



Análise crítica de causa e soluções sustentáveis para o controle de enchentes urbanas: um caso prático da bacia hidrográfica do rio Tejipió

Critical cause analysis and sustainable solutions for urban flood control: a practical case from the Tejipió river basin

Análisis de causas críticas y soluciones sostenibles para el control de inundaciones urbanas: un caso práctico desde la cuenca del río Tejipió

Gabriele Joana de Souza Feliciano da Silva

Aluna de graduação, UPE, Brasil.
gjsfs@poli.br

Pedro Henrique Dantas

Aluno de graduação, UPE, Brasil.
phd@poli.br

Micaella Raíssa Falcão de Moura

Professora Doutora, UPE, Brasil.
mrfm_pec@poli.br



RESUMO

Este estudo trata-se de uma análise crítica acerca de possíveis regiões de inundações urbanas na bacia hidrográfica do rio Tejipió, localizado no estado de Pernambuco. Para a realização da pesquisa, foram investigados os fatores de uso e ocupação do solo, declividade, hipsometria e corpos hídricos que podem ser contribuintes para a ocorrência dessas inundações, bem como medidas mitigadoras adotadas/propostas pelo governo municipal. Trata-se de um estudo de caso, com objetivo de pesquisa exploratória e de natureza qualitativa, utilizando-se fontes bibliográficas. Nesse sentido, tratou-se de norteamentos acerca da problemática e a aplicação do software QGIS 3.10.9, como ferramenta para a realização de análise de mapas sobre os fatores de enchentes. E por meio dos dados, observou-se a aplicação de soluções sustentáveis, como a SBN (Soluções Baseadas na Natureza), pavimentos permeáveis e infraestrutura verde, como agentes redutores desses eventos. Concluindo-se, portanto, que construções e recomendações teóricas sobre o tema, e a relação entre a preservação dos rios e o uso de medidas sustentáveis, são ferramentas estratégicas para garantir soluções eficazes e assegurar a segurança das comunidades afetadas e a conservação dos recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Inundações. Urbanização. Soluções sustentáveis.

ABSTRACT

This study is a critical analysis of possible urban flooding regions in the Tejipió River basin, located in the state of Pernambuco. To carry out the research, the factors of land use and occupation, slope, hypsometry and water bodies that may contribute to the occurrence of these floods were investigated. And mitigating measures adopted/proposed by the municipal government. This is a case study, with the objective of exploratory and qualitative research, using bibliographic sources. In this sense, guidelines were given on the problem and the application of the QGIS 3.10.9 software, as a tool for performing map analysis on flood factors. And through the data, the application of sustainable solutions, such as NBS (Nature-Based Solutions), permeable pavements and green infrastructure, as agents to reduce these events, was observed. In conclusion, theoretical constructions and recommendations on the subject, and the relationship between river preservation and the use of sustainable measures, are strategic tools to guarantee effective solutions and ensure the safety of affected communities and the conservation of water resources.

KEYWORDS: Floods. Urbanization. Sustainable solutions.

RESUMEN

Este estudio es un análisis crítico de las inundaciones urbanas en la cuenca del río Tejipió, ubicada en el estado de Pernambuco. Para ello, se estudiaron en el área de estudio los factores que contribuyen a la ocurrencia de inundaciones y las medidas de mitigación empleadas/propuestas por el gobierno municipal. Se trata de un estudio de caso, con objetivo de investigación exploratoria y cualitativa, utilizando fuentes bibliográficas. En este sentido, brindó orientación sobre el problema y la aplicación del software QGIS 3.10.9, como herramienta para realizar análisis cartográficos de factores de llenado. Y a través de los datos se explicó la aplicación de soluciones sustentables, como SBN (Soluciones Basadas en la Naturaleza), pavimentos permeables e infraestructura verde, como agentes reductores de estos eventos. En conclusión, las construcciones teóricas y recomendaciones sobre el tema, y la relación entre la preservación de los ríos y el uso de medidas sustentables, son herramientas estratégicas para garantizar soluciones efectivas y garantizar la seguridad de las comunidades afectadas y la conservación de los recursos hídricos.

PALABRAS CLAVE: Inundaciones. Urbanización. Soluciones sostenibles.



1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização sem planejamento e a crescente globalização intensificam as desigualdades sociais, a degradação ambiental e os índices de pobreza. Isto ocorre devido à rápida transformação dos espaços naturais em espaços produtivos, modificando-os mais rapidamente que processos físicos e sendo classificados como agentes centrais no advento de desastres naturais (Nunes, 2015; Mendonça; Lima, 2020; Tucci, 2004).

Nesse contexto, o excesso de materiais impermeáveis, a existência de infraestruturas de drenagem inadequadas, ineficientes ou até ausentes, bem como a canalização de rios que reduz a sua capacidade de carregamento, são destacados como significativos contribuintes para ocorrência inundações/enchentes (Nunes, 2015). As consequências desses impactos são graves, já que acabam aumentando o volume de água que atinge os rios, ocasionando picos máximos de vazão. Isso acaba transferindo para as áreas a jusante dos rios problemas adicionais, devido a maior carga de água recebida nessas regiões (Castelhano, 2020).

Em regiões consideradas de baixo curso dos rios, eventos de cheias ou transbordamento das águas dos canais fluviais são fenômenos considerados naturais, além de serem os agentes de formação das planícies e terraços aluviais. Segundo Botelho (2015, p.2), “como parte da dinâmica fluvial, as cheias são controladas pelo volume e distribuição das águas das chuvas, pelo tipo e densidade da cobertura vegetal, pelas diferenciações na cobertura pedológica, substrato geológico, características do relevo, como declividade e forma das encostas, e geometria do canal fluvial”. De modo que esses fatores influenciam na distribuição e quantidade de águas, além de serem determinantes na intensidade e na frequência com que ocorrem as inundações/cheias nas bacias hidrográficas.

Partindo desse pressuposto, as enchentes têm sido mais frequentes e na maioria das vezes de maiores proporções nas áreas urbanas. As quais são caracterizadas pela elevação temporária do nível de água do rio, sem que haja transbordamento além do seu canal de drenagem natural (Castelhano, 2020). Dessa forma, levanta-se a necessidade de estudo acerca da identificação das principais causas, fatores, vulnerabilidade e riscos à população.

Na cidade do Recife-PE, assim como observado em outras capitais brasileiras, os efeitos das mudanças climáticas têm impactado diretamente, e isso ocorre devido a influência de alguns fatores, como localização geográfica, clima, temperatura, umidade relativa do ar e o processo de ocupação sem controle e planejamento. Em vista disso, a cidade já passou por diversos eventos de cheias, as quais as bacias hidrográficas menores como a do rio Tejupió e Beberibe, normalmente são atingidas por estes eventos, comumente em períodos de chuvas, atingindo a mobilidade e causando danos a população de várzea/ribeirinha (Pessoa Neto, 2022; Rodolfo De Araújo, 2021; Silva, 2019).

A bacia do rio Tejupió está situada no estado de Pernambuco, entre os municípios de São Lourenço da Mata, Jaboatão dos Guararapes e Recife, e pertence ao grupo de bacias de rios litorâneos, chamado por Atlântico Nordeste Oriental, pela Agência Nacional das Águas. E vem apresentando pontos de inundações, que ocorrem predominantemente na região de baixa ou de planície, no qual o relevo caracteriza-se por possuir baixa declividade de escoamento, além de influência do movimento das marés, causando remansos em toda rede de drenagem de



águas pluviais nessa área. Outros aspectos são os de condução de elementos de drenagem e as inundações ribeirinhas, as quais são relacionadas a ocupação do solo do leito maior (Silva, 2019; Tucci, 2005). No qual segundo Tucci (2004, p.62): “A quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento natural (Tucci, 2004, p.62)”.

De modo que esse fenômeno exerce impacto direto sobre a infraestrutura relacionada ao abastecimento de água, saneamento básico, drenagem urbana, controle de águas pluviais e gerenciamento de resíduos sólidos. Além disso, afetam os ecossistemas terrestres e aquáticos, bem como a população, por meio de inundações, enchentes, proliferação de doenças e redução da qualidade de vida. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar de forma crítica as causas das enchentes urbanas e possíveis soluções sustentáveis a fim de mitigá-las, a partir do caso prático da bacia hidrográfica do rio Tejipió, Recife-PE.

Dessa forma, este estudo tem caráter exploratório, utilizando-se como informações dados fornecidos pela Prefeitura do Recife, APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima), Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), além das contribuições de outros autores sobre as temáticas.

2 METODOLOGIA

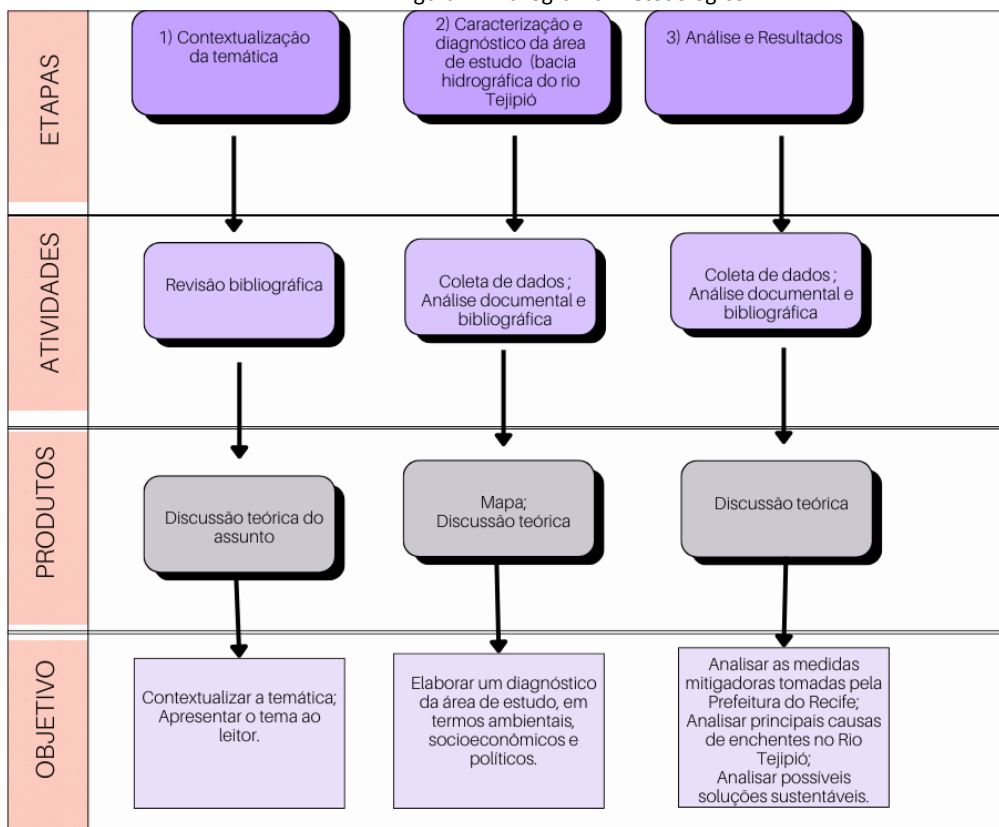
O presente trabalho classifica-se como um estudo de caso, uma vez que o objeto de estudo foi a bacia hidrográfica do rio Tejipió, tendo como objetivo analisar de forma crítica as causas das enchentes urbanas e possíveis soluções sustentáveis a fim de mitigá-las. Segundo Perovano (2016), tem como objetivo esclarecer sobre um ou mais componentes de pesquisa, analisando-os de forma profunda, exaustiva, ampla e detalhada, com a finalidade de investigar situações cotidianas, grupos ou fenômenos a serem estudados.

Para a estruturação de conhecimentos foram utilizadas abordagens qualitativas, as quais Taquette e Borges (2020) caracterizam como uma pesquisa que se ocupa de uma realidade que não pode ser medida por números, mas que envolve o estudo de significados, motivações, aspirações, os quais não são percebidos ou capturados unicamente por variáveis matemáticas (Taquette; Borges, 2020).

Configurando-se, assim, como uma pesquisa de natureza aplicada, a qual tem o propósito de gerar conhecimentos voltados para aplicação prática. Dessa forma, foca-se em situações concretas e de interesses existentes, com objetivo exploratório que visa analisar e oferecer informações acerca de fatores, infraestruturas, medidas adotadas/propostas pela prefeitura do Recife, fazendo o uso de procedimentos bibliográficos, tais como artigos, livros e sites (Gerhardt; Silveira, 2009). As Figuras 1 e 2 apresentam o fluxograma metodológico e os procedimentos utilizados neste trabalho.

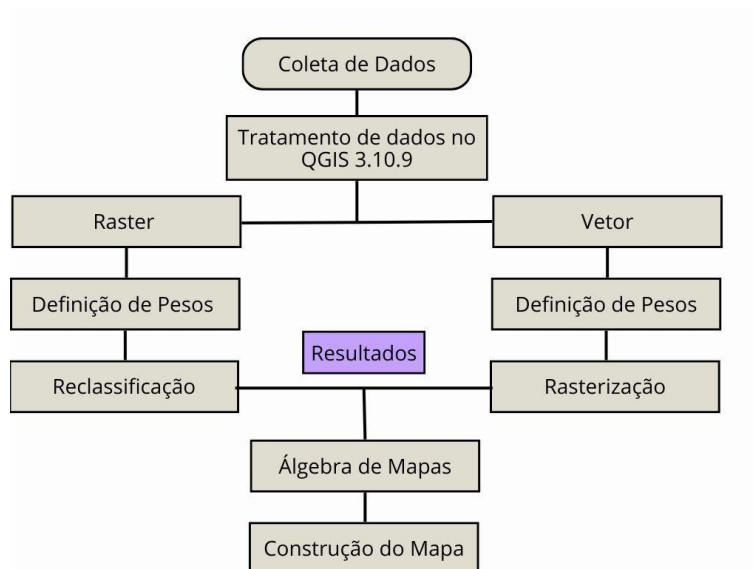


Figura 1- Fluxograma metodológico



Fonte: Autores (2024)

Figura 2- Combinação dos procedimentos aplicados nesta pesquisa



Fonte: Autores (2024)

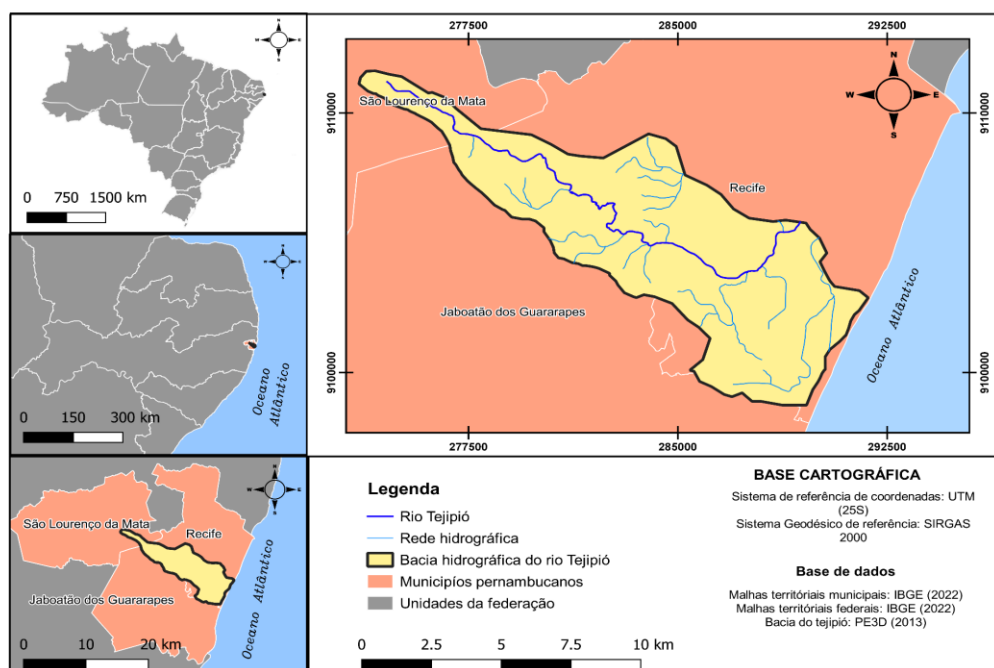
3 RESULTADOS E ANÁLISE

3.1 Avaliação e caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Tejiú (Figura 3) possui uma área de 90,36 km², tendo 87,73 km de perímetro e 17,77 km de comprimento axial. Já referente às características hidrográficas, o rio principal apresenta uma extensão de 25,24 km, com o talvegue medindo 16,06 km e comprimento total da rede hidrográfica equivalente a 113,46 km (Pessoa Neto *et al.*, 2022).

Segundo a APAC, a bacia classifica-se no grupo GL2, referente às bacias de pequenos rios litorâneos, a qual localiza-se no litoral do Estado de Pernambuco (APAC, 2024). Na cidade do Recife, compreende 27 bairros, sendo o rio principal alimentado por mais de 38 afluentes. No município de Jaboatão, a bacia abrange 7 bairros e sua nascente situa-se no município de São Lourenço da Mata. Acerca do seu relevo, é possível identificar três níveis diferenciados quanto à altitude e características de ocupação, o que permite sua divisão em setores, os quais são Alto Tejiú (de prevalência rural); Médio Tejiú (observa-se o predomínio de áreas urbanizadas, incluindo a ocupação de margens cursos d'água e morros) e; Baixo Tejiú (o qual é identificado como parte da planície costeira) (Silva, 2019).

Figura 3- Localização da bacia hidrográfica do rio Tejiú



Fonte: Autores (2024)

3.2 Análises dos fatores de inundações/enchentes



Para a determinação dos fatores de inundações/enchentes urbanas, foi realizado um levantamento de dados acerca da bacia hidrográfica do rio Tejipló, essas informações foram organizadas em um banco de dados no software QGIS 3.10.9, os fatores referentes à pesquisa são, Uso e ocupação do solo, Corpos Hídricos, Declividade e Hipsometria.

O Modelo Digital de Terreno (MDT) foi adquirido no site PE3D, onde foi possível delimitar a bacia hidrográfica do rio Tejipló e realizar os mapas de declividade e hipsometria. Já o mapa de uso e ocupação do solo, foi obtido através da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS). Por meio dele foi possível identificar as áreas e identificar como é ocupado o território ao longo da bacia do rio Tejipló.

Os dados de intervalos para análise de declividade foram obtidos por meio da classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Quanto à suscetibilidade que está acerca desse fator, é possível afirmar que em áreas com maiores inclinações e consequentemente maiores altitudes, a água de chuva tende a escoar para zonas mais planas e consequentemente mais baixas tornando assim o escoamento mais concentrado, fazendo com que essas zonas mais planas sejam mais suscetíveis a inundações (Nascimento; Baptista, 2016).

Quanto ao uso e ocupação do solo, é analisado que quanto mais urbanizadas são as bacias, maior é o escoamento superficial, elevando o risco de inundações; logo, as áreas que possuem uma grande gama de cobertura vegetal, serão as menos suscetíveis a inundações (Tucci, 2002).

Em relação à classificação da hipsometria, foi adotada através de estudos similares do *google scholar* (Barros, 2020; Caprario, 2017; Pessoa Neto, 2022), além de órgãos federais como o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (Cemaden), APAC. Porém com adaptação realizada pelos autores. Acerca da categorização dos corpos hídricos, utilizou-se como base o Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), o qual é a maneira comum de classificar os *buffers* (faixas de proteção) dos rios no Brasil, através da legislação ambiental e das diretrizes de proteção de áreas ripárias.

Após a obtenção da base de dados em camadas *shapefile*, os dados foram reclassificados e atribuídos scores, então foram passados para raster (sendo utilizada a calculadora raster que foi feito o somatório dos fatores analisados para obter o resultado do mapa de suscetibilidade à inundação). Todos os dados foram organizados em um Banco de Dados no software QGIS e foi utilizado o sistema cartográfico SIRGAS 2000/UTM Zone 25s.

A Tabela 1 apresenta a atribuição de pesos proposta nesta pesquisa para análise da suscetibilidade à inundação da bacia do rio Tejipló. Essa pesquisa que utiliza a álgebra de mapas foi adaptada para um diferente propósito, mas já utilizado pelos autores (BIJU, 2015; BOHNENBERGER et al., 2018) para analisar zonas de impactos ambientais provenientes do Resíduo da construção civil (RCC).



Tabela 1: Atribuição dos Scores dos fatores analisados

| Fatores | Score |
|------------------------|---------------------------------------|
| Uso e ocupação do solo | Ocupação |
| | Formação florestal - 1.0 |
| | Área antropizada - 3.0 |
| | Área edificada - 5.0 |
| Corpos Hídricos | Distância em metros (m) |
| | 0 - 50m - 5.0 |
| | 50 - 100m - 3.0 |
| | 100 - 200m - 1.0 |
| Declividade | Variação em (%) |
| | 0 - 3% (plano) - 1.0 |
| | 3 - 8% (suave ondulado) - 2.0 |
| | 8 - 20% (ondulado) - 3.0 |
| | 20 - 45% (forte ondulado) - 4.0 |
| | 45 - 75% (montanhoso) - 5.0 |
| Hipsometria | Altitude em metros (m) |
| | 0 - 10m (baixa altitude) - 5.0 |
| | 10 - 50m (média-baixa altitude) - 4.0 |
| | 50 - 200m (média altitude) - 3.0 |
| | > 200 (alta altitude) - 1,0 |

Autores: 2024

Com os valores definidos, foi adotada a metodologia de análise multicritério, que se utiliza uma equação de soma de score (pontuação) de cada parâmetro recorrido, então é aplicada a ferramenta de álgebra de mapas no software QGIS (Calculadora Raster), conforme apresenta a Equação 1:

$$Spar = Shr + Shp + Sd + Suos$$

Onde:

Spar = Score total dos parâmetros;

Srh = score de distância dos recursos hídricos;

Shp = score da classificação da hipsometria ;

Sd = score de acordo com a declividade;

Suos = score de acordo com seu uso e ocupação do solo.

O score final varia entre 0 a 20 pontos. O valor do score final define a classe de riscos de impactos ambientais de cada ponto de deposição irregular, sendo proposta nesta pesquisa a divisão em quatro classes, conforme apresenta a Tabela 2:

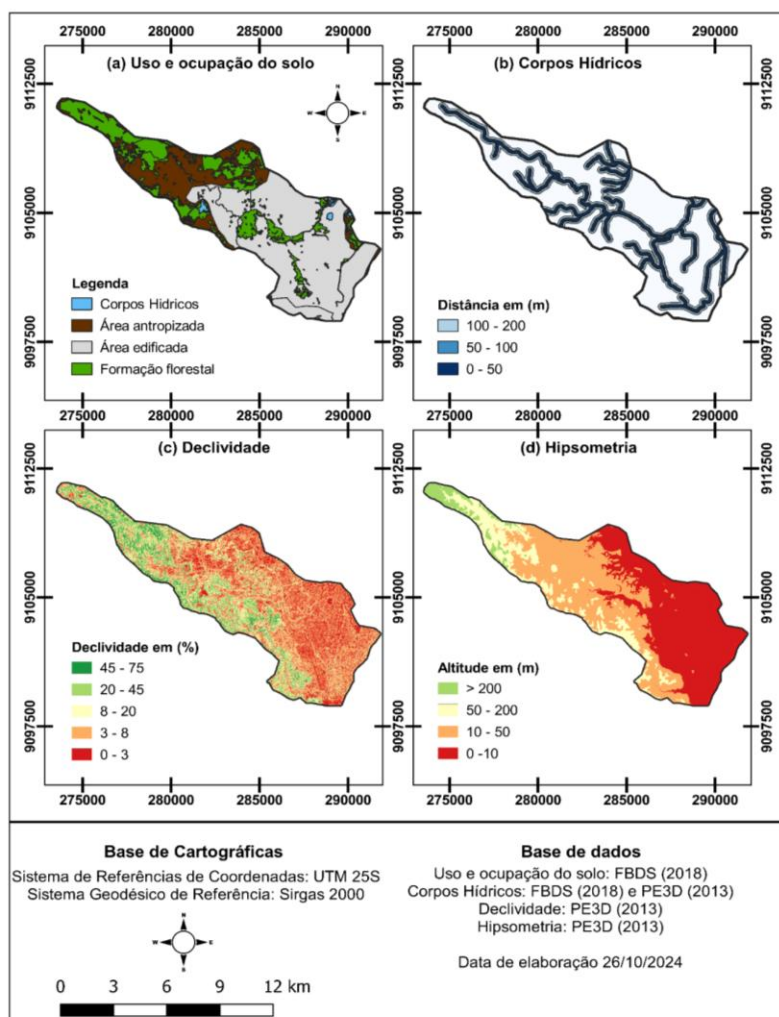
Tabela 2: classificação dos riscos e suas respectivas pontuações

| Classificação | Score final |
|---------------|-------------|
| Baixo | 0 até 5 |
| Medio | 5 até 10 |
| Alto | 10 até 15 |
| Muito alto | 15 até 20 |

Autores: 2024

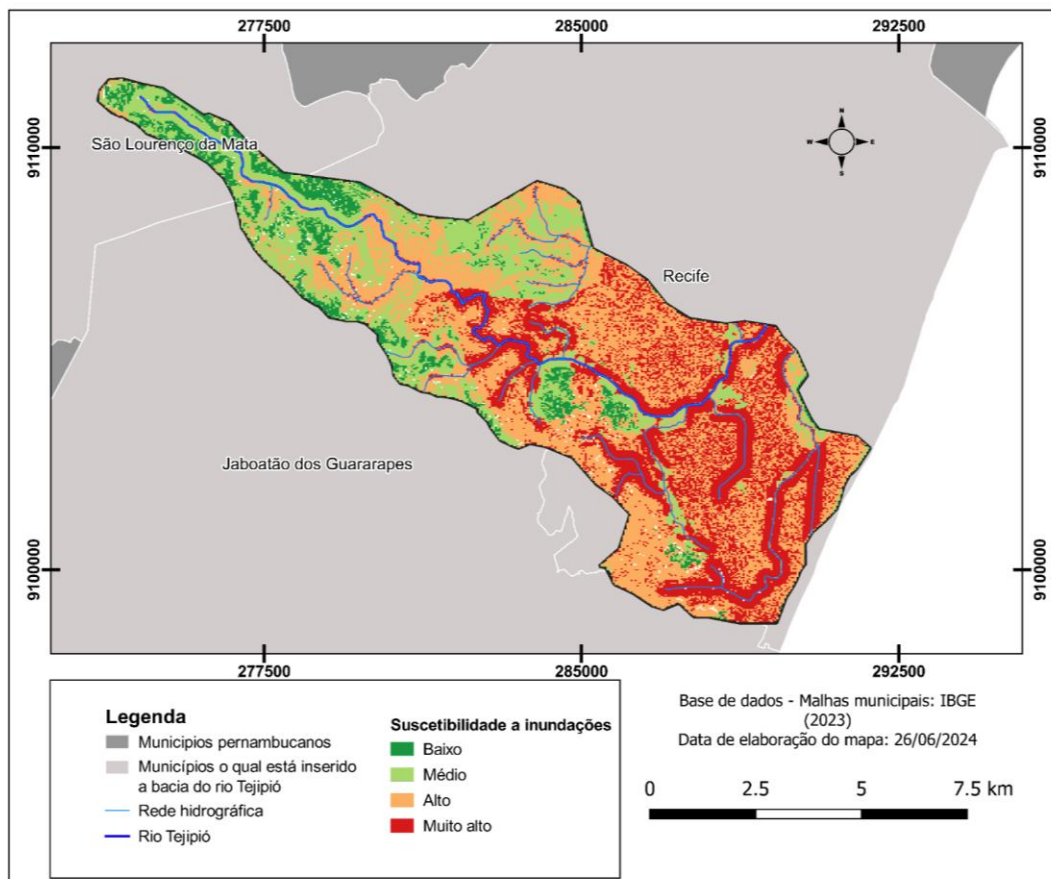
Todos os cálculos dos scores foram realizados através da utilização de álgebra de mapas no software. As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados em mapas.

Figura 4 - Fatores analisados no estudo que influenciam na suscetibilidade a inundações/enchentes



Fonte: Autores (2024)

Figura 5 - Mapa de suscetibilidade a inundações na bacia hidrográfica do rio Tejipió



Fonte: Autores (2024)

A região próxima ao exutório da bacia se encontra mais vulnerável do que ao continente; isso se deve às regiões antropizadas e características físicas da região. Assim, é possível observar que, a vulnerabilidade à inundações é maior no leste da bacia, por ser uma região mais plana, com menores cotas.

A oeste da bacia é possível analisar que a vulnerabilidade varia de muito baixa a moderada, por ser uma região mais elevada, com trechos mais íngremes. Desta forma, analisando os resultados, temos que a maior parte da área da bacia (42,99%) possui alta vulnerabilidade, enquanto 28,86% possui vulnerabilidade alta a muito alta e o restante possui muito baixa a baixa vulnerabilidade, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: classificação dos riscos e suas respectivas pontuações

| Classificação | Score final | Área em hectares | Representatividade |
|----------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|
| Baixo | 0 até 5 | 489 ha | 6,57% |
| Médio | 5 até 10 | 1607 ha | 21,58% |
| Alto | 10 até 15 | 3200, 75 ha | 42,99% |
| Muito alto | 15 até 20 | 2148, 52 ha | 28,86% |

Fonte: Autores (2024)

3.3 Medidas mitigadoras propostas/adotadas pela Prefeitura do Recife

O Rio Tejió exemplifica a dinâmica observada em diversos rios urbanos que atravessam grandes cidades brasileiras, cujas populações que habitam suas várzeas enfrentam enchentes recorrentes durante o período chuvoso, especialmente em épocas de precipitações intensas. As chuvas ocorridas em maio de 2022 na Região Metropolitana do Recife (RMR) evidenciaram de forma acentuada as vulnerabilidades dessas áreas, resultando em impactos severos nos bairros e municípios situados ao longo do curso do rio (Figuras 6 e 7).

Tal cenário chamou a atenção do poder público para a urgência de implementar medidas mitigadoras. Entre essas medidas, destaca-se o ProMorar Recife (Programa de Requalificação e Resiliência Urbana em Áreas de Vulnerabilidade Socioambiental), programa desenvolvido pela Prefeitura do Recife, cujos investimentos preveem, entre outras ações, a macrodrenagem da Bacia do Rio Tejió, com contribuições de especialistas holandeses no projeto, com obras envolvendo alargamento, dragagem do rio, construção de reservatórios e parques alagáveis, com intuito de minimizar problemas de alagamento na bacia do rio (Prefeitura do Recife, 2024).

Outra medida que pode ser destacada é o Centro de Operações do Recife (COP), o qual foi implementado como uma medida para mitigar desastres, reunindo 13 secretarias e órgãos municipais para atuar de forma rápida em emergências causadas por fatores climáticos e eventos urbanos. Além disso, o COP busca expandir o uso de tecnologias e fortalecer parcerias com outras instituições, com o intuito de melhorar a resposta a essas situações.

Figura 6 - Danos materiais sofridos pela população



Fonte: Bruno Campos, JC PE (2022)

Figura 7- Alagamentos em pontos da cidade



Fonte: Algo mais-Revista de Pernambuco (2023)

3.4 Avaliação de soluções sustentáveis

A partir da identificação de problemáticas envolvendo a bacia do rio Tejió, envolvendo enchentes, viu-se a necessidade de implantação de soluções sustentáveis, integradas ao planejamento urbano de longo prazo e à participação da comunidade em sua implementação e manutenção. Nessa perspectiva, analisaram-se as soluções: Soluções Baseadas na Natureza (SBN); pavimentação permeável; infraestrutura verde e a integração entre a proteção e preservação da nascente do rio, juntamente com a gestão de resíduos sólidos.

Nas Soluções Baseadas na Natureza, que vem sendo utilizadas na Bioengenharia, contribuem para contenção natural das águas e para a resiliência dos ecossistemas, de modo que Gartland (2011, p.136) aponta que “árvores e vegetação trazem muitos benefícios às comunidades, inclusive a melhoria do conforto, redução de consumo de energias, retirada de dióxido de carbono (CO₂) do ar, redução da poluição do ar e redução de enchentes.” A presença de árvores e vegetação desempenham um papel

importante na mitigação de enchentes, uma vez que a chuva é retida nas folhas, galhos e troncos. Esse processo contribui para redução tanto da quantidade, quanto da velocidade da água que atinge o solo, diminuindo, consequentemente, o volume de água que pode resultar em inundações.

Contudo, apresenta melhores resultados mediante as chuvas consideradas moderadas, as quais constituem a maior parcela das precipitações. Vale ressaltar que para tal medida, seus resultados baseiam-se/dependem de fatores como quantidade e padrões de chuvas, além de tipo de vegetação que cobrem as áreas (Gartland, 2011).

Figura 8- Funções da vegetação ribeirinha

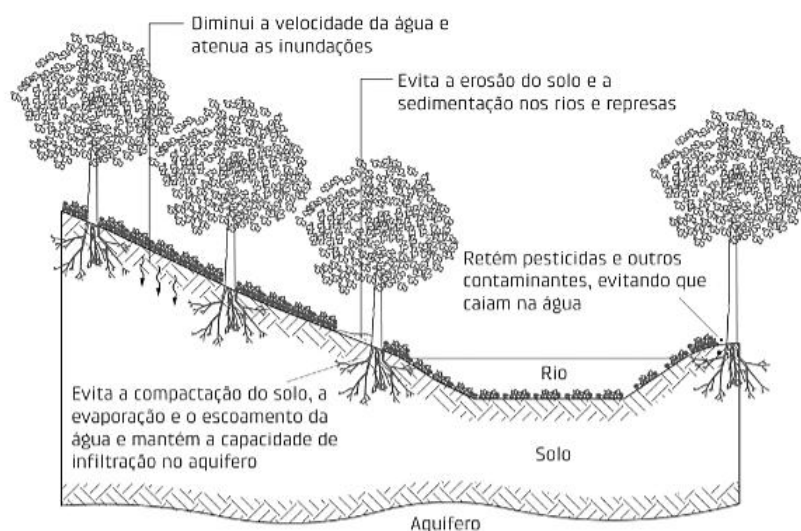


Fig. 6.1 Funções da vegetação ribeirinha

Fonte: Fracassi (2017, p.130)

Acerca dos pavimentos permeáveis, denominados estruturas-reservatórios, são constituídos por uma matriz porosa, a qual desempenha funções essenciais, destacando-se sua função hidráulica. Essa função, associada ao conceito de reservatório, refere-se à capacidade desses pavimentos de reter temporariamente a água em sua porosidade. Esse processo é seguido pela drenagem controlada e, em alguns casos, pela infiltração da água no solo subjacente, contribuindo para a gestão hídrica e mitigação de enchentes.

Eles operam com base em três princípios, os quais são: a entrada direta da água, a qual pode ocorrer de maneira distribuída, ou seja, através de revestimento porosos, os quais possibilitam a infiltração; ou de forma localizada, que é feita através de drenos laterais ou bocas de lobo. Acerca do outro princípio a água é temporariamente armazenada no interior do pavimento, utilizando-se dos vazios presentes na camada reservatório. E no terceiro princípio, trata que a evacuação da água ocorre de forma lenta, seja por infiltração no solo, pela liberação na rede de drenagem, ou por uma combinação dessas duas opções. E a partir desse princípio divide-se os pavimentos permeáveis em três tipos (Suzuki, 2013).

Entre suas vantagens, pode-se citar, a infiltração a qual diminui a quantidade de água que entraria na rede, reduzindo o risco de inundações nas áreas a jusante dos sistemas de drenagem; os dispositivos de infiltração podem ser utilizados em locais onde não existe uma rede de drenagem capaz de absorver o escoamento gerado pelo empreendimento. Além de que ao supervisionar o escoamento superficial na sua origem, esses dispositivos minimizam os impactos hidrológicos decorrentes do



processo de urbanização (Suzuki, 2013).

Sobre a infraestrutura verde trata-se de uma rede de áreas naturais e seminaturais estrategicamente planejadas, que se integra a elementos ambientais diversos, visando proporcionar serviços ecossistêmicos e proteger a biodiversidade em contextos rurais e urbanos. Oferece soluções dinâmicas e inovadoras para a gestão do solo, promovendo a geração de empregos para profissionais de diferentes níveis de qualificação nas áreas de planejamento, engenharia, construção, restauração e manutenção de ecossistemas rurais e urbanos. Além disso, desempenha papel fundamental na mitigação das mudanças climáticas, ao fornecer proteção contra inundações e outros desastres ambientais. Entre os principais benefícios estão a retenção de água da chuva, a redução da impermeabilização e uso intensivo do solo, a melhoria da saúde e do bem-estar populacional, e a adaptação e mitigação de eventos climáticos extremos, como inundações e o efeito de ilha de calor urbano. Adicionalmente, a infraestrutura verde contribui para a biodiversidade, criando corredores ecológicos e aprimorando habitats para a vida silvestre (Fracassi, 2017).

A integração entre a proteção e preservação das nascentes dos rios e a gestão de resíduos sólidos é fundamental para garantir a qualidade ambiental e a sustentabilidade dos ecossistemas hídricos. De maneira que a implementação de práticas de gestão integrada, que envolvem a educação ambiental, a recuperação de áreas que foram degradadas devido à crescente urbanização, podem apresentar resultados positivos, como melhorias na qualidade de vida e promoção de uma cultura de responsabilidades ambientais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS/ CONCLUSÕES

Em suma, o presente trabalho procurou examinar os fatores propagadores das enchentes urbanas, com um foco crítico acerca da bacia do rio Tejiptó, Recife-PE, mediante a esses eventos, analisando a necessidade de implantações de soluções sustentáveis, como o uso de SBN (Soluções Baseadas na Natureza), pavimentos permeáveis e infraestrutura verde afim de mitigá-los.

Deste modo, a adesão dessas práticas, juntamente com a promoção de políticas públicas e a conscientização da população acerca da preservação ambiental são primordiais para garantir a resiliência das comunidades urbanas frente a eventos climáticos, promovendo um desenvolvimento urbano mais equilibrado e sustentável, além de colaborar para maior segurança e bem-estar da população.

REFERÊNCIAS

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima (2024). **Bacias Hidrográficas- GL-2**. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas-gl-2/185-bacias-hidrograficas-gl-2/223-gl-2>. Acesso em: 16 out. 2024.

BARROS, Fabrizio da Costa. **Análise das dinâmicas socioambientais da bacia hidrográfica do rio Piraquê-Cabuçu, Zona Oeste do município do Rio de Janeiro**. 2020. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

BIJU, B. P. **Utilização do Sistema de informações Geográficas (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção e demolição e de demolição**. 2015. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.



BOHNENBERGER, J.C.; PIMENTA, J.F.P. et al. **Identificação de áreas para implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição com uso de análise multicritério. Ambiente construído**, v. 18, n. 1, p. 299-311, jan./mar.2018.

BOTELHO, Rosângela. (2004). Enchentes em Áreas Urbanas no Brasil.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal brasileiro.

CAPRARIO, Jakcemara. **Desenvolvimento de um instrumento para o mapeamento de áreas suscetíveis a alagamentos e inundações urbanas**. 2017. 223 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

CASTELHANO, Francisco Jablinski. **O clima e as cidades**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 15 out. 2024.

FRACASSI, Gerardo. **Proteção de rios com soluções Maccaferri**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 24 out. 2024.

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 24 out. 2024.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org.). **Métodos de Pesquisa**. Rio Grande do Sul: Ufrgs, 2009.

MENDONÇA, Francisco; LIMA, Myrian del Vecchio de (org.). **A cidade e os problemas socioambientais urbanos: uma perspectiva interdisciplinar**. Curitiba: Editora Ufpr, 2020.

NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B. **Impactos da declividade e do uso do solo no escoamento superficial urbano**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 21, n. 3, p. 678-687, 2016.

NUNES, Lucí Hidalgo. **Urbanização e desastres naturais**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 12 out. 2024.

PEROVANO, Dalton Gean. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2016. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 25 set. 2024.

PESSOA NETO, Amaury Gouveia *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Tejiptó, em Pernambuco, utilizando modelo digital de elevação proveniente de sensor lidar. **Abrhidro**, [s.l.], nov. 2022.

PESSOA NETO, Amaury Gouveia *et al.* Mapeamento das áreas suscetíveis às inundações e aos alagamentos no município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. **Boletim de Geografia**, [S.L.], v. 40, p. 277-296, 17 dez. 2022. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v40.a2022.e63948>.

Prefeitura do Recife. **Prefeitura investe R\$ 314,5 milhões na Ação Inverno 2024 e inicia obras inéditas de macrodrenagem na bacia do Rio Tejiptó**. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/19/03/2024/prefeitura-investe-r-3145-milhoes-na-acao-inverno-2024-e-inicia-obras-ineditas>. Acesso em: 24 out. 2024.

RODOLFO DE ARAÚJO, Wagner et al.. FLUTUAÇÃO DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM RECIFE – PE, BRASIL. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar** - ISSN 2675-6218, [S. l.], v. 2, n. 6, p. e26481, 2021. DOI: 10.47820/recima21.v2i6.481. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/481>. Acesso em: 21 out. 2024.

SILVA, Pedro Oliveira. **MODELAGEM HIDROLÓGICA DO RIO TEJIPTÓ POR OCASIÃO DE CHUVAS INTENSAS LEVANDO EM CONTA O EFEITO DE MARÉS**. Tese (Doutorado). UFPE. 233 p.

SUZUKI, Carlos Yukio et al. **Drenagem subsuperficial de pavimentos**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 24 out. 2024.

TAQUETTE, S. R.; BORGES, L. **Pesquisa qualitativa para todos**. 1. ed. São Paulo: Vozes, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 24 set. 2024.



TUCCI, C. E. M. **Aspectos da urbanização e sua relação com as inundações**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 21-34, 2002.

TUCCI, Carlos E. M.. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Rega**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 59-73, jun. 2004.

TUCCI, Carlos E. M.. **Gestão de águas pluviais urbanas**. [s.l.]: Ministério das Cidades, 2005.