



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS

JOSÉ ADRIANO SANTOS DA SILVA

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA GESTÃO DE DESASTRES NATURAIS
HIDROLÓGICOS: Estudo de caso do bairro Coelhos, Recife-Pernambuco**

Recife
2023

JOSÉ ADRIANO SANTOS DA SILVA

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA GESTÃO DE DESASTRES NATURAIS
HIDROLÓGICOS: Estudo de caso do bairro Coelhos, Recife-Pernambuco**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Bacharelado em
Geografia da Universidade Federal de
Pernambuco (UFPE), como requisito
obrigatório para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão da
Silva

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, José Adriano Santos da.

Uso de geotecnologias para gestão de desastres naturais hidrológicos: estudo de caso do bairro Coelhos, Recife-Pernambuco. / José Adriano Santos da Silva. - Recife, 2023.

50 : il., tab.

Orientador(a): Osvaldo Girão da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Geografia - Bacharelado, 2023.

1. Vulnerabilidade Urbana. 2. Eventos Climáticos Extremos. 3. Geoprocessamento. 4. Inundações e Alagamentos. 5. Planejamento urbano. I. Silva, Osvaldo Girão da . (Orientação). II. Título.

910 CDD (22.ed.)

JOSÉ ADRIANO SANTOS DA SILVA

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA GESTÃO DE DESASTRES NATURAIS
HIDROLÓGICOS: estudo de caso do bairro Coelhos, Recife-Pernambuco**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Bacharelado em
Geografia da Universidade Federal de
Pernambuco (UFPE), como requisito
obrigatório para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia.

Aprovado em: 26/09/2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 OSVALDO GIRÃO DA SILVA
Data: 04/10/2023 11:57:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profº Drº Osvaldo Girão da Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Doutorando: Riclaudio Silva Santos (Examinador 1)
Universidade Federal de Pernambuco

Doutorando: Jonas Herisson Santos de Melo (Examinador 2)
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo investigar a aplicação das geotecnologias na gestão de desastres naturais hidrológicos, com foco no bairro Coelhos, área vulnerável do Recife. A cidade do Recife, como muitas outras áreas urbanas, enfrenta desafios relacionados a esses eventos climáticos extremos. A urbanização desordenada, a falta de infraestrutura adequada, a omissão governamental para mitigação dos riscos e as mudanças climáticas aumentam a vulnerabilidade a desastres nas regiões urbanas. Nesse contexto, as geotecnologias desempenham um papel fundamental na compreensão e gestão desses riscos. A pesquisa tem como base a coleta e análise dos dados geográficos do bairro Coelhos, incluindo dados topográficos, hidrológicos, pluviométricos, uso do solo e informações socioeconômicas. Com base nesses dados, serão elaborados mapas temáticos e modelos espaciais para mapear essas áreas de risco e identificar os pontos mais propensos a inundações, enxurradas e alagamentos. Portanto, com base nos resultados obtidos, foi possível observar que o bairro Coelhos apresenta características físico-geográficas que o tornam suscetível a eventos de inundação e alagamento. Isso ocorre principalmente devido à sua topografia plana e à sua proximidade com cursos d'água. Além disso, em períodos de chuvas intensas, somado com a falta de uma infraestrutura adequada de drenagem e o aumento da impermeabilização do solo, influenciado pelo uso e ocupação da terra, contribuem para a ampliação dos riscos.

Palavras-chave: Vulnerabilidade Urbana; Eventos Climáticos Extremos; Geoprocessamento; Inundações e Alagamentos.

ABSTRACT

This undergraduate thesis aims to investigate the application of geotechnologies in the management of hydrological natural disasters, with a focus on the Coelhos neighborhood, a vulnerable area in Recife. The city of Recife, like many other urban areas, faces challenges related to these extreme weather events. Disordered urbanization, lack of adequate infrastructure, government negligence in risk mitigation, and climate change increase vulnerability to disasters in urban regions. In this context, geotechnologies play a fundamental role in understanding and managing these risks. The research is based on the collection and analysis of geographical data from the Coelhos neighborhood, including topographic, hydrological, rainfall, land use, and socioeconomic data. Based on this data, thematic maps and spatial models will be developed to map these risk areas and identify points most prone to floods, runoff, and inundation. Therefore, based on the results obtained, it was possible to observe that the Coelhos neighborhood exhibits physical-geographical characteristics that make it susceptible to flooding and inundation events. This is primarily due to its flat topography and proximity to watercourses. Additionally, during periods of heavy rainfall, coupled with the lack of adequate drainage infrastructure and increased soil impermeability influenced by land use and occupation, contribute to the amplification of risks.

Keywords: Urban Vulnerability; Extreme Weather Events; Geoprocessing; Flooding and inundation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Relações das geotecnologias.....	14
Figura 2 – Áreas do litoral do Nordeste com alto perigo de chuva registrado em maio de 2022 pelo INMET.....	16
Gráfico 1 – Crescimento da população urbana.....	17
Figura 3 – Fluxograma das consequências da urbanização para a dinâmica físico-natural	19
Figura 4 – Esquematização do evento “Poço dos Andes” baseada na sequência do satélite geoestacionário SMS-2 entre 13 e 18 de julho de 1975	22
Figura 5 – Precipitações observadas em 25 e 28 de maio na porção leste do Nordeste.....	24
Figura 6 – Mapa de localização	26
Figura 7 - Comunidade dos Coelhos.....	28
Figura 8 - Fluxograma da metodologia	30
Figura 9 - Mapa topográfico da área de estudo	33
Figura 10 – Mapa de declividade	35
Figura 11 – Usos e Cobertura do Recife-PE	36
Figura 12 – Simulação de áreas sujeitas a inundação	39
Figura 13 – Risco de Inundação no bairro dos Coelhos	40
Figura 14 – Simulação 3D para o bairro dos Coelhos	42
Figura 15 – Áreas de risco de inundação	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - classes de declividade proposta pela EMBRAPA, 1979	34
Tabela 2 – Valores em hectares dos Uso e Cobertura	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos Específicos	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 Geotecnologias	13
3.2 Áreas de Riscos de Desastres Climáticos no Brasil/Nordeste	15
3.3 A Defesa Civil no Brasil	20
3.4 Crescimento Urbano e os Eventos Climáticos Extremos	21
3.5 A urbanização do Recife e a problemática da drenagem urbana.....	23
3.6 Suscetibilidade a inundações da cidade do Recife	25
3.7 Eventos chuvoso de 2022 na RMR	27
4 METODOLOGIA	30
4.1 Área de Estudo.....	30
4.2 Materiais.....	33
4.3 Métodos.....	34
4.4 Seleção Espacial da Área	35
4.5 Coleta de Dados.....	35
4.6 Pós-Tratamento.....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 Perfil Topográfico	37
5.2 Declividade	38
5.3 Uso e Cobertura	40
5.4 Dados Socioeconômicos	41
5.5 Aplicação das Geotecnologias	42
5.6 Análise de Risco de Inundação	47
6 CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

A cidade do Recife é conhecida como a "Veneza brasileira" devido ao seu sistema fluvial complexo, composto por rios, canais e manguezais que cortam a cidade, de forma semelhante à cidade italiana de Veneza. No entanto, essa característica também traz desafios durante a temporada de chuvas intensas, especialmente nos meses de março e agosto. As altas precipitações as altas precipitações durante o outono-inverno podem resultar em inundações, enxurradas e alagamentos, afetando áreas vulneráveis da cidade. A intensificação de eventos climáticos extremos, representa riscos significativos para a cidade, exigindo a adoção de medidas adequadas de planejamento e gestão para minimizar os impactos decorrentes de índices pluviais extremos.

Para Panda e Amaratunga (2019), os eventos climáticos extremos podem resultar em consequências devastadoras para as cidades, colocando em risco a vida e o bem-estar dos habitantes, além de causar danos significativos à população, infraestrutura e ao meio ambiente físico-natural, que recebe inputs climáticos excessivos. Ao analisar os desafios enfrentados pelas cidades diante destes eventos, torna-se evidente a importância de adotar uma abordagem proativa e integrada. O conhecimento dos riscos específicos associados aos eventos hidrometeorológicos, bem como a compreensão das áreas afetadas mais suscetíveis e vulneráveis, é fundamental para orientar as estratégias de planejamento e gestão de riscos.

Nesse sentido, o uso de geotecnologias e técnicas de geoprocessamento tem se mostrado fundamental na identificação e análise dos riscos associados a eventos hidrometeorológicos desencadeadores processos intensos para a dinâmica superficial. Segundo Vasconcelos *et al.* (2017), o geoprocessamento possibilita a integração de dados geográficos com informações sobre características do terreno, hidrologia, cobertura vegetal, dentre outros fatores relevantes. Estas informações, especialmente referenciadas, permitem a identificação de áreas suscetíveis e vulneráveis, e a análise de padrões de riscos para tomada de decisões embasadas em dados concretos.

No contexto específico da cidade do Recife, localizada na região Nordeste do Brasil, existem áreas com riscos de desastres naturais hidrológicos, que são

classificados pelo COBRADE (Classificação e Codificação Brasileira de Desastres), como áreas sujeitas a inundações, as enxurradas e os alagamentos. As inundações ocorrem quando áreas além dos limites usuais de um curso de água são submersas em locais que normalmente não ficam inundados. Esse transbordamento ocorre gradualmente, geralmente devido às chuvas intensas e prolongadas em áreas planas. Enquanto as enxurradas são o escoamento superficial de água em alta velocidade e com grande energia, causado por chuvas intensas e concentradas, geralmente em pequenas bacias com relevo acidentado. Elas se caracterizam pelo aumento repentino do fluxo em um determinado curso d'água, levando a um transbordamento abrupto do canal fluvial. As enxurradas apresentam um poder destrutivo significativo. Já os alagamentos são extrapolação da capacidade de escoamento dos sistemas de drenagem urbana, que ocorre quando há um acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas devido às chuvas intensas. Sendo assim, devido à proximidade com corpos d'água e intensidade das chuvas em determinadas épocas do ano tornam a cidade suscetível a esses eventos.

Portanto, a pesquisa terá como objetivo principal compreender a dinâmica dos eventos climáticos extremos, examinar a suscetibilidade do terreno a inundações, as enxurradas e os alagamentos, e propor estratégias de mitigação e tomada de decisões baseadas em dados geográficos.

Com base nessas informações, será possível identificar áreas de maior vulnerabilidade e estabelecer diretrizes para ações preventivas e de mitigação. Além disso, espera-se contribuir para a conscientização da população sobre os riscos envolvendo os eventos climáticos extremos, garantindo maior informações e subsídios para as pessoas mais pobres, que são as mais afetadas por esses desastres. Desse modo, as geotecnologias aliadas a outras áreas de conhecimento, desempenham um papel crucial na construção de cidades resilientes diante dos desafios climáticos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é investigar como o uso das geotecnologias e suas técnicas podem contribuir para a gestão de riscos no bairro dos Coelho, Recife-

PE, visando à identificação e análise dos riscos de inundações, enxurradas e alagamentos em áreas vulneráveis desta localidade.

2.2 Objetivos Específicos

- Compreender a dinâmica de eventos de inundações, enxurradas e alagamentos na cidade do Recife.
- Avaliar as suscetibilidades de áreas de riscos na área objeto da pesquisa (bairro dos Coelhos), utilizando-se de geotecnologias e técnicas de geoprocessamento.
- Recomendar estratégias de mitigação aos riscos identificados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este estudo foi realizado utilizando uma abordagem metodológica que combina métodos qualitativos e quantitativos, visando obter uma análise abrangente e detalhada dos riscos de inundações, enxurradas e alagamentos na cidade do Recife, com ênfase para o bairro dos Coelhos, zona central da cidade. Sendo assim, nessa seção serão mostrados conceitos importantes que serviram de base para o desenvolvimento desta pesquisa, tal como para auxiliar na compreensão das análises e interpretação dos resultados.

3.1 Geotecnologias

As geotecnologias são um conjunto de tecnologias voltadas à coleta, ao processamento, à análise e à disponibilização de dados e informações espaciais. Podemos dizer que o geoprocessamento e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) podem desempenhar um papel fundamental para a análise espacial e a tomada de decisões, embasadas em dados geográficos (Figura 1). Conforme Rosa (2013), a observação e a representação da superfície terrestre têm se apresentado como fator relevante na organização e desenvolvimento das sociedades. Além disso, o conhecimento sobre a distribuição espacial dos recursos naturais, infraestrutura instalada, distribuição da população, entre outros, sempre fez parte das informações básicas sobre as quais eram traçados os novos rumos para ações de desenvolvimento regional.

No geral, o geoprocessamento é uma ferramenta que combina técnicas de informática e ciências geográficas para análise, a partir da manipulação e visualização de dados espaciais identificados. Por meio do geoprocessamento, é possível coletar, armazenar, processar e interpretar informações geográficas de forma integrada, proporcionando uma compreensão mais profunda dos fenômenos que ocorrem no espaço.

O geoprocessamento desempenha um papel fundamental no planejamento e na gestão de territórios, proporcionando uma visão abrangente e integrada das informações geográficas, possibilitando, a partir de técnicas e ferramentas avançadas,

a obtenção de informações precisas para o desenvolvimento sustentável e a tomada de decisões informadas.

No contexto da cidade do Recife, o geoprocessamento e os SIGs desempenham um papel crucial na identificação e análise de áreas de risco, relacionados a movimentos de massa, inundações e outros eventos naturais. Conforme apontado por Silva *et al.* (2019), o uso de técnicas de geoprocessamento e SIG no planejamento urbano permite a identificação de áreas vulneráveis, o mapeamento de riscos e a proposição de medidas de mitigação e adaptação para minimizar os impactos de eventos climáticos desencadeadores de processos superficiais.

Figura 1 – Relações das geotecnologias.



Fonte: GEOAPLICADA (2018).

As Geotecnologias, Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Geoprocessamento são áreas inter-relacionadas que desempenham um papel fundamental na análise e no gerenciamento de dados geográficos. Sendo assim, através do auxílio das geotecnologias é possível criar um mecanismo de gestão eficiente que reduza os riscos de desastres naturais hidrológicos. Conforme ressaltado por Bugs (2019), o geoprocessamento e os sistemas de informação geográfica são fundamentais no gerenciamento de riscos naturais, pois permitem a integração de dados espaciais, a análise espacial e a modelagem de cenários, fornecendo subsídios para a identificação de áreas de risco, a elaboração de planos de prevenção e a resposta eficiente a desastres naturais.

Portanto, o geoprocessamento e os sistemas de informação geográfica desempenham um papel fundamental no planejamento urbano, fornecendo subsídios para a análise espacial, identificação de áreas de risco, tomada de decisões embasadas em dados geográficos e promoção de um desenvolvimento urbano sustentável.

3.2 Áreas de Riscos de Desastres Climáticos no Brasil/Nordeste

Segundo o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), 8,2 milhões de brasileiros vivem em áreas de risco. A maioria localizadas no Sul, Sudeste e Nordeste, onde o relevo é mais acidentado e tende a propiciar riscos mais frequentes de inundações, deslizamentos e outros. Esses números alarmantes destacam a urgência de abordar a questão da gestão de riscos e desastres no país. A concentração de áreas de risco nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste não são apenas devidas as suas características geográficas, mas também falta de infraestrutura, zoneamento adequado, falta de medidas eficazes de prevenção, mitigação e resposta.

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) constatou que as cidades brasileiras situadas em zonas costeiras são mais vulneráveis às mudanças climáticas, em especial ao aumento do nível do mar, mas também a eventos como fortes chuvas, tempestades, inundações e erosão costeira, que causa destruição e impactos à infraestrutura desses municípios. Dessa forma, as regiões litorais são frequentemente propensas a sofrerem com inundações devido a uma série de fatores geográficos e climáticos que tornam essas áreas mais suscetíveis a esse tipo de evento. A proximidade com o oceano, a baixa altitude e a presença de rios e sistemas de drenagem que desembocam no mar são alguns dos principais elementos que contribuem para a ocorrência de inundações costeiras.

No caso específico do Recife, a cidade enfrenta desafios relacionados à sua localização geográfica, sendo uma área costeira que inclui uma extensa faixa litorânea inserida em área de riscos a inundações (Figura 2). A combinação entre as marés, as chuvas recorrentes e intensas no outono-inverno e o relevo relativamente plano da cidade contribuem para o aumento do risco de inundação e mesmo de movimentos de massa.

Figura 2 – Áreas do litoral do Nordeste com alto perigo de chuva registrado em maio de 2022 pelo INMET.



Fonte: INMET (2022).

Os efeitos das inundações em áreas costeiras como Recife são significativos, afetando tanto a população residente quanto às atividades econômicas locais. Os prejuízos podem incluir danos à infraestrutura, perda de propriedades, interrupção de serviços essenciais, impacto na saúde pública e deslocamento da população.

3.3 A Defesa Civil no Brasil

A história da Defesa Civil no Brasil tem suas raízes na Segunda Guerra Mundial, quando países envolvidos no conflito começaram a implementar ações de proteção e segurança para suas populações. No Brasil, a preocupação com a segurança da população surgiu após o afundamento de navios de passageiros na costa brasileira, resultando na criação do primeiro esboço de Defesa Civil em 1942. A Inglaterra foi o primeiro país a instituir a Defesa Civil após os ataques sofridos durante a guerra. No Brasil, a notícia dos afundamentos levou a população a exigir respostas do governo, resultando na criação do Serviço de Defesa Passiva Antiaérea e posteriormente do Serviço de Defesa Civil em 1943. No entanto, esses órgãos foram extintos em 1946.

Atualmente, a Defesa Civil no Brasil se organiza em sistemas abertos, com a participação dos governos locais e da população, seguindo o princípio da Defesa Comunitária. O país começou a se estruturar de forma mais sólida após fortes chuvas e deslizamentos ocorridos na região Sudeste em 1966 e 1967. Foi criado um grupo

de trabalho que elaborou o Plano Diretor de Defesa Civil do Estado da Guanabara, estabelecendo as primeiras coordenadorias regionais de Defesa Civil.

A década de 90 marcou um importante avanço na área, com a elaboração do Plano Nacional de Redução de Desastres, a criação da Política Nacional de Defesa Civil e a classificação e codificação dos desastres. Na década de 2000, houve um foco maior no gerenciamento de desastres e na capacitação de agentes locais de defesa civil. No século XXI, destacam-se a implantação do Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil, a construção do Banco de Dados de Registros de Desastres, o mapeamento dos riscos de desastres no Brasil e a aprovação da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Além disso, foram realizadas conferências nacionais para fortalecer as instituições de Defesa Civil municipais e avançar nas ações de gestão de riscos e desastres.

3.4 Crescimento Urbano e os Eventos Climáticos Extremos

O crescimento urbano no Brasil desempenha um papel significativo na relação com os eventos climáticos extremos (Gráfico 1). À medida que as cidades se expandem e se desenvolvem, surgem desafios cada vez maiores em relação à adaptação e mitigação dos efeitos de tais eventos, principalmente para populações que habitam áreas susceptíveis a processos superficiais dependentes da dinâmica climática, como movimentos de massa, inundações e alagamentos.

Gráfico 1 – Crescimento da população urbana



Fonte: ONU e BBC/Brasil.

Como mostra o gráfico da Gráfico 1, o avanço da população urbana no Brasil tem sido uma tendência marcante nas últimas décadas. O país passou por um intenso processo de urbanização, com um rápido crescimento das cidades e um aumento significativo da população que reside nas áreas urbanas, principalmente aqueles que compõem regiões metropolitanas.

Este crescimento populacional nas áreas urbanas apresenta desafios significativos para as cidades. A demanda por habitação, infraestrutura, transporte, saneamento básico, saúde e educação aumenta consideravelmente, colocando maior exigência sobre os serviços públicos e a capacidade de planejamento e gestão urbana. É importante ressaltar que este avanço da população urbana também traz consigo desafios socioeconômicos, como a desigualdade social, o acesso desigual aos serviços básicos e a segregação espacial. Muitas vezes, o crescimento horizontal desordenado das cidades resulta em moradias informais, onde as condições de vida são precárias e o acesso a serviços básicos é limitado.

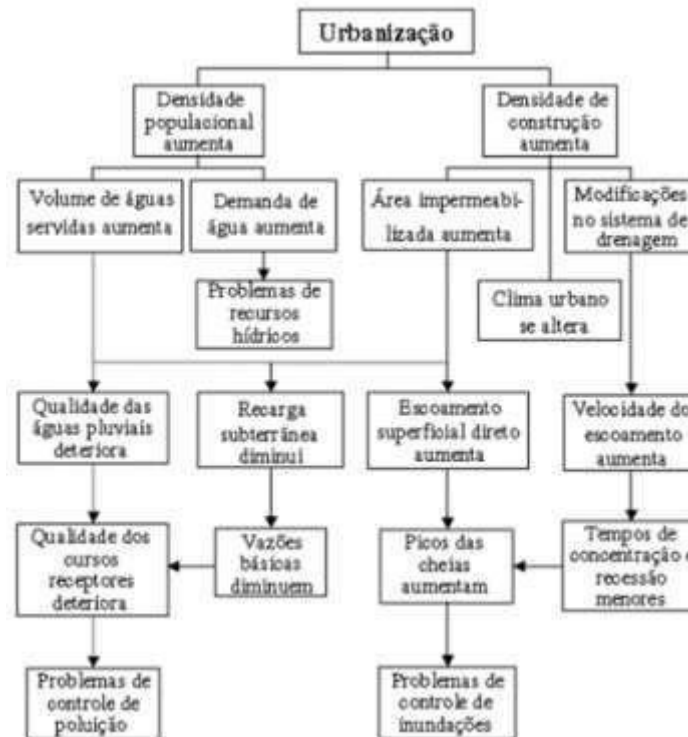
De acordo com Carvalho et al. (2016), a ocupação de encostas íngremes, a impermeabilização de terrenos e a falta de áreas de drenagem adequadas são exemplos de práticas que podem contribuir para o agravamento dos riscos em áreas urbanas (Figura 3). Sendo assim, o crescimento urbano acelerado e o consequente crescimento populacional destes espaços têm levado à ocupação de áreas suscetíveis a processos naturais que são intensificados e tornam-se cada vez mais recorrentes, aumentando a exposição e a vulnerabilidade das populações urbanas a estes.

As prováveis mudanças climáticas estão cada vez mais evidentes, pois eventos climáticos, como tempestades mais intensas, ondas de calor, secas prolongadas e elevação do nível do mar, têm se tornado mais frequentes e intensos devido às mudanças climáticas globais. Tais mudanças, que podem resultar na intensificação de determinados eventos, são potencializadas em áreas urbanas devido ao adensamento populacional vulnerável e em risco.

É importante evidenciar a complexidade dos riscos em áreas urbanas, isso porque os riscos são resultantes da interação entre aspectos naturais (susceptibilidade) e antrópicos (vulnerabilidade), como afirma Farias et al. (2022), os riscos de movimentos de massa, inundações e alagamentos em áreas urbanas estão intrinsicamente ligados a fatores físicos, como declividade do terreno, geologia e

hidrologia local, bem como a fatores humanos, como ocupação desordenada, falta de infraestrutura adequada.

Figura 3 – Fluxograma das Consequências da urbanização para a dinâmica físico-natural.



Fonte: HALL (1984) *apud* TUCCI (2004)

Portanto, a compreensão dos riscos, que podem levar a desastres naturais hidrológicos é fundamental para a implementação de medidas de prevenção, mitigação e resposta. Segundo Pereira (2017), a análise integrada de fatores físicos, socioeconômicos e ambientais, utilizando ferramentas como geoprocessamento e sistemas de informação geográfica, pode contribuir para a identificação de áreas de risco, a elaboração de planos de contingência e a promoção de um planejamento urbano mais seguro e resiliente.

3.5 A urbanização do Recife e a problemática da drenagem urbana

A urbanização do Recife, assim como de muitas outras cidades ao redor do mundo, trouxe consigo uma série de desafios relacionados à drenagem urbana. O processo de crescimento urbano acelerado, muitas vezes desordenado, resultou na

ocupação de áreas que originalmente possuíam funções de drenagem natural, como rios, córregos e áreas de várzea.

O início da urbanização na cidade do Recife remonta ao século XVI, período em que a área atual da cidade ainda fazia parte da Vila de Olinda. Naquela época, Olinda era a principal cidade da Capitania de Pernambuco, uma região estratégica para a colonização portuguesa devido à sua posição litorânea e ao potencial econômico proporcionado pela produção de açúcar.

Com o crescimento da produção açucareira e o consequente aumento da atividade econômica na região, a necessidade de um porto mais acessível e seguro levou à ocupação da área onde hoje está localizado o Recife. A localização geográfica privilegiada, com uma rede de rios e manguezais, oferecia condições favoráveis para o desenvolvimento de um porto natural. No entanto, a urbanização do Recife também trouxe desafios e problemas, incluindo a questão da drenagem urbana. O crescimento acelerado e desordenado da cidade, aliado às características geográficas da região, como a planície costeira e a presença de rios, exigiu a implementação de sistemas de drenagem eficientes para lidar com as chuvas intensas e evitar problemas como alagamentos e inundações.

De acordo com (CAVALCANTI, 2017), houve um aumento substancial na ocupação urbana, com a expansão de áreas construídas para acomodar o crescimento demográfico e a demanda por infraestrutura urbana. Por outro lado, houve um declínio na presença de vegetação, que é resultado direto da expansão urbana, que demandou o desmatamento e a substituição de áreas verdes por construções e vias urbanas. Isso ocasiona um aumento expressivo na vazão de escoamento superficial, que registra um incremento de 97%. Em suma, devido ao crescimento urbano e ao número de vias, gerou um aumento da quantidade de água que escoar rapidamente pela superfície urbana durante eventos de chuva intensa.

Portanto, essas transformações na área edificada, cobertura vegetal e vazão de escoamento superficial têm impactos significativos no ambiente urbano do Recife. A redução da cobertura vegetal e o aumento na impermeabilização do solo interferem no ciclo hidrológico natural, aumentando o risco de inundações e afetando a disponibilidade de água nas áreas urbanas.

3.6 Suscetibilidade a inundações da cidade do Recife

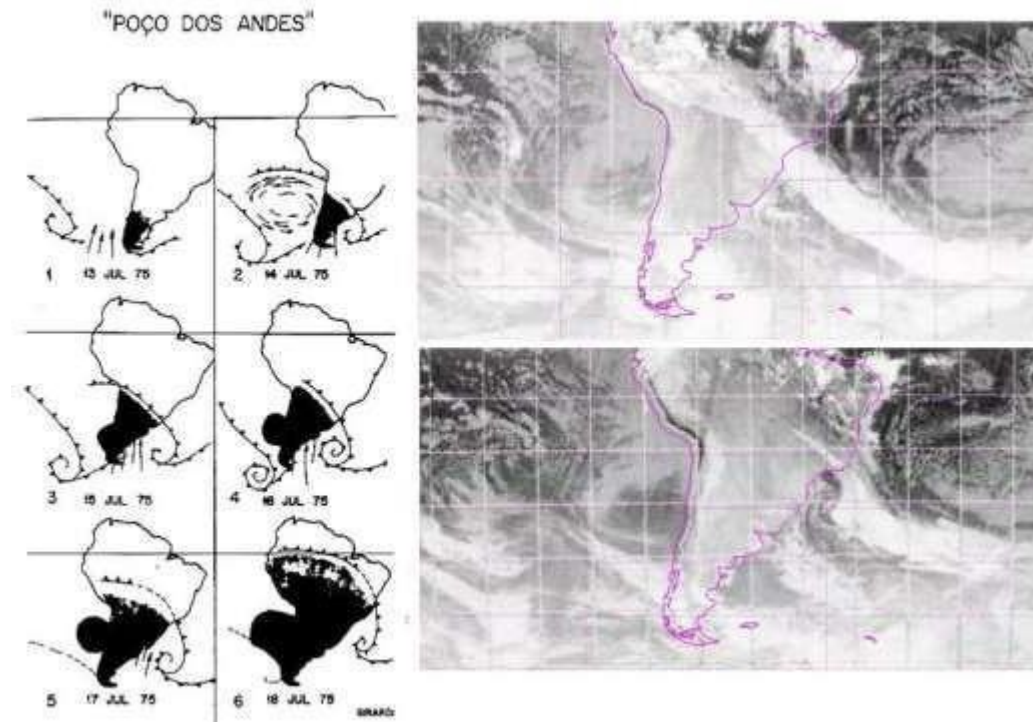
As inundações são eventos recorrentes na cidade do Recife, com registros históricos ao longo dos anos. Diversos fatores contribuem para a ocorrência desses eventos, sendo um deles o fato de o Recife ser cortado por uma rede extensa de canais, rios e corpos d'água. A cidade também apresenta características geográficas, como a sua localização em áreas costeiras baixas e a presença de terrenos impermeabilizados devido ao crescimento urbano desordenado.

No decorrer da história, o Recife vivenciou inundações significativas que causaram danos à infraestrutura urbana e afetaram a população. Alguns eventos notáveis incluem a inundação de 1975. As águas da chuva se acumularam rapidamente nas áreas urbanas, principalmente nos bairros de Brasília Teimosa, Afogados e Dois Unidos, que foram os mais afetados. As inundações foram resultadas do transbordamento de rios e canais, alagando ruas, casas, estabelecimentos comerciais e áreas de baixa altitude.

Na terceira semana de julho de 1975, o Brasil enfrentou uma intensa incursão de ar polar, considerada uma das mais intensas das últimas décadas. Esse ar gelado, conhecido como "Poço dos Andes" devido à sua trajetória continental pelo interior da América do Sul, atingiu diversas áreas do país. O evento de frio foi tão extraordinário que provocou geada em vários estados, inclusive no Sul da Amazônia e no Brasil Central, e trouxe um episódio de neve no Sul do Brasil, inclusive na cidade de Curitiba.

No Nordeste do Brasil, enquanto a frente fria progredia pelo país, uma vigorosa Onda de Leste atuava na porção leste regional. As Ondas de Leste é um fenômeno que provoca forte calor na região do Oceano Atlântico, próximo à costa da África, influenciando nos campos de vento e de pressão. Na costa de Pernambuco, isso chega empurrado pelos ventos e se traduz na formação de muitas nuvens com chuvas fortes no período que engloba o outono e inverno na região, ou seja, entre maio e o início de agosto. Geralmente possuem um período de 3 a 4 dias, essas ondas podem causar enchentes e deslizamentos de terra, além de afetar todo funcionamento urbano.

Figura 4 – Esquematização do evento “Poço dos Andes” baseado na sequência do satélite geoestacionário SMS-2 entre 13 e 18 de julho de 1975.



Fonte: MASTER/IAG/USP/NOAA/METSUL.

Nesse contexto, torna-se evidente que os eventos climáticos têm o potencial de exercer impactos significativos e, em muitos casos, devastadores, tanto na infraestrutura das cidades quanto na vida das populações mais vulneráveis que nelas residem.

As cidades, como centros de concentração populacional e atividade econômica, muitas vezes enfrentam desafios ainda mais complexos quando se trata de lidar com os impactos dos eventos climáticos. A urbanização desordenada, a falta de infraestrutura adequada, o crescimento não regulamentado e a ocupação de áreas de risco contribuem para a amplificação desses impactos negativos.

É nas populações mais vulneráveis, muitas vezes concentradas em áreas de baixa renda e com acesso limitado a serviços básicos, que esses impactos climáticos tem maior intensidade. Essas comunidades, como a do bairro Coelhos, enfrentam dificuldades como acesso a moradia segura durante eventos climáticos extremos.

3.7 Eventos chuvoso de 2022 na RMR

Em 2022, a Região Metropolitana do Recife (RMR) vivenciou uma série de eventos climáticos significativos que tiveram um impacto forte impacto em áreas centrais e periféricas da cidade. As chuvas foram mais intensas nos dias 25 e 28 de maio, com 100 200 mm e 151–250 mm, respectivamente. Isso coincidiu com os distúrbios das ondas de leste.

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), são perturbações no campo de vento e pressão que atuam na faixa tropical do globo terrestre, em área de influência dos ventos alísios, que se deslocam desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Geralmente, esse evento costuma contribuir para chuvas nos estados do leste do Nordeste. Essas chuvas intensas levam a uma série de consequências negativas para a cidade. Ocasionalmente, inundações generalizadas que ocorreram em várias áreas, resultando em alagamentos em ruas, casas e estabelecimentos comerciais. Além disso, o sistema de drenagem da cidade ficou sobrecarregado, levando ao transbordamento de rios e canais.

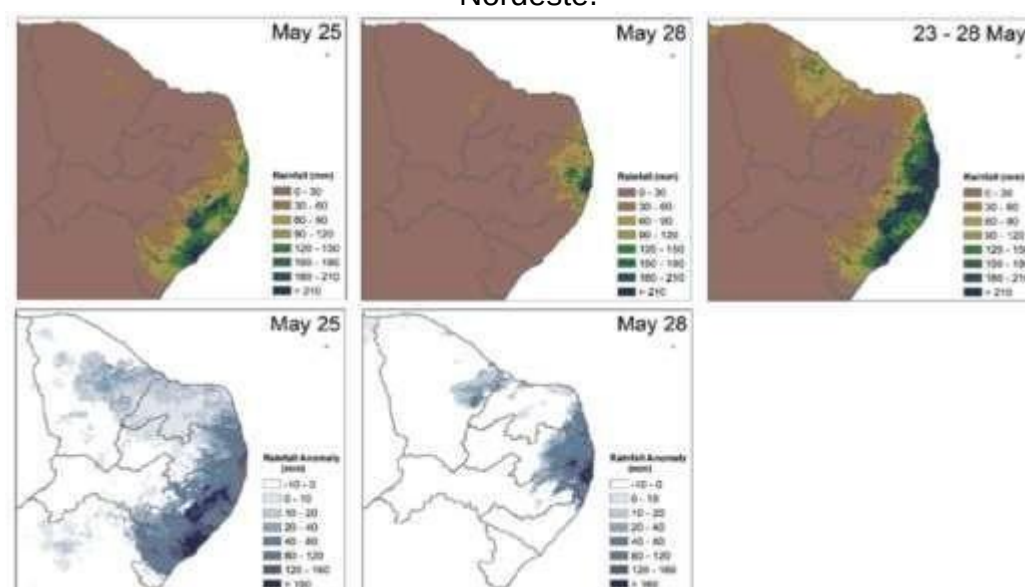
Esse evento climático resultou em uma série de danos na infraestrutura da RMR, levando à perda de moradias e causando deslizamentos e inundações em vários pontos urbanos. Essas condições adversas afetaram diretamente a segurança das pessoas. Além disso, a falta de infraestrutura adequada, como sistemas de drenagem eficientes e canais de escoamento adequados, contribuíram para agravar os problemas enfrentados pela população.

De acordo com o levantamento realizado pela Confederação Nacional de Municípios (CNM), com base nos dados das defesas civis municipais, os primeiros cinco meses de 2022 registraram um preocupante aumento no número de óbitos decorrentes de desastres causados pelo excesso de chuva no Brasil. O total de 457 mortes representa um aumento significativo de 57% em relação ao ano anterior, quando foram contabilizadas 290 vítimas fatais ao longo de todo o ano.

Nesse cenário, o Recife e a RMR destacaram-se como uma das áreas mais afetadas pela tragédia em Pernambuco neste século, com o registro de 128 mortes. Em 28 de maio de 2022, quase 17% de toda a área urbana do Recife foi atingida por inundações e movimentos de massa decorrentes de fortes chuvas (Figura 5). Esses eventos trágicos são reflexo de uma sociedade marcada pela desigualdade, em que a maioria das pessoas não possui acesso a uma moradia adequada e segura.

Portanto, a situação alarmante apresentada pelos números de óbitos decorrentes de desastres causados pelo excesso de chuva no Brasil nos primeiros meses de 2022 revela a urgência de medidas efetivas para lidar com esse desafio. O Recife com seus registros trágicos e uma extensa área urbana afetada pelas enchentes, são um lembrete doloroso das desigualdades sociais que permeiam nossa sociedade. Garantir o acesso a moradias adequadas e seguras para todos é fundamental para mitigar os impactos desses eventos climáticos e proteger a vida das pessoas.

Figura 5 – Precipitações observadas em 25 e 28 de maio na porção leste do Nordeste.



Fonte: Marengo et al. (2022).

Segundo informações disponíveis pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN/MCTI), durante os dias 25 a 30 de maio, a cidade do Recife registrou uma precipitação total de 551 mm, o que representa um valor 140 mm acima da média para o mês de maio. Os dias mais chuvosos foram 25 e 28 de maio, com quantidades de chuva variando entre 100-200 mm e 151-250 mm, respectivamente. Esses eventos coincidiram com distúrbios das ondas de leste.

O dia 28 de maio foi o mais impactado, devido à influência de uma frente fria significativa. Como resultado, catorze municípios da região metropolitana do Recife decretaram estado de emergência. A Defesa Civil de Pernambuco relatou que aproximadamente 130 mil pessoas foram afetadas pelas chuvas na região. A maior parte das precipitações intensas ocorreu em áreas com vulnerabilidade geológica

média a muito alta em relação a deslizamentos de terra e eventos hidrológicos extremos.

De acordo com Oliveira et al. (2018), os deslizamentos de terra e as inundações são eventos recorrentes no Recife, resultantes da combinação de fatores naturais, como a topografia acidentada e a alta pluviosidade, e fatores antrópicos, como o crescimento desordenado da cidade e a falta de infraestrutura adequada. Sendo assim, a importância de considerar tanto os aspectos naturais quanto os aspectos relacionados à ocupação urbana na compreensão dos deslizamentos e inundações na cidade.

Além disso, estudos têm se concentrado em avaliar os impactos socioeconômicos e ambientais desses eventos. Conforme apontado por Santos et al. (2019), os deslizamentos de terra e as inundações no Recife têm causado danos significativos, afetando moradias, infraestruturas, meios de subsistência e o ambiente natural, destacando a necessidade de ações de mitigação e adaptação. Dessa forma, é de extrema importância buscar soluções que reduzam os impactos dos deslizamentos de terra e das inundações na cidade. Esses eventos recorrentes podem causar danos significativos às pessoas, à infraestrutura e ao meio ambiente.

Portanto, é necessário a ampliação do conhecimento acerca dos fatores de risco e vulnerabilidade associados a esses eventos, bem como na identificação de estratégias eficazes de prevenção e mitigação. Além disso, com o suporte das geotecnologias, é possível desenvolver estratégias de planejamento urbano que visem minimizar os impactos negativos desses eventos e garantir a segurança da população.

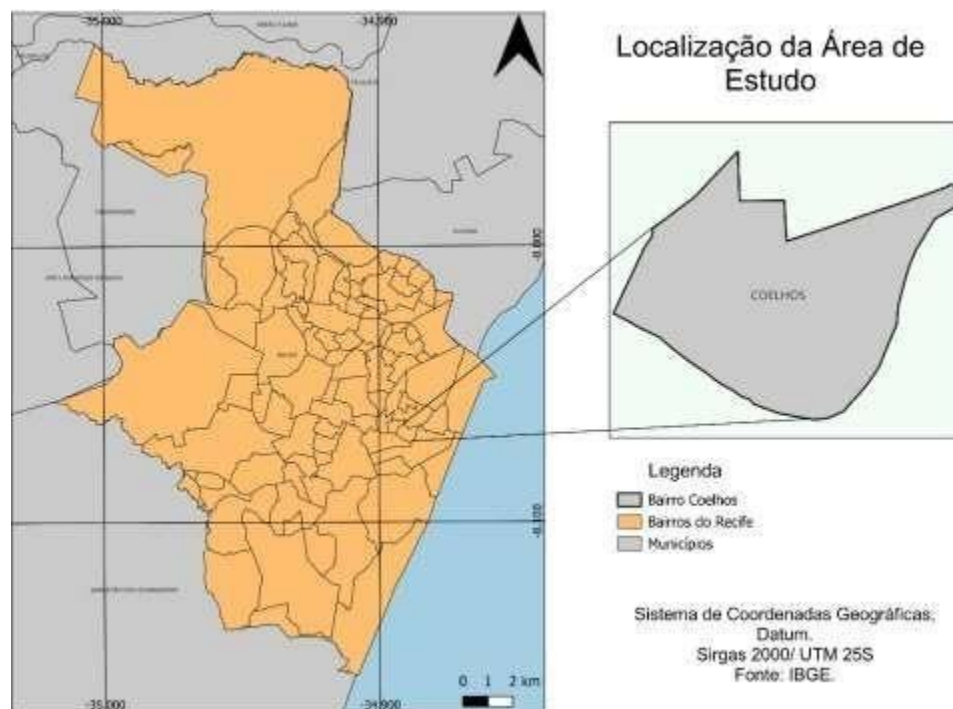
4 METODOLOGIA

Os tópicos abordados nesta seção são importantes para o procedimento metodológico desta dissertação, e eles serão aplicados ao bairro Coelhos, localizado na cidade do Recife. A área de estudo escolhida compreende os limites do bairro Coelhos, que são áreas urbanas sujeitas a desafios específicos, como inundações, enxurradas e alagamentos. Esse bairro foi selecionado devido à sua relevância no contexto do Recife e à necessidade de compreender os riscos naturais e a desigualdade espacial de moradias nessas áreas.

4.1 Área de Estudo

A área selecionada está localizada no município do Recife, Pernambuco, Brasil. O bairro Coelhos será exemplo de como o uso das geotecnologias, as técnicas de geoprocessamento e sistemas de informação geográfica (SIG) pode contribuir para a identificação de áreas prioritárias de riscos de desastres naturais hidrológicos.

Figura 6 – Mapa de localização



Fonte: Autor.

O bairro Coelhos está localizado na zona central do Recife, compondo a Primeira Região Político-administrativa. A formação desse espaço passou por vários processos históricos, durante o século XVI, as cidades do Recife e Olinda receberam muitos imigrantes judeus que fugiam das perseguições inquisitórias existentes na Península Ibérica. De acordo com Kaufman (2000), durante a ocupação holandesa vieram para o Recife judeus, alemães e poloneses, fugindo da Guerra dos Trinta Anos (1620), e dos massacres de 1648 e 1649. Desconhece-se o tamanho exato da população judaica em Pernambuco, após o descobrimento. Mas, os pesquisadores estimam que, durante o domínio holandês, viviam no Recife cerca de 300 judeus (MELLO, 1996).

Durante o período de dominação flamenga, o atual bairro Coelhos era conhecido como Cemitério dos Judeus, devido aos sepultamentos de judeus que ocorriam lá. No passado, foi identificado em mapas como o local do cemitério judaico, e historiadores conseguiram delimitar a área onde ele provavelmente estava localizado. As terras do bairro Coelhos foram adquiridas pelos descendentes da família Coelhos Cintra e ficaram conhecidas como Sítio dos Coelhos. Mais tarde, em 1824, foram adquiridas pelo governo para abrigar um matadouro e currais de gado.

Desde então, o bairro Coelhos passou por transformações urbanas e socioeconômicas, acompanhando o desenvolvimento da cidade do Recife. Sua localização central e estratégica fez com que se tornasse um importante ponto de acesso e passagem para diversas atividades comerciais e culturais da cidade. Atualmente, o bairro Coelhos enfrenta desafios relacionados à sua localização geográfica e às condições naturais da área. Sua proximidade com corpos d'água, como rios e canais, torna-o mais suscetível a eventos de inundação. A necessidade de compreender e lidar com esses desafios tem impulsionado estudos e ações voltadas para a prevenção e gestão de riscos na região.

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a área territorial do bairro Coelhos é equivalente a 39,9 ha. Com uma população residente de 7.633 habitantes, o bairro Coelhos é marcado pela presença de moradias construídas em áreas alagadas, às margens do rio Capibaribe (Figura 7). Além disso, faz parte das Zonas Especiais de Interesse Social no bairro (ZEIS). As ZEIS são áreas delimitadas onde são implementadas políticas públicas de habitação, visando a regularização fundiária, a melhoria das condições habitacionais e o

desenvolvimento social. Elas são destinadas prioritariamente a famílias de baixa renda, que muitas vezes vivem em áreas precárias e de risco.

Figura 7 - Comunidade dos Coelho.



Fonte: Luiz Rangel/ CAU-PE.

Durante o período extremo de chuvas na cidade, grande parte das áreas do bairro Coelho sofrem com o risco de alagamentos, deslizamentos de encostas e transbordamentos de rios devido ao grande volume de precipitação. De acordo com o Inmet, chuvas intensas com volumes entre 100 a 150 mm em um curto período de tempo podem levar a situações de inundação em áreas urbanas, incluindo o bairro Coelho.

As condições físicas do solo do bairro Coelho, em Recife, é o solo aluvial. O solo aluvial é formado por depósitos de sedimentos trazidos pelos rios ao longo do tempo. Esses sedimentos são compostos principalmente por areia, argila, silte e matéria orgânica. Devido à sua origem fluvial, o solo aluvial geralmente apresenta boa fertilidade e capacidade de retenção de água. No entanto, ele também pode ser suscetível a inundações, uma vez que sua composição porosa permite que a água seja facilmente absorvida, podendo saturar e levar a alagamentos em caso de chuvas intensas.

Em diferentes partes do bairro Coelhos, especialmente em áreas urbanizadas onde houve intervenção humana, como aterramento, pavimentação e construção de edificações. Nessas áreas, é comum encontrar solos mais compactados e menos permeáveis devido à urbanização, o que pode afetar a drenagem natural e aumentar o risco de inundações em épocas de chuvas intensas. Sendo assim, esses casos de inundação destacam a necessidade de medidas de planejamento urbano e infraestrutura adequada para minimizar os impactos das chuvas no bairro Coelhos.

4.2 Materiais

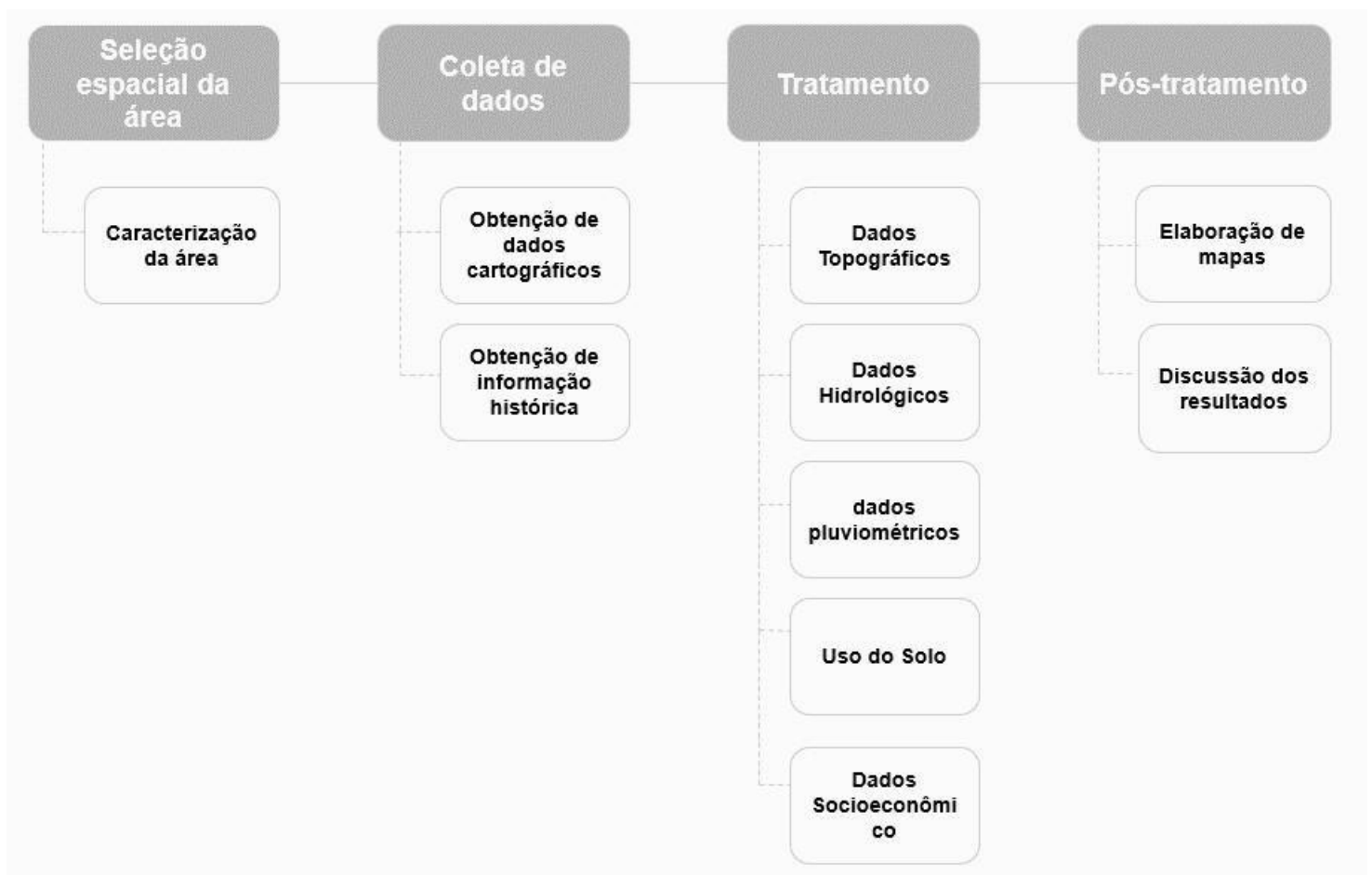
A pesquisa foi conduzida utilizando uma variedade de materiais e recursos, visando uma avaliação abrangente do risco de deslizamento e inundação. Os principais elementos utilizados incluem:

- Dados obtidos de fontes, como o IBGE, CONDEPE e Prefeitura do Recife, por meio de arquivos shapefiles. Esses dados fornecem informações geográficas relevantes sobre a região, como limites territoriais, infraestrutura, drenagem e cobertura vegetal.
- Informações sobre precipitação pluviométrica e histórico de inundações, que ajudam a identificar padrões climáticos e eventos passados relacionados a essas situações.
- Utilização da plataforma Google Earth Engine, que oferece ferramentas para visualização e análise de dados geoespaciais, permitindo uma visão mais precisa da área de estudo.
- Uso do software QGIS (versão 3.30.3), uma ferramenta de análise geoespacial, para processar e interpretar os dados coletados.

4.3 Métodos

A metodologia aplicada no desenvolvimento desta pesquisa está representada no fluxograma a seguir (Figura 8):

Figura 8 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Autor.

4.4 Seleção Espacial da Área

O bairro Coelhos, localizado na cidade de Recife, apresenta diferentes formas de vulnerabilidade em relação aos riscos de desastres naturais hidrológicos, devido às suas características geográficas e ambientais.

Outro fator importante sobre o bairro de Coelhos, é a sua suscetibilidade a eventos climáticos, isso porque devido à sua localização em áreas de baixada e à proximidade de corpos d'água, como rios e canais. Essas características aumentam o risco de alagamentos e inundações durante períodos de chuvas intensas, quando os sistemas de drenagem podem ser sobrecarregados e incapazes de escoar a água adequadamente. Além disso, a presença de áreas impermeabilizadas, como ruas asfaltadas e edifícios, contribui para o acúmulo de água e o agravamento dos problemas de inundação.

4.5 Coleta de Dados

Durante o processo de coleta de dados para a análise de risco de deslizamento e inundação, foram consultadas várias fontes de informação essenciais. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Agência Nacional de Águas (ANA), o Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social de Pernambuco (CONDEPE), a Prefeitura do Recife, essas foram algumas das fontes utilizadas.

Para o bairro Coelhos, foram obtidos dados sobre a Hidrologia, Drenagem, Uso do solo e cobertura vegetal, Infraestrutura de drenagem, Zoneamento e planejamento urbano. Desse modo, a análise da hidrologia permite compreender o comportamento das águas na área, incluindo a identificação de cursos d'água, a delimitação de bacias hidrográficas e a análise dos níveis de água em períodos de chuva intensa. A partir desses dados, é possível identificar as áreas de maior suscetibilidade a inundações.

Portanto, essas instituições forneceram dados para compreender melhor as características socioeconômicas, geográficas e hidrológicas das áreas de estudo. Sendo assim, a combinação dessas fontes de informação permitiu uma abordagem abrangente e integrada na análise de risco de deslizamento e inundação, fornecendo dados relevantes para a compreensão das condições locais e a adoção de medidas de mitigação apropriadas.

4.6 Pós-Tratamento

Com os dados obtidos em formato shapefiles, fornecidos pelas instituições de pesquisa das áreas. A utilização do software QGIS foi essencial nesse processo, permitindo o tratamento e a análise integrada dos dados coletados.

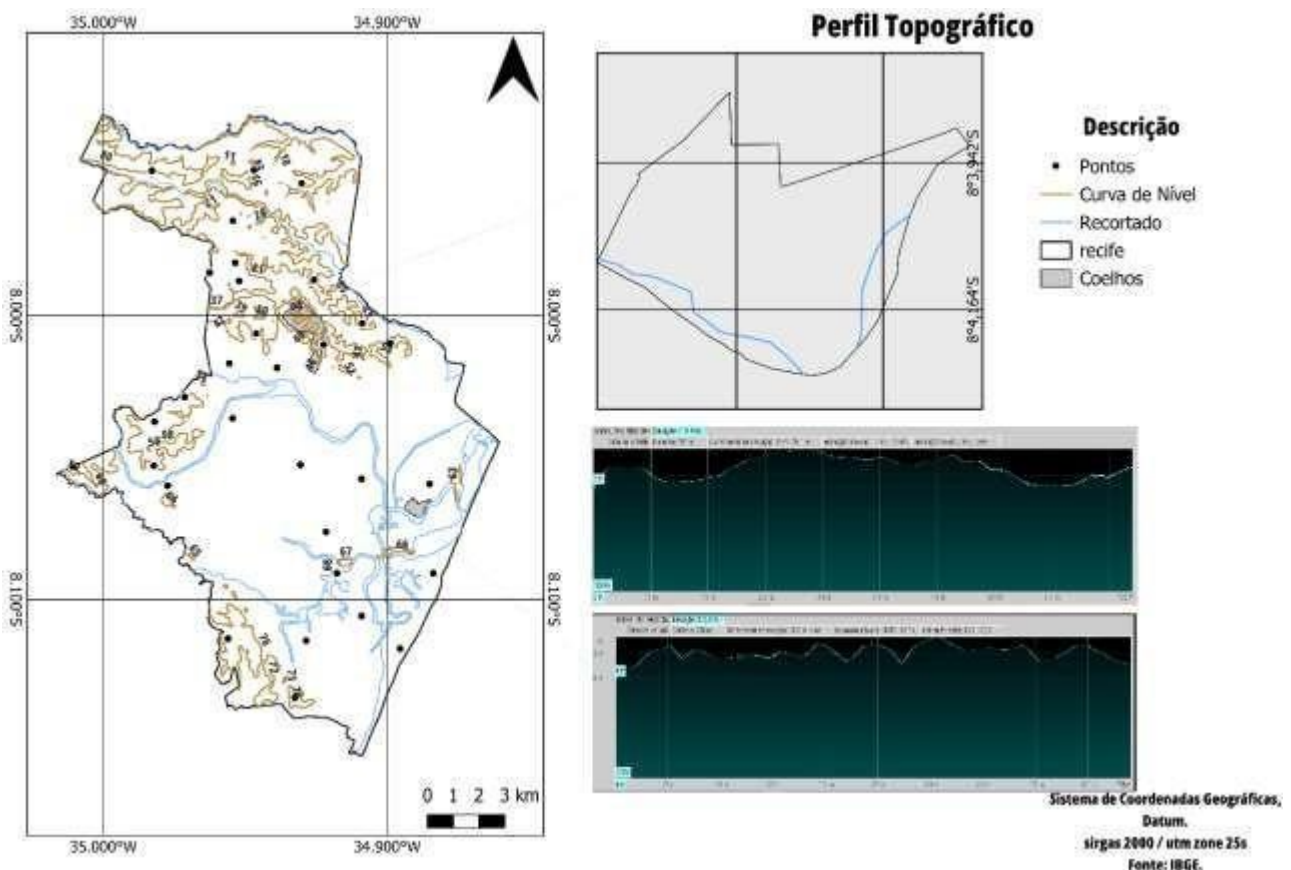
O software QGIS oferece ferramentas e recursos que permitem o tratamento e a integração desses diferentes conjuntos de dados. Através da sua interface, é possível importar, visualizar e analisar os dados geoespaciais relacionados à topografia, dados hidrológicos, dados pluviométricos, uso do solo, dados socioeconômicos e drenagem. Além disso, o QGIS também permite a realização de análises espaciais avançadas, como a sobreposição de camadas e a geração de mapas temáticos, facilitando a identificação das áreas de risco. Dessa forma, a partir dos mapas temáticos elaborados, foi possível analisar os riscos de deslizamento e inundação na área de estudo. Eles facilitam a compreensão dos dados e permitem que gestores, autoridades e comunidades tomem decisões informadas para mitigar os riscos e planejar ações de prevenção e resposta.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos sobre o bairro Coelhos, serão apresentados mapas temáticos que destacam as áreas de estudo e os problemas relacionados aos riscos de desastres naturais hidrológicos. Esses mapas são ferramentas visuais essenciais para compreender a distribuição espacial desses riscos e identificar as áreas mais vulneráveis.

5.1 Perfil Topográfico

Figura 9 - Mapa topográfico da área de estudo



Fonte: Autor.

O bairro Coelhos, situado na área central da cidade, caracteriza-se por não apresentar variações topográficas no terreno. Grande parte de sua área é plana ou possui declives suaves (Figura 9). No entanto, é importante destacar que o rio

Capibaribe percorre uma extensa faixa da região, com algumas áreas situadas apenas de 2 a 6 metros acima do nível do rio. Essa proximidade com o rio e a condição de áreas planas e com declive suave tornam algumas regiões do bairro suscetíveis a inundações, especialmente em períodos de chuvas intensas. Além disso, algumas áreas urbanas sofrem com alagamentos.

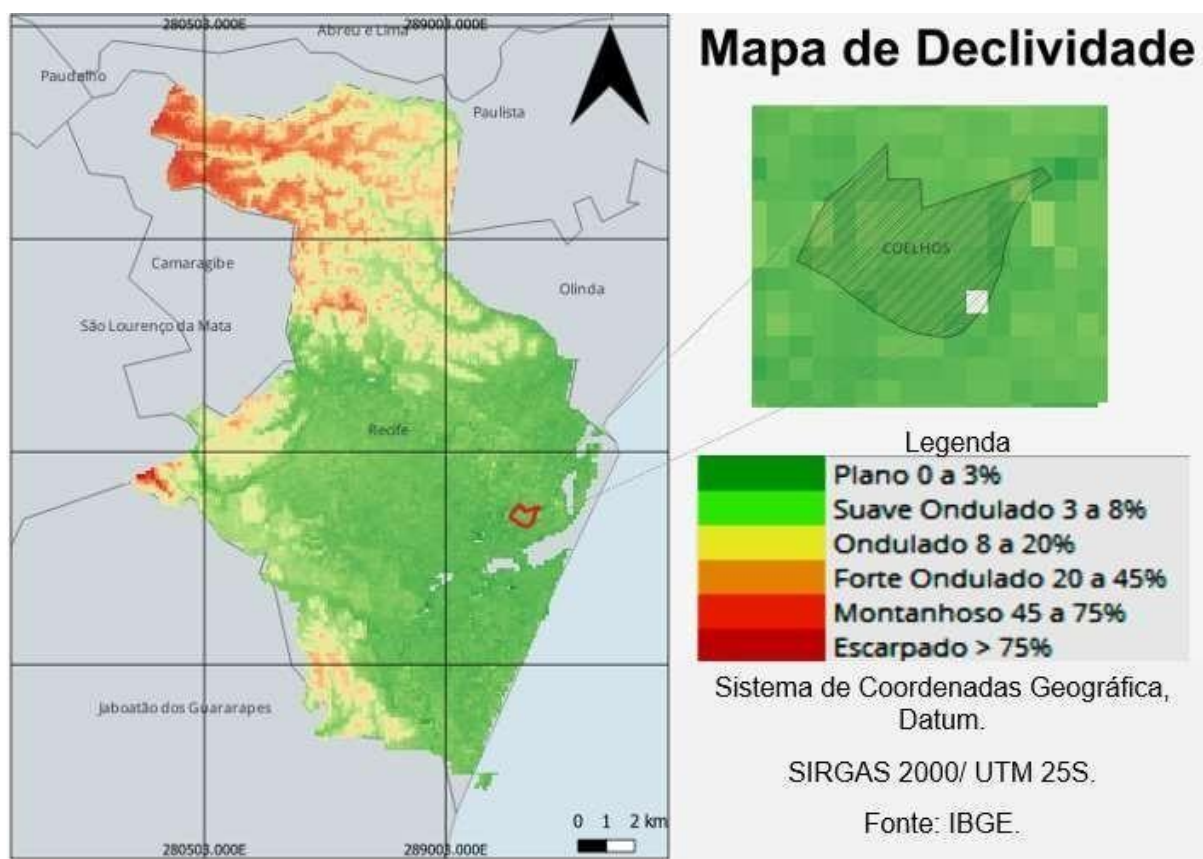
5.2 Declividade

Como mostra a figura relativa à declividade (Figura 10) e, de acordo com a EMBRAPA, o bairro Coelhos está situado em uma região de menor altitude, com terrenos mais planos e declives suaves (Tabela 1) (Figura 10).

Tabela 1 - classes de declividade proposta pela EMBRAPA.

Classes de Declividade	Limites Percentuais (%)
Plano	0-3
Suave Ondulado	3-8
Ondulado	8-20
Forte - ondulado	20-45
Montanhoso	45-75
Escarpado	> 75

Fonte: EMBRAPA, 1979.

Figura 10 – Mapa de declividade

Fonte: Autor.

Essas características topográficas são importantes para compreender a suscetibilidade da área. O bairro Coelho, apresenta uma declividade plana, onde pode haver dificuldades na drenagem adequada das águas pluviais. Com pouca inclinação, a água da chuva tende a se acumular e escoar lentamente, especialmente se o sistema de drenagem não estiver adequadamente dimensionado ou em bom estado de conservação. Isso pode levar a alagamentos durante chuvas intensas, causando transtornos para os moradores e danos às propriedades.

Além disso, em áreas com declividade plana, há maior probabilidade de que as vias urbanas e os lotes estejam pavimentados, o que reduz a capacidade de infiltração do solo. Com menos áreas permeáveis para absorver a água, o escoamento superficial aumenta, sobrecarregando o sistema de drenagem existente e aumentando o risco de inundações.

A suscetibilidade a desastres hidrológicos nesse tipo de terreno pode ser agravada se o bairro estiver localizado próximo a corpos d'água, como rios, córregos

ou lagos, que também podem sofrer com a capacidade de escoamento limitada. Nesses casos, a possibilidade de transbordamento e inundação é ainda maior. Portanto, a combinação de declividade plana e uma infraestrutura inadequada de drenagem pode tornar o bairro Coelho mais propenso a desastres hidrológicos. Para mitigar esses riscos, é fundamental investir em sistemas de drenagem eficientes, planejamento urbano adequado, monitoramento das condições climáticas e conscientização da população sobre medidas de prevenção e preparação para eventos extremos de chuva.

5.3 Uso e Cobertura

O uso e cobertura do solo são outras importantes ferramentas para a identificação de áreas propensas a deslizamentos e inundações. Isso ocorre porque a presença de vegetação adequada desempenha um papel crucial na prevenção de deslizamentos, uma vez que as raízes das plantas ajudam a fixar o solo e reduzir a erosão causada pelas precipitações. Por outro lado, áreas onde o crescimento urbano resultou na redução de espaços para a água escoar adequadamente podem ocasionar o acúmulo de água e, conseqüentemente, enchentes. Portanto, a análise do uso e cobertura do solo é fundamental para compreender a relação entre a vegetação, a urbanização e os riscos de inundações, enxurradas e os alagamentos.

Figura 11 – Uso e Cobertura do Recife-PE.



Fonte: Projeto MapBiomias – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil (2023).

Segundo os dados estatísticos disponíveis na plataforma, é possível observar que a cidade do Recife apresenta um percentual significativo de áreas não vegetadas, representando 65,74% do seu território. Esse dado indica uma crescente urbanização e expansão das áreas urbanas, resultando na supressão de vegetação natural para dar lugar a edificações, infraestruturas e atividades humanas (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores em hectares dos Uso e Cobertura.

Floresta	5.485
Área não vegetada	12.095
Agropecuária	98
Corpo D'água	712

Fonte: Projeto MapBiomias – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil (2023).

No bairro Coelhos, observa-se uma situação crítica em relação à ocupação urbana e suas consequências para o risco de desastres naturais hidrológicos. A maior parte do território é composta por áreas urbanizadas, onde a cobertura vegetal foi substituída por construções e infraestruturas urbanas. A topografia plana do bairro Coelhos, aliada a um sistema de escoamento negligente, contribui para a suscetibilidade à ocorrência de enchentes. Em áreas de relevo plano, a água da chuva tem mais dificuldade em escoar e pode se acumular em determinados pontos, resultando em inundações.

5.4 Dados Socioeconômicos

O bairro Coelhos revela uma realidade complexa e desafiadora, isso porque existe uma série de desafios socioeconômicos que afetam a qualidade de vida e o bem-estar da população local. Ocasionalmente, desse modo, uma exposição da população expostas a riscos.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o bairro Coelhos apresenta um IDH abaixo da média do município e do país. Isso reflete dificuldades em áreas como educação, saúde, renda e qualidade de vida. A falta de acesso a serviços básicos e oportunidades de desenvolvimento socioeconômico impacta diretamente a vida dos moradores.

A vulnerabilidade social compromete grande parte da população local. Muitas famílias enfrentam dificuldades socioeconômicas, como desemprego, subemprego e falta de acesso à moradia digna. O último censo apontou que o número de domicílios registrado era de 2.322 e o valor do rendimento nominal médio mensal dos domicílios era de R\$ 898,41. Desse modo, essa vulnerabilidade social torna os moradores mais suscetíveis aos impactos de desastres hidrológicos, como inundações, já que possuem menos recursos e capacidade de recuperação.

A infraestrutura precária do bairro Coelhos apresenta deficiências significativas em termos de infraestrutura básica. A falta de pavimentação adequada, esgotamento sanitário, coleta de lixo e abastecimento de água potável são alguns dos problemas enfrentados pelos moradores. Essas condições precárias de infraestrutura aumentam os riscos associados a desastres hidrológicos e dificultam a implementação de medidas de mitigação e resposta adequadas.

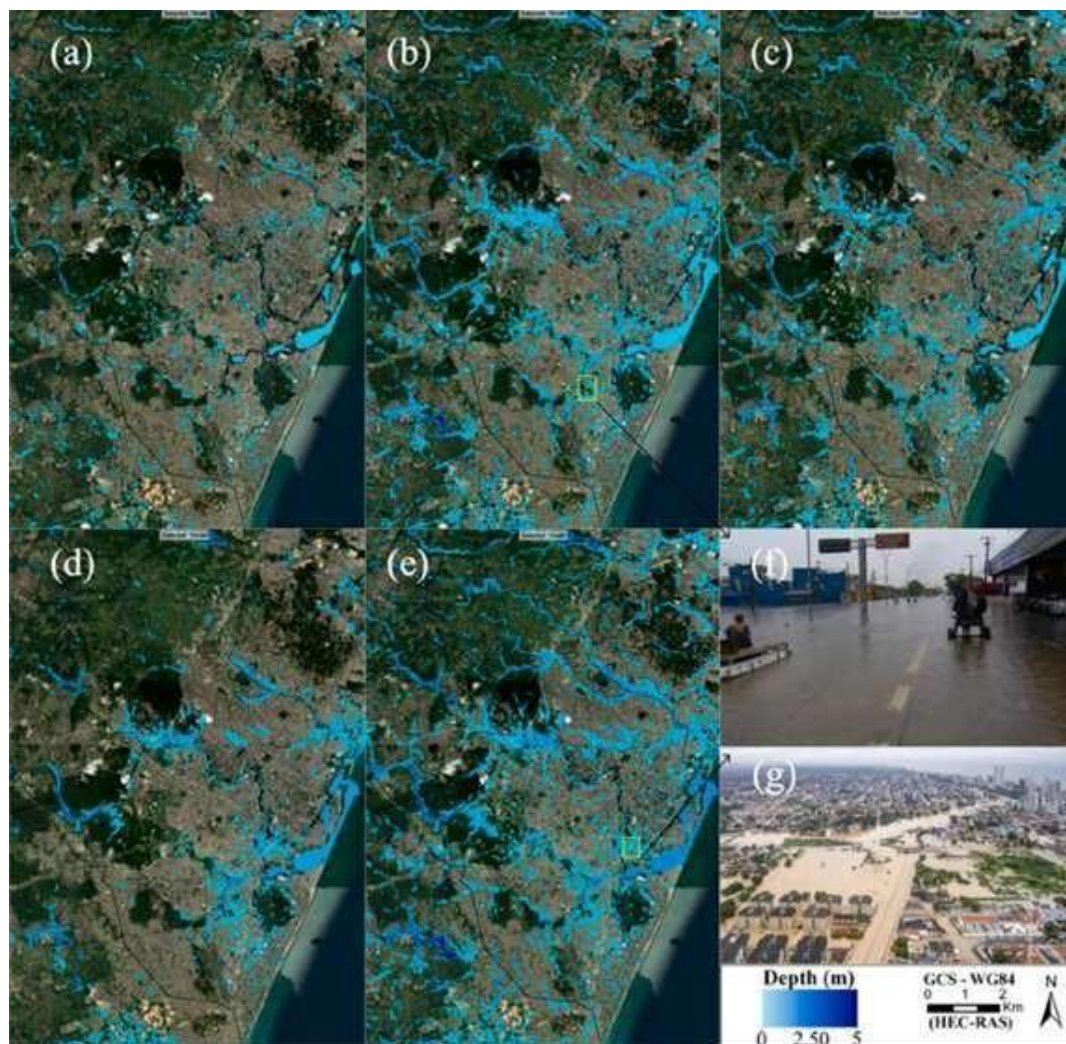
Em suma, o bairro Coelhos reflete as profundas desigualdades sociais presentes na sociedade. A segregação urbana e a exclusão social são evidentes, com áreas de maior vulnerabilidade e falta de acesso a serviços básicos próximas a áreas mais privilegiadas da cidade. Essas disparidades socioeconômicas contribuem para a perpetuação do ciclo de pobreza e dificultam a superação dos desafios enfrentados pela população do bairro.

5.5 Aplicação das Geotecnologias

Em relação aos riscos de inundações, as enxurradas e os alagamentos no bairro Coelhos, o geoprocessamento é utilizado para identificar as áreas de maior vulnerabilidade, mapear o sistema de drenagem existente e planejar a implantação de melhorias. Através de softwares especializados, como o QGIS, é possível integrar e visualizar de forma precisa e detalhada as condições do bairro.

Nas imagens apresentadas na Figura 12, podemos observar o uso das técnicas de geoprocessamento para analisar áreas suscetíveis a inundação no Recife durante climas extremos. Essa abordagem é de extrema importância para o planejamento urbano, pois permite identificar áreas de risco e tomar medidas adequadas para mitigar esses riscos, garantindo assim maior segurança para os moradores.

Figura 12 – Simulação de áreas sujeitas a inundação.



Fonte: Marengo *et al.* (2022).

Na figura 13, podemos observar o resultado da análise utilizando o software QGIS e o Google Earth para identificar áreas propensas a inundação no bairro Coelhos. Na análise foi considerado o fator declividade do terreno, áreas próximas do rio e o padrão de escoamento da água.

Figura 13 – Risco de Inundação no bairro dos Coelhos.



Fonte: Autor.

Com o uso do software QGIS, foi possível realizar uma análise de impacto de inundação, criando cenários para o bairro Coelhos. Essa análise permitiu visualizar o impacto das inundações na infraestrutura pública, em instalações críticas e identificar populações vulneráveis.

Durante a criação desses cenários, diversos fatores foram considerados para a análise de suscetibilidade a inundações. Neste tutorial, os seguintes fatores foram levados em consideração: declive do terreno, características hidrológicas, pluviosidade e cobertura do solo. Para realizar a análise, foram coletados dados do Modelo Digital de Elevação (MDE), levando em consideração as características do terreno. Com base nesses dados, foi possível gerar uma simulação em 3D, que auxiliou na compreensão do potencial impacto das inundações.

Essa abordagem integrada, que considera múltiplos fatores, permite uma análise mais abrangente e precisa dos riscos de inundação no bairro Coelhos. Com essas informações em mãos, é possível tomar medidas mais efetivas para reduzir a vulnerabilidade das áreas afetadas e tomar decisões informadas em relação ao planejamento urbano e à gestão de desastres hidrológicos.

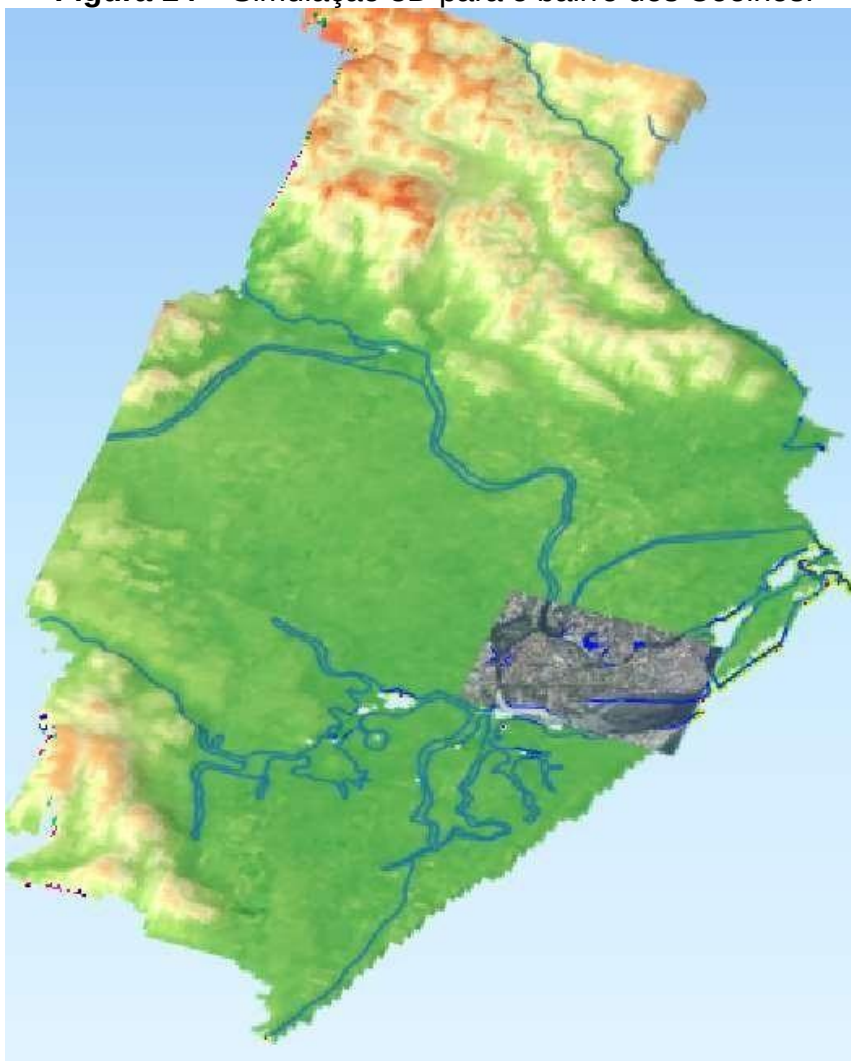
Portanto, essa análise e simulação 3D são fundamentais para o planejamento urbano e a gestão de riscos, pois permitem identificar áreas que requerem atenção especial na implementação de medidas de prevenção e mitigação. Ao visualizar o impacto das inundações na infraestrutura pública e em instalações críticas, é possível identificar pontos vulneráveis e direcionar recursos e esforços para fortalecer essas áreas. Além disso, a análise de dados socioeconômicos associados aos cenários de inundação fornece informações valiosas sobre as populações afetadas. Identificar populações vulneráveis, como pessoas de baixa renda, idosos ou pessoas com mobilidade reduzida, é essencial para garantir que medidas de evacuação e assistência sejam adequadas e eficazes.

A simulação em 3D permite uma visualização mais realista dos possíveis cenários de inundação, o que facilita a compreensão das consequências e dos impactos nos espaços urbanos (Figura 13). Com base nessas informações, as autoridades podem tomar decisões informadas sobre o zoneamento, o planejamento de uso do solo e a implementação de medidas de adaptação, como a construção de diques, sistemas de drenagem melhorados e áreas de retenção de água.

É importante ressaltar que essa abordagem integrada não se limita apenas à resposta a desastres, mas também contribui para o desenvolvimento sustentável da cidade. Ao considerar a suscetibilidade a inundações desde as fases iniciais de planejamento, é possível evitar a ocupação de áreas de alto risco e promover um desenvolvimento urbano mais resiliente e seguro.

Em resumo, a análise e simulação em 3D fornecem uma base sólida para o planejamento urbano e a gestão de riscos, permitindo a identificação precisa de áreas vulneráveis e a implementação de medidas adequadas para reduzir os impactos das inundações. Essa abordagem é fundamental para garantir cidades mais seguras, resilientes e preparadas para enfrentar os desafios climáticos.

Figura 14 – Simulação 3D para o bairro dos Coelhos.



Fonte: Autor.

O mapa 3d apresentado na figura 14, foi produzido através dos dados de suscetibilidade e vulnerabilidade do solo à exposição hídrica, disponíveis pela Embrapa e IBGE. A metodologia das instituições consultadas baseou-se em uma modelagem conceitual de integração temática baseada em conhecimento especialista. Foram utilizados os seguintes modelos de entrada: (i) Mapa de Erodibilidade dos Solos do Brasil (Embrapa, 2020); (ii) Mapa de Erosividade das Chuvas do Brasil (Embrapa, 2020) e; (iii) Modelo Digital do Terreno com 30 m de resolução espacial (SRTM/NASA). Dessa forma, a aplicação desses dados no bairro Coelhos mostrou que a sua situação topográfica e as condições climáticas naturais às quais são expostas, além da vulnerabilidade da superfície devido as áreas urbanas que crescem e se expandem, deixando o solo frequentemente coberto por superfícies impermeáveis, como asfalto e concreto. Isso limita a capacidade do solo de absorver

a água da chuva, aumentando o escoamento superficial. Ocasionalmente, assim maiores riscos de alagamento e inundação.

Nesse contexto, o geoprocessamento emerge como uma ferramenta essencial no enfrentamento dos riscos de inundações, das enxurradas e dos alagamentos no Recife. Através do uso de técnicas de sensoriamento remoto, análise espacial e modelagem hidrológica, é possível obter informações detalhadas sobre a topografia, a cobertura do solo, a drenagem urbana e outros fatores que influenciam nas inundações. O geoprocessamento permite o mapeamento das áreas de riscos e a identificação de locais propensos a inundações, as enxurradas e alagamentos, fornecendo subsídios para o planejamento urbano e a tomada de decisões em relação a políticas de ocupação do solo, infraestrutura de drenagem e sistemas de alerta precoce. Além disso, o monitoramento em tempo real por meio de estações meteorológicas e sensores instalados na cidade possibilita uma resposta mais rápida e eficiente diante das condições climáticas adversas.

5.6 Análise de Risco de Inundação

Os dados coletados e os resultados da pesquisa relacionada ao bairro Coelhos, no Recife, indicam que essa região é suscetível a inundações e alagamentos em pequena escala durante precipitações anuais (Figura 15). Através do uso de técnicas de geoprocessamento e modelagem espacial, foi possível identificar as áreas com maior vulnerabilidade e suscetibilidade às inundações e alagamentos.

Figura 15 – Áreas de risco de inundação.



Fonte: O autor.

Com base nessa análise, foi possível mapear as áreas que apresentam maior risco de inundação no bairro Coelhos, levando em consideração fatores como topografia, declividade, uso e cobertura do solo, além de dados climáticos. Essas informações são essenciais para a implementação de medidas de prevenção e mitigação, a fim de garantir maior sustentabilidade e segurança para a comunidade.

Com a identificação das áreas de maior vulnerabilidade, é possível direcionar esforços para a implementação de ações específicas, tais como: estabelecimento de sistemas de drenagem adequados, como a construção de galerias pluviais e canais de escoamento, visando evitar o acúmulo de água e reduzir o risco de inundações. Além de priorizar na melhoria da infraestrutura urbana, como a elevação de ruas e calçadas, construção de diques ou barreiras de contenção, a fim de evitar que as águas transbordem e causem inundações em áreas residenciais e comerciais.

Vale salientar, a responsabilidade do Estado em garantir o direito à moradia para a população mais pobre do bairro Coelhos, que é a mais afetada pelas inundações. As inundações recorrentes têm impactado de forma significativa essas comunidades, colocando em risco a segurança, a saúde e a qualidade de vida de seus moradores. A moradia digna é um direito básico de todo cidadão, independentemente

de sua condição socioeconômica. O governo deve assumir o compromisso de implementar políticas públicas eficazes e sustentáveis que visem mitigar os riscos de inundação nessas áreas, proporcionando condições seguras e adequadas de habitação.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, concluímos que o uso de geoprocessamento é uma ferramenta essencial para o planejamento urbano e gestão de riscos de desastres naturais hidrológicos no bairro Coelhos. Através da análise de dados geoespaciais e da aplicação de técnicas de modelagem espacial, foi possível identificar áreas suscetíveis a esses eventos e tomar medidas adequadas para prevenção e mitigação.

O geoprocessamento permite uma análise detalhada do terreno, considerando fatores como topografia, declividade, uso e cobertura do solo, e influência climática. Essas informações são fundamentais para identificar áreas de maior risco e direcionar estratégias de intervenção e planejamento urbano. No caso do bairro Coelhos, foi possível mapear as áreas com declividades acentuadas, indicando maior propensão de inundações.

Com base nessas informações, o planejamento urbano pode ser direcionado para a implementação de medidas de prevenção, como a construção de sistemas de drenagem eficientes. Essas ações visam reduzir os riscos das inundações, garantindo maior segurança e qualidade de vida para os moradores. Além disso, o geoprocessamento também contribui para a gestão de emergências, permitindo uma resposta mais eficiente diante de eventos extremos. Com a utilização de ferramentas de monitoramento em tempo real, é possível acompanhar as condições climáticas e tomar medidas preventivas ou de evacuação quando necessário.

Em suma, o uso de geoprocessamento no planejamento urbano do bairro Coelhos é essencial para a gestão de riscos de desastres naturais hidrológicos. Essa abordagem permite uma análise mais precisa e detalhada do território, possibilitando a implementação de medidas preventivas e ações de resposta mais eficientes, visando garantir a segurança e o bem-estar da população local.

Como sugestão para pesquisas futuras, considera-se pertinente a análise dos aspectos socioeconômicos dos moradores vítimas de desastres naturais hidrológicos. Isso ocorre porque a cidade do Recife, assim como qualquer cidade capitalista, produz desigualdade social, gerando uma separação entre aqueles que têm e aqueles que não têm. Portanto, é importante avaliar o impacto desses eventos nas comunidades mais vulneráveis, a fim de orientar políticas públicas e estratégias de intervenção mais direcionadas e efetivas.

REFERÊNCIAS

AGENCIA BRASIL. **Cidades costeiras são mais vulneráveis a mudanças do clima.** Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-06/cidades-costeiras-sao-mais-vulneraveis-mudancas-do-clima>. Acesso em: 20 set. 2023.

ALVES, Pedro. **Mortes por chuvas no Grande Recife chegam a 109 e tragédia ultrapassa total de vítimas da cheia de 1975.** Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/peernambuco/noticia/2022/06/01/mortes-por-chuva-no-grande-recife-total-de-vitimas-da-cheia-de-1975.ghtml>. Acesso em: 20 set. 2023.

ALL Accor lives Limitless. **Por que Recife é a Veneza Brasileira?** Disponível em: <https://all.accor.com/pt-br/brasil/magazine/one-hour-one-day-one-week/veneza-brasileira-recife-33da2.shtml>. Acesso em: 29 de junho de 2023.

ANGELI, MARIA EDUARDA. **Brasil tem mais de 27 mil áreas de risco de desastres.** Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2022/05/5011789-brasil-tem-mais-de-27-mil-areas-de-risco-de-desastres.html>. Acesso em: 20 set. 2023.

BBC NEWS BRASIL. **Censo 2022: 5 revelações sobre a população brasileira.** Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-66037873>. Acesso em: 20 set. 2023.

BUGS, G. T. **Tecnologias da informação e comunicação, sistemas de informação geográfica e a participação pública no planejamento urbano.** Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/112006>. Acesso em: 02 jul. 2023.

CARVALHEIRA, Rafael. **Ondas de Leste: entenda fenômeno que causa chuvas e mortes no Recife.** Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/peernambuco/2022/05/15016448-ondas-de-leste-entenda-fenomeno-que-causa-chuvas-e-mortes-no-recife.html>. Acesso em: 20 set. 2023.

CAVALCANTI, M.C.L. (2017). **Impacto hidrológico da impermeabilização do solo em área da cidade do Recife.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 21f.

RECIFE.PE. **Coelhos**. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/servico/coelhos>. Acesso em: 21 set. 2023.

DEFESA CIVIL. **Histórico e Evolução da Defesa Civil no Brasil**. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/index.php/defesa-civil/escola-de-defesa-civil>. Acesso em: 30 jun. 2023.

EMBRAPA. **MAPA de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil**. Disponível em: <https://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2916#more>. Acesso em: 21 set. 2023.

EMBRAPA. **MAPA de vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil - 2019**. Disponível em: <https://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2918>. Acesso em: 21 set. 2023.

FARIAS, A.; MENDONÇA, F. **Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano**. Sociedade e natureza, v. 34, n. 1, 2022.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Atuação de Ondas de Leste deve proporcionar chuvas entre quarta e quinta-feira, aponta previsão do tempo**. Disponível em: <http://www.funceme.br/?p=4973#:~:text=Os%20Distúrbios%20Ondulatórios%20de%20Leste,o%20litoral%20leste%20do%20Brasil>. Acesso em: 21 set. 2023.

GEOAPLICADA. **Geoinformática, Geoprocessamento e Geotecnologias, o que são e quais as diferenças entre eles**. 2018. Disponível em: <https://www.geoaplicada.com/geoinformatica-geoprocessamento-e-geotecnologias/>. Acesso em: 20 set. 2023.

G1GLOBO. **Alto risco de alagamentos, inundações e deslizamentos em Pernambuco continua até domingo**. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2022/05/28/alto-risco-de-alagamentos-inundacoes-e-deslizamentos-em-pernambuco-continua-ate-domingo-alerta-inmet.ghtml>. Acesso em: 20 set. 2023.

GUITARRARA, Paloma. **Urbanização brasileira**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/urbanizacao-no-brasil.htm>. Acesso em 20 de setembro de 2023.

HIGOR. **Litoral em mudança - Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas.** Disponível em: <http://pbmc.coppe.ufrj.br/index.php/pt/noticias/747-litoral-em-mudanca-impacto-vulnerabilidade-e-adaptacao-das-cidades-costeiras-brasileiras-as-mudancas-climaticas>. Acesso em: 20 set. 2023.

IBGE. **Dados Geociências.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 21 set. 2023.

IBGE. **Recife.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/historico>. Acesso em: 20 set. 2023.

Instituto Nacional de Meteorologia. **Chuvas intensas atingem parte do litoral do Nordeste.** Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/chuvas-intensas-atingem-parte-do-litoral-do-nordeste-nos-proximos-dias>. Acesso em: 20 set. 2023.

KAUFMAN, Tânia Newmann. **Passos perdidos, história recuperada – a presença judaica em Pernambuco.** Recife: Edição do Autor, 2000.

MELLO, José Antônio Gonsalves de; SANTOS, Maria Helena Carvalho dos. **Gente da nação; cristãos-novos e judeus em Pernambuco – 1542, 1654.** Recife: Fundaj, Ed. Massangana, 1996.

OGLOBO. **Casas com 5 graus de inclinação correm risco de desmoronar em Várzea, um dos bairros mais atingidos pelas chuvas em Recife.** Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/noticia/2022/05/casas-estao-com-5cm-de-inclinacao-com-risco-de-nova-tragedia-em-varzea-um-bairros-mais-atingidos-pelas-chuvas-em-recife.ghml>. Acesso em: 20 set. 2023.

Ondas de leste. Disponível em: <http://master.iag.usp.br/pr/ensino/sinotica/aula16/>. Acesso em: 20 set. 2023.

PANDA, A.; AMARATUNGA, D. **Resilient Cities.** Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science. Oxford University Press, p. 1-4, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.321>. Acesso em: 29 jun. 2023.

PREFEITURA DO RECIFE. **História do Recife**. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/pagina/historia>. Acesso em: 20 set. 2023.

Projeto MapBiomias – **Coleção 08 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**, acessado em 21. set. 2023. através do link: <https://doi.org/10.58053/MapBiomias/VJIJCL>.

QGIS. Versão 3.30.3. **QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project**. <http://qgis.osgeo.org>, 2023.

ROSA, Roberto. **Introdução ao Geoprocessamento**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Laboratório de Geoprocessamento, junho de 2013. 142 p.

SILVA, G. A. B.; DAVID, P. L. D.; BIANCHI, G. **A utilização do SIG para o planejamento urbano**. Revista Científica ANAP Brasil, [S. l.], v. 10, n. 21, 2017. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap_brasil/article/view/1675. Acesso em: 20 set. 2023.

SIAS, Estael. **O dia em que o Recife inundou e meio Brasil congelou**. Disponível em: <https://metsul.com/o-dia-em-que-recife-inundou-e-meio-brasil-congelou/>. Acesso em: 20 set. 2023.

TEMPO AGORA. **ONDAS de leste: Nordeste tem aumento da chuva no final de semana**. Disponível em: <https://tempoagora.uol.com.br/noticia/2023/04/07/ondas-de-leste-nordeste-tem-aumento-da-chuva-no-final-de-semana-0017>. Acesso em: 20 set. 2023.

VAINSENCER, Semira Adler. **Coelhos (bairro, Recife)**. Pesquisa Escolar Online, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em: <http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>. Acesso em: 20. jun. 2023.

Vasconcelos, Vitor et al. **Geoprocessamento aplicado à gestão de riscos**. ResearchGate, p. 193-206, 2022. Universidade Federal do ABC. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/365264966_Geoprocessamento_aplicado_a_gestao_de_riscos. Acesso em: 29 de junho de 2023.

GOV.BR. **Entenda a diferença entre os tipos de desastres naturais e tecnológicos registrados no Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/ultimas-noticias/entenda-a-diferenca-entre-os-tipos-de-desastres-naturais-e-tecnologicos-registrados-no-brasil>. Acesso em: 30 jun. 2023.

GOV.BR. **PESQUISADORES brasileiros fazem recomendações, analisando as repentinas inundações e deslizamentos de terra em Recife (PE), após fortes chuvas ocorridas em maio de 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/pesquisadores-brasileiros-fazem-recomendacoes-analisando-as-repentinas-inundacoes-e-deslizamentos-de-terra-em-recife-pe-apos-fortes-chuvas-ocorridas-em-maio-de-2022>. Acesso em: 21 set. 2023.

BBC BRASIL. **MORTES por chuvas em 2022 já superam ano passado inteiro - BBC News Brasil**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-61651974#:~:text=Nos%20primeiros%205%20meses%20de,dados%20das%20defeas%20civis%20municipais>. Acesso em: 21 set. 2023.