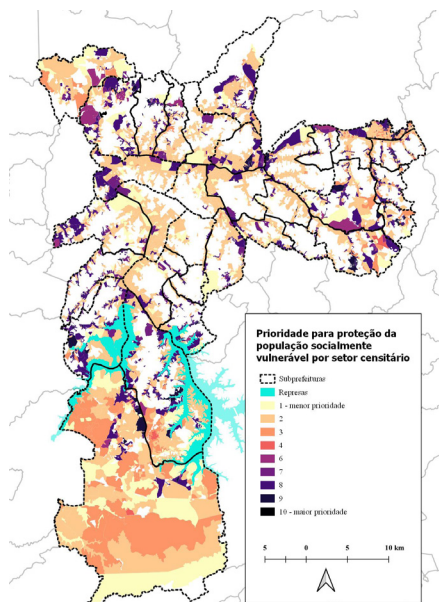
Mapa 2 - Mapa da Pressão Ecológica - Classificação por Setor Censitário.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida é apresentado o Mapa 4 – Prioridade para proteção das edificações existentes, que indica que os locais de maior prioridade são os mais susceptíveis a inundações, semelhante ao Mapa da Pressão Ecológica, ou seja, os setores com ocor-

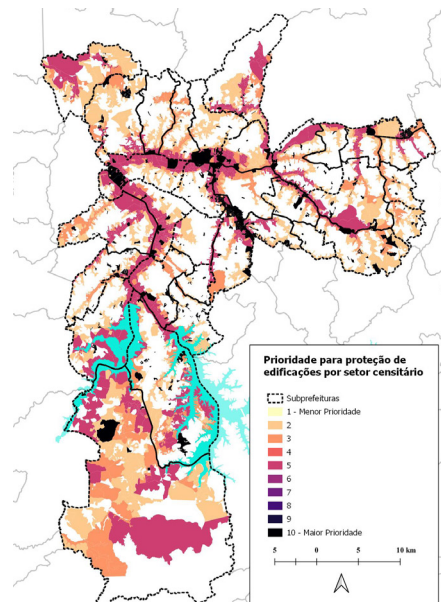
rência registrada são os de maior prioridade, enquanto os setores com baixa vulnerabilidade às inundações são os de menor prioridade.

Mapa 3 - Prioridade para proteção da população socialmente vulnerável



Fonte: Elaborada pelos autores.

Mapa 4 - Prioridade para proteção das edificações existentes por setor censitário



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os dados que geraram os mapas 3 e 4 passaram pela nova análise de prioridade utilizando o método AHP, resultando em um mapa final dos setores censitários prioritários para proteção contra inundações, que foi combinado com as divisões por subprefeituras (Mapa 5), por sub-bacias (Mapa 6) e com a rede hídrica do município (Mapa 7)¹.

Observa-se que as grandes áreas com alta pressão ecológica em Parelheiros, no extremo sul, já não aparecem como maior prioridade. Os eixos dos rios Tietê e Tamanduateí continuam tendo destaque como áreas com alta prioridade, assim como o rio Pinheiros em sua porção final, nas proximidades de seu deságue no rio Tietê, o que era esperado, pois são áreas com problemas históricos de inundação, e são bacias hidrográficas que recebem o escoamento de grande parte das sub-bacias presentes no município, como já mencionado.

Vales mais abertos, que possuem planícies mais extensas e terraços fluviais, tem enchentes mais lentas e graduais, como é o caso dos rios Tietê e Pinheiros. Vales en-

1 Os shapefiles das subprefeituras, sub-bacias e da rede hídrica do município de São Paulo foram obtidos no Portal Geosampa. Acessado em janeiro/2023.

caixados (em V) possuem vertentes com altas declividades, ocasionando velocidades maiores das águas pluviais (IG, 2012). Assim, rios com talvegues de baixa declividade procuram leitos maiores durante as chuvas, que em área urbana encontram-se ocupados pela cidade e muito impermeabilizados. Segundo Junior (2018) a declividade média do talvegue do Rio Tietê é de 15 cm/km (0,015%) e antes da urbanização de suas margens, ele exibia uma vasta planície de inundação. Como hoje o rio está contido em um canal estreito, há grande risco de extravasamento. Os principais afluentes do rio Tietê possuem talvegues de elevada declividade, ou seja, estes tributários descarregam suas cheias rapidamente no Tietê, que é mais lento e não suporta grandes cheias. Assim, uma cheia leva de dois a três dias para passar pelo rio Tietê em São Paulo, enquanto seus afluentes levam poucas horas para lançar suas cheias nele.

Outro ponto a salientar é que os eixos destes rios concentram diversas favelas, construídas em antigos terrenos baldios e/ou abandonados, ou em locais de restrição ambiental/legal, ocupados irregularmente pela população.

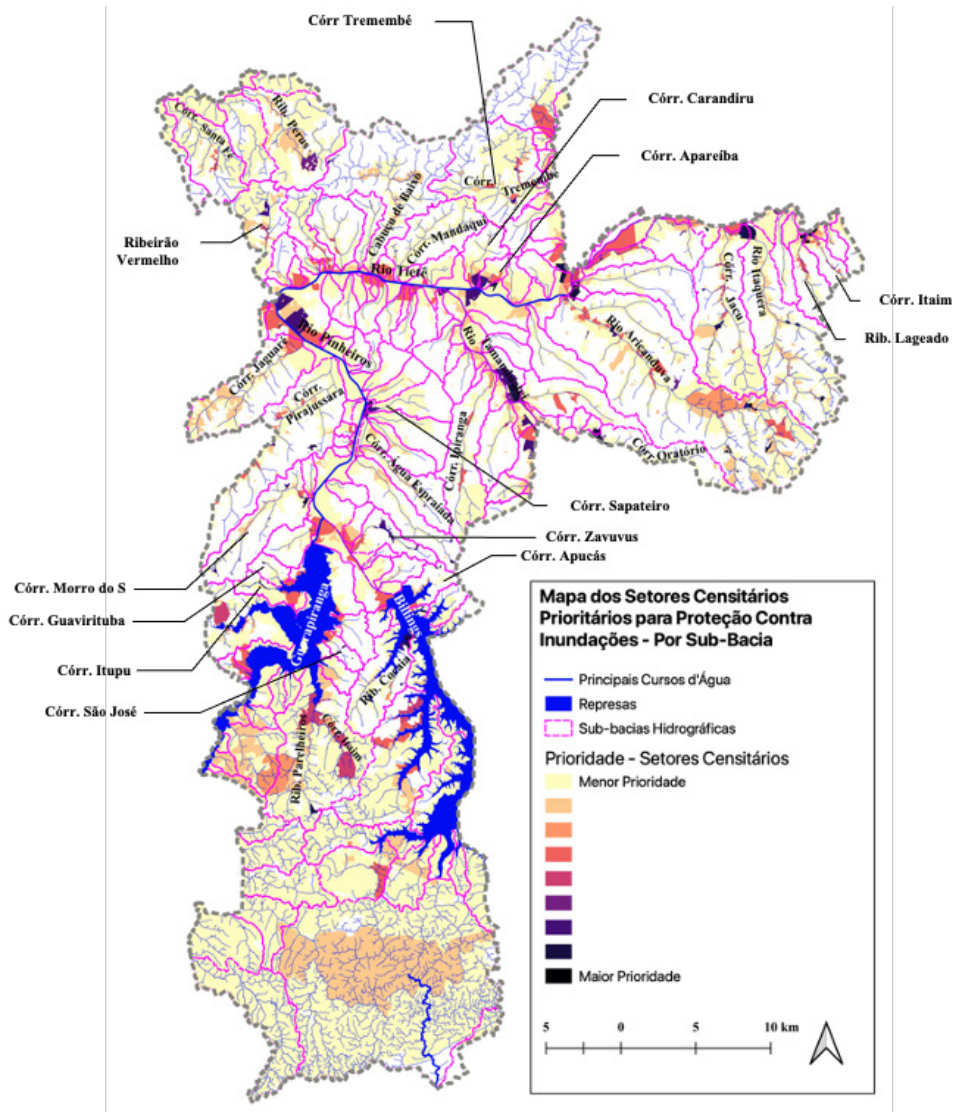
Na região entre os rios Tietê e Pinheiros, nas subprefeituras da Lapa, Pinheiros, Sé e Vila Mariana, praticamente não há setores censitários com alta prioridade que não sejam vinculados aos rios Pinheiros e Tietê, o que era esperado, por ser uma região de menor vulnerabilidade social e com menor pressão ecológica.

Saindo da área central, verificam-se na região norte (acima do rio Tietê), setores com maior prioridade nas subprefeituras de Vila Maria – Vila Guilherme e na de Pirituba – Jaraguá, principalmente. Já quando são analisadas as sub-bacias, destacam-se, as dos ribeirões Vermelho (divisa com Osasco) e Perus (que deságua no rio Juqueri, que está localizado fora do município de São Paulo), dos córregos Carandiru e Apereíba (afluentes diretos do Tietê), e rio Tremembé (tributário do rio Cabuçu de Cima, que determina o limite entre os municípios de São Paulo e Guarulhos).

Na região leste, as bacias do rio Aricanduva e do córrego Jacu possuem regiões classificadas com maior prioridade, assim como o córrego Itaim e o ribeirão Lageado, no extremo leste, já na divisa com Guarulhos e Ferraz de Vasconcelos. Tem grande destaque também o rio Tamanduateí, que vem de São Caetano do Sul, atravessa os limites das subprefeituras da Vila Prudente, Mooca, Ipiranga e Sé, desaguando no rio Tietê na região central da cidade.

Na região oeste, os maiores destaques estão justamente na região do encontro do rio Pinheiros com o rio Tietê, e no córrego Pirajussara, que é um afluente da margem esquerda do Pinheiros, e cuja bacia está parcialmente inserida no município de São Paulo.

Na zona sul, os setores mais prioritários se concentram nas bacias dos córregos Zavuvus, Apucás, Pedreiras, Morro do S, São José, Itupu e Guavirituba. Destaca-se que na subprefeitura de Parelheiros quase não houve setor censitário classificado com alta prioridade.



Mapa 6 - Setores censitários prioritários para proteção contra inundações - Por Sub-bacia.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Alguns setores censitários são territorialmente grandes e foram classificados com alta prioridade, o que pode aparentar que uma bacia tem mais problemas do que outras, simplesmente porque um setor censitário de grandes dimensões foi classificado como mais prioritário. Um exemplo disso encontra-se na subprefeitura de Pinheiros, onde há uma grande mancha de alta prioridade na confluência do córrego Sapateiro com o rio Pinheiros, mas esta sensação é ocasionada por um setor censitário somente, e que não necessariamente reflete num problema tão grande na região.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que os eixos dos rios Tietê e Tamanduateí possuem destaque como locais com concentração de áreas com alta prioridade, assim como o rio Pinheiros em seu trecho final próximo ao deságue no rio Tietê, o que significa uma maior demanda pelo SE de retenção do escoamento superficial nestes locais. Foram também mapeadas áreas mais prioritárias em diversas sub-bacias espalhadas pelo município, demonstrando que a problemática de inundações não é pontual, possui dispersão territorial na cidade, e demanda um esforço de diversas pastas municipais, pois envolve questões ambientais, sociais, de planejamento urbano e de infraestrutura.

Uma próxima etapa que poderia ser realizada é de uma modelagem hidrológica para caracterizar a oferta atual e futura do serviço ecossistêmico de redução do escoamento superficial, a fim de analisar como a implantação de mais infraestrutura verde no município de São Paulo poderia aumentar a oferta deste serviço e a resiliência da cidade a eventos de precipitação intensificados pelas mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- CORTINOVIS, C.; GENELETTI, D. A framework to explore the effects of urban planning decisions on regulating ecosystem services in cities. *Ecosystem Services*, v. 38, n. March, p. 100946, 2019.
- CUTTER, S. L. *et al.* Social vulnerability to environmental hazards n. *Social science quarterly*, v. 84, n. 2, p. 242–261, 2003.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais 1:25.000*: nota técnica explicativa Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo - IPT; Serviço Geológico do Brasil – CPRM. São Paulo/SP: [s.n.].
- INSTITUTO GEOLÓGICO. *Desastres naturais: conhecer para prevenir/Organizadores Lúcia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosângela do Amaral*. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012.
- JACOBI, P. R.; TRANI, E. *Planejando o futuro hoje: ODS 13, adaptação e mudanças climáticas em São Paulo*. 1. ed. São Paulo: [s.n.].

- JUNIOR, A. P. (ED.). *Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável*. 2. ed. Barueri: Manole, 2018.
- LI, L.; UYTENHOVE, P.; VANEETVELDE, V. Planning green infrastructure to mitigate urban surface water flooding risk – A methodology to identify priority areas applied in the city of Ghent. *Landscape and Urban Planning*, v. 194, n. November 2019, p. 103703, 2020.
- NOBRE, C. Adaptation and public policies in the São Paulo Macro Metropolis: a science-policy approach. Em: TORRES, P. H. C. *et al.* (Eds.). São Paulo: IEE-USP, 2020. p. 146.
- ONU - DEPARTAMENTO DE ASSUNTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS - DIVISÃO DE POPULAÇÃO. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Nova Iorque: Organização das Nações Unidas, 2019.
- PBMC. *Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas*. Rio de Janeiro: 2014.
- PBMC. *Mudanças climáticas e cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas* [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. Rio de Janeiro: 2016.
- RODRÍGUEZ, R. S. (ED.). *Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina*. Santiago de Chile: Organización das Nações Unidas, 2013.
- RUFAT, S. *et al.* Social vulnerability to floods: Review of case studies and implications for measurement. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 14, p. 470–486, 1 dez. 2015.
- SAATY, R. W. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, v. 9, n. 3–5, p. 161–176, 1987.
- SANTOS, Á. R. DOS. *Cidades & Geologia: discussão técnica e proposição de projetos de lei de grande interesse para as populações urbanas*. 1. ed. São Paulo: Rudder, 2017.
- SÃO PAULO. *Lei 16.050, de 31 de julho de 2014*. Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. Diário Oficial do Município, São Paulo, 01 de agosto de 2014.
- UNEP. *Green infrastructure guide for water management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects*. [s.l.: s.n.].

