



**UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA**

**CAROLINE MARIA SÁ DOS SANTOS**

**ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS AO RISCO DE INUNDAÇÃO NA CIDADE  
DE SOBRAL (CE)**

**SOBRAL/CE**  
**2023**

CAROLINE MARIA SÁ DOS SANTOS

ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS AO RISCO DE INUNDAÇÃO NA CIDADE DE  
SOBRAL (CE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia na Universidade estadual Vale do Acaraú – UVA, como requisito parcial para obtenção do grau Mestre em Geografia.

**Área de concentração:** Organização, Produção e Gestão no Semiárido.

**Linha de Pesquisa:** Análise Ambiental e Estudos Integrados da Natureza.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Isorlanda Caracristi.

SOBRAL/CE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual Vale do Acaraú

Sistema de Bibliotecas

DOS SANTOS, Caroline Maria Sá

Análise das áreas suscetíveis ao risco de inundação na cidade de Sobral (CE) / Caroline Maria Sá DOS SANTOS. -- Sobral, 2023.

115 f. il. color.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Ph.D. ISORLANDA CARACRISTI.

Dissertação - Universidade Estadual Vale do Acaraú, Mestrado Acadêmico em Geografia, Centro de Ciências Humanas

1. Urbanização. 2. Planejamento. 3. Inundação. 4. Risco. 5. Vulnerabilidade. I. Título.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Título da dissertação: ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS AO RISCO DE INUNDAÇÃO NA CIDADE DE SOBRAL - CE.**

**Data da defesa:** 30 de Março de 2023

**Autora:** Caroline Maria Sá dos Santos

**Orientadora:** Profa. Dra. Isorlanda Caracristi

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (PROPGEO/UVA), como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia, área de concentração: Organização, produção e gestão do Território no Semiárido, linha de pesquisa: Análise Ambiental e Estudos Integrados da Natureza.



---

Profa. Dra. Isorlanda Caracristi  
Universidade Estadual Vale do Acaraú – Orientadora



---

Prof. Dr. Luís Henrique Magalhães Costa  
Universidade Estadual Vale do Acaraú – Examinador externo



---

Profa. Dra. Simone Ferreira Diniz  
Universidade Estadual Vale do Acaraú – Examinadora interna

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, por toda luz e sabedoria que ele tem me concedido ao longo de todos os dias de minha vida. Em muitas ocasiões, quando me senti sem saída, sua mão me segurou sua graça me lembrou dos meus propósitos. Além disso, sou grato à Sua mãe por ter sido um apoio e uma lembrança constante em minha jornada.

Agradeço imensamente aos meus pais, Soraya e Junior, e à minha irmã Natália, que ficou muitas noites acordada comigo, me dando força e aguentando meus estresses. Obrigada, minha irmã. E também sou grata à minha filha Isadora. Vocês são minha base, minha força, meu refúgio, e agradeço por segurarem minha mão nesse período e pelas palavras de apoio. Principalmente à minha filha, que mesmo tão pequena, me dá forças a todo momento. Cada vez que a olho, sei para onde quero ir e para onde devo levá-la.

Agradeço imensamente à minha professora Doutora Ilharlanda por toda a sua paciência, empatia e pulso firme nas horas necessárias, sua compreensão, ajuda e todas as outras coisas que fez por mim. Obrigada de coração, professora. A senhora também é um dos motivos pelos quais eu não desisti.

Obrigada à família da minha mãe por terem vibrado quando passei no mestrado, em especial à minha prima/irmã Camila e à minha tia Sandra, que são a minha rede de apoio em Sobral, por cuidarem tão bem da minha pequena. Amo vocês.

Agradeço demais à minha amiga Vivian, que é quase uma mãe para mim aqui em Sobral, por cuidar da minha casa, da minha filha e da minha irmã. Sou imensamente grata pelas palavras de apoio que sempre me dá, pelas orações que fazem por mim e pela minha família. Não tenho palavras suficientes para expressar minha gratidão por esses cinco anos em que você tem estado em nossas vidas.

A minha amiga Rafaelly, com quem muitas vezes chorei dizendo que não conseguiria, que não daria conta, ela esteve presente para segurar minha mão, levantar meu ânimo e me auxiliar de todas as formas. Deus sabe de todas as coisas e sabia que eu precisava de uma pessoa exatamente igual a você como minha amiga.

A minha amiga Jamila, que já conhecia antes do mestrado, ele nos reaproximou, e meu amigo Jucier, amigo que o mestrado me deu. Por mais que não estivéssemos juntos presencialmente, mas virtualmente tentamos nos fazer

presentes, para falar das disciplinas, para dar palavras de empatia e carinho, e em outros momentos que tivemos. É muito bom saber que não estamos sozinhos.

A minha amiga Germana me apoiou bastante neste período. Quando surgiu a ideia do mestrado, ela me deu força, apoio e falou inúmeras vezes que ia dar certo, tanto no período da seleção quanto nas aulas. Obrigada, minha amiga. Deus foi muito generoso comigo, apenas gratidão.

Obrigada à minha amiga Nágila, que a faculdade me deu e que carregarei para sempre em minha vida. Eu não sei como teria sido sem você. Desde que me interessei pelo mestrado, você me apoiou, ajudou e motivou, e não tenho palavras para lhe agradecer, minha amiga. Você é incrível! Sua amizade para mim é uma dádiva.

Ao meu amigo Diego, que manteve meu astral com suas conversas de motivação e me fez rir nos momentos em que eu estava tensa. Obrigada por sempre ter acreditado que tudo daria certo.

Agradeço à minha banca, à professora Simone e ao professor Luis Henrique por estarem presentes desde a apresentação do meu projeto, na minha qualificação e agora na minha defesa. Sou grata pelo tempo que dedicaram para ler e fazer suas observações sobre minha dissertação. Muito obrigada!

Também gostaria de expressar minha gratidão a todos do MAG, por proporcionarem uma experiência de aprendizado enriquecedora e novas vivências. Agradeço aos professores maravilhosos, sempre em busca de transmitir novos conhecimentos e incentivar o desenvolvimento. E ao grupo de estudo LEAC, no qual fui incorporada quando entrei no programa, obrigada pelo acolhimento caloroso. Espero que possamos nos encontrar mais vezes.

“É justo que muito custe, aquilo que muito vale. ”

(Santa Teresa D'Ávila)

## RESUMO

A frequência crescente de notícias relacionadas às consequências das inundações é uma preocupação cada vez maior no Brasil e no mundo. Segundo dados do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), desde o ano 2000, os eventos de inundação aumentaram em 126%. Esse aumento é atribuído às mudanças climáticas, que estão levando a eventos de chuvas intensas e secas extremas. Esses fenômenos estão exacerbando os impactos das inundações. Além disso, o planejamento urbano em alguns países não conseguiu acompanhar o crescimento da população, evoluiu em uma expansão desordenada nas áreas urbanas. Isso tem causado uma série de impactos ambientais, incluindo a ocupação de áreas de risco e de preservação ambiental, que deveriam ser restritas para a urbanização. Um exemplo notável é a ocupação de margens de corpos d'água, o que tem causado problemas ambientais e danos relacionados a inundações. Diante desse cenário, a pesquisa tem como objetivo geral identificar, analisar e mapear as áreas de risco de inundação na cidade de Sobral, no Ceará. Os objetivos específicos incluem a criação de um inventário socioambiental das áreas independentes com histórico de inundações, o mapeamento das áreas de risco de inundação e a colaboração com o planejamento e a gestão pública municipal por meio de dados científicos para a prevenção e mitigação de desastres relacionados a inundações. A pesquisa incluiu entrevistas com moradores de diversos bairros de Sobral para coletar dados sobre suas ocorrências das inundações e suas experiências com esses eventos na cidade. Importante ressaltar que mesmo áreas ainda não urbanizadas precisam de monitoramento, especialmente se estiverem próximos a corpos d'água. Isso é crucial para evitar um crescimento urbano desordenado nessas regiões e para minimizar impactos ambientais e futuros problemas para os futuros habitantes. Conclui-se que há uma falta de conscientização sobre a importância da educação ambiental e da compreensão da relação entre o homem e a natureza. Também é evidente uma falta de compreensão sistêmica dos diversos processos envolvidos nos desastres relacionados às inundações. Portanto, é fundamental abordar esses problemas de forma mais abrangente, considerando tanto os aspectos ambientais quanto os sociais para desenvolver estratégias eficazes de prevenção e mitigação de desastres.

**Palavras chaves:** urbanização; planejamento; inundação; risco; vulnerabilidade.



## **ABSTRACT**

The increasing frequency of news related to the consequences of floods is an increasing concern in Brazil and in the world. According to data from the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), since the year 2000, flood events have growing by 126%. This increase is attributed to climate change, which is leading to events of intense rainfall and extreme droughts. These phenomena are exacerbating the impacts of floods. In addition, urban planning in some countries has not been able to keep up with population growth, it has evolved into a disorderly expansion in urban areas. This has caused a number of environmental impacts, including the occupation of risk areas and environmental preservation, which should be restricted to urbanization. A notable example is the occupation of water bodies, which has caused environmental problems and flood-related damage. In front of this scenario, the general objective of the research is to identify, analyze and map the flood risk areas in the city of Sobral, Ceara. The specific objectives include the creation of a socio-environmental inventory of independent areas with flood history, the mapping of flood risk areas and collaboration with municipal public planning and management through scientific data for the prevention and mitigation of flood-related disasters. The research included interviews with residents of several neighborhoods of Sobral to collect data on their flood occurrences and their experiences with these events in the city. It is important to note that even areas not yet urbanized need monitoring, especially if they are close to water bodies. This is crucial to avoid disorderly urban growth in these regions and to minimize environmental impacts and future problems for future inhabitants. It is concluded that there is a lack of awareness about the importance of environmental education and the understanding of the relationship between man and nature. It is evident the lack of understanding about various processes involved in flood-related disasters is also evident. Therefore, it is essential to address these problems more comprehensively, considering both environmental and social aspects to develop effective disaster prevention and mitigation strategies.

Keywords: urbanization; planning; flooding; risk; vulnerability.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> - Ciclo Hidrológico.....	25
<b>Figura 02</b> - Alagamento na cidade de Sobral.....	30
<b>Figura 03</b> - Enxurrada na cidade de Jericoacoara.....	32
<b>Figura 04</b> - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.....	33
<b>Figura 05</b> - Tipologia dos danos de inundações em áreas urbanas.....	35
<b>Figura 06</b> - Inundação urbana na cidade de Sobral – CE.....	38
<b>Figura 07</b> - Classificação de perigo, segundo UN-ISDR (2004) .....	45
<b>Figura 08</b> - Fluxograma de ações para eventos de inundação.....	51
<b>Figura 09</b> - Localização da área de estudo.....	60
<b>Figura 10</b> - Sobral na enchente de 1974.....	61
<b>Figura 11</b> - Inundação em 1924.....	62
<b>Figura 12</b> - Uma das maiores inundações de Sobral (1974) .....	63
<b>Figura 13</b> - Inundação de 1974, Avenida Dom José.....	63
<b>Figura 14</b> - Inundação na margem em esquerda no ano de 2009.....	64
<b>Figura 15</b> - Inundação na margem em esquerda no ano de 2009, próximo a biblioteca.....	65
<b>Figura 16</b> - Hierarquia urbana do Ceará no final do século XVIII.....	67
<b>Figura 17</b> - Vista panorâmica da cidade de Sobral.....	68
<b>Figura 18</b> - Início da cidade de Sobral, fazenda Caiçara.....	71
<b>Figura 19</b> - Mapa dos corpos hídricos da cidade de Sobral.....	76
<b>Figura 20</b> - Expansão da urbanização na cidade de Sobral.....	81
<b>Figura 21</b> - Bairros suscetíveis a inundação na cidade de Sobral.....	86
<b>Figura 22</b> - Mapa altimétrico da cidade de Sobral, com curvas de nível e corpos hídricos.....	88
<b>Figura 23</b> - Zoneamento das localidades suscetíveis a inundação na cidade de Sobral .....	89
<b>Figura 24</b> - Mapa altimétrico em 2D.....	90

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01:</b> Classificação dos graus de risco e enchentes para inundações.....	83
<b>Quadro 02:</b> Bairros suscetíveis a inundação na cidade de Sobral – CE.....	83
<b>Quadro 03:</b> Bairros suscetíveis a inundação na cidade de Sobral – CE, segundo relatório realizado pela CPRM na nova redistribuição dos bairros de Sobral.....	84
<b>Quadro 04:</b> Bairros suscetíveis a inundação na cidade de Sobral – CE, segundo relatório apresentado pela CPRM e sugestões empíricas.....	85

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Censo demográfico de Sobral (1980 – 2022) .....	80
---	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
2.1 URBANIZAÇÃO.....	19
<b>2.1.1 Áreas urbanas – Falha no planejamento urbano</b> .....	22
2.2 ESCOAMENTO SUPERFICIAL E PRECIPITAÇÕES INTENSAS.....	24
<b>2.2.1 Ciclo Hidrológico</b> .....	24
<b>2.2.2. escoamento superficial</b> .....	26
<b>2.2.3. Precipitações intensas</b> .....	27
2.3 ALAGAMENTO, ENCHENTE, ENXURRADA.....	28
<b>2.3.1. Alagamentos</b> .....	29
<b>2.3.2. Enchente</b> .....	30
<b>2.3.3. Enxurrada</b> .....	32
2.4 INUNDAÇÕES.....	33
<b>2.4.1. Inundações urbanas</b> .....	37
<b>2.4.2. A influência do clima nas inundações urbanas</b> .....	39
<b>2.4.3. Condicionantes dos processos de inundação</b> .....	42
<b>2.4.4 Risco ambiental</b> .....	44
<b>2.4.5 Vulnerabilidade ambiental</b> .....	47
<b>2.4.6. Mapeamento das áreas e controle de inundações</b> .....	49
<b>2.4.7 O uso do Geoprocessamento como ferramenta para o mapeamento de áreas suscetíveis a inundação</b> .....	53
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	55
3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO.....	55
3.2 DESENVOLVIMENTO DO MAPA DAS ÁREAS COM RISCO A INUNDAÇÃO.....	56
3.3 TRABALHO DE CAMPO.....	57
<b>4 INUNDAÇÕES DA CIDADE DE SOBRAL</b> .....	59
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	59
<b>4.1.1 Breve Histórico de Sobral</b> .....	65
<b>4.1.2 Aspectos socioambientais</b> .....	70
<b>4.1.3 Aspectos Geomorfológicos</b> .....	73
<b>4.1.4 Recursos Hídricos</b> .....	75
<b>4.1.5 Aspectos climáticos</b> .....	78

<b>4.2 ANÁLISE DO RISCO DE INUNDAÇÕES NA CIDADE DE SOBRAL.....</b>	<b>79</b>
<b>4.2.1 Mapeamento das áreas de risco.....</b>	<b>79</b>
<b>4.2.2 Vulnerabilidade e percepção da população.....</b>	<b>91</b>
<b>4.2.3 Percepção da população.....</b>	<b>92</b>
<b>4.2.4 Propostas de mitigação de riscos.....</b>	<b>97</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>101</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE A – Roteiro de entrevista aplicado à população.....</b>	<b>113</b>
<b>APÊNDICE B – Resultados do questionário aplicado à população (25 pessoas)</b> <b>.....</b>	<b>114</b>
<b>APÊNDICE C - Vídeos assistidos como levantamento exploratório, relacionado ao</b> <b>tópico de Sobral e suas inundações.....</b>	<b>115</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de expansão populacional das cidades brasileiras desencadeou um movimento de ocupação em locais impróprios, como planícies de inundação, morros, locais com solos frágeis, instabilidade estrutural, onde diversas situações de risco e vulnerabilidade social e ambiental podem ser observadas. Neste cenário, a ocupação urbana demonstra exercer grande pressão no sistema natural, com grandes parcelas da sociedade em localizações precárias, com pouca ou inexistente estrutura (MOURA, N., FRENZEL e MOURA I., 2019).

Essas ações caracterizam a (re)produção do espaço urbano brasileiro, fortemente marcado por aglomerações urbanas nas quais sobressaem profundas desigualdades sociais e econômicas associadas, portanto, a uma sociedade fragmentada e hierarquizada. Nestes contextos verifica-se uma expressiva segregação espacial caracterizada por extensos bolsões intraurbano destituídos de serviços e de infraestrutura adequados, que se configuram como potencializadores de riscos e vulnerabilidades socioambientais em face dos eventos de inundação (MENDONÇA, BUFFON, *et al.*, 2016)

Segundo Santos (2007), existe uma relação muito estreita entre o avanço da degradação ambiental, a intensidade do impacto dos desastres e o aumento da vulnerabilidade urbana. Um exemplo disso são as inundações de rios e lagos que são agravadas pelo desmatamento e mau uso do solo (ocupação irregular) potencializando processos erosivos e assoreamento dos rios, estes tendem a causar inundações. No Brasil os maiores desastres relacionam-se a inundações, escorregamentos e erosões.

A degradação é a principal causa da modificação no espaço ambiental feita pelo homem. Impulsionadas em grande parte pela busca por melhores condições socioeconômicas e pelo consumismo. Desde a Revolução Industrial, quando a produção em larga escala e o uso intensivo de recursos naturais se intensificaram, a pressão sobre o meio ambiente aumentou significativamente.

Com a preocupação nos últimos anos em torno da qualidade de vida e da sustentabilidade nas cidades, estes assuntos estão sendo cada vez mais pautados em discursos políticos e em debates sobre a problemática urbana. O reconhecimento das deficiências administrativas e da emergência de novas reflexões têm guiado as gestões públicas a refletir acerca dos fatores que têm

reproduzido e agravado os problemas de desigualdade, segregação e exclusão nas cidades.

As discussões contemporâneas sobre desastres no Brasil e no mundo, têm trazido outros tipos de terminologias associadas aos riscos, exemplo o termo resiliência. Esse tipo de nomenclatura já vem sendo utilizado pelos Órgãos de Proteção e Defesa Civil de grande parte do mundo (NASCIMENTO e ARAÚJO, 2021).

O que gera a vulnerabilidade das áreas ambientais no meio urbano, são os fatores antrópicos (socioeconômicos e políticos). A problemática ambiental se origina dos usos conflitantes gerados tanto pelas diversas demandas da sociedade em relação a um determinado recurso ou sistema ambiental, como pela deficiência na execução da legislação (LOURENÇO, *et al*, 2013).

Os desastres ambientais não estão ligados apenas aos perigos naturais oriundos de furacões, terremotos, erupções vulcânicas, inundações, estes têm características direta com a vulnerabilidade das populações atingidas. Relacionando vulnerabilidade com as mudanças climáticas, é a incapacidade das populações em enfrentar os impactos causados pelos eventos extremos, tanto por causa da sua situação social como condição ambiental (GUIMARÃES, *et al.*, 2019).

A falta de gerenciamento dos aspectos de inundações dentro do desenvolvimento urbano é comum. As áreas ribeirinhas de risco não deixarão de ser ocupadas se não futuras, após as ocupações das bacias, as soluções são sempre muito caras, pois não existe espaço para reservatórios de detenção, a bacia já está urbanizada e as áreas ribeirinhas já foram ocupadas de forma inadequada (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

As inundações e enchentes causam elevados impactos, podendo envolver risco de vida e perda de bens materiais, danos ao patrimônio público e privado, podendo atuar como vetor de inúmeras doenças. É comum as cidades se desenvolverem as margens dos rios e riachos, alterando os componentes geoambientais (MONTEIRO, *et al.*, 2016).

O Brasil aparece entre os 15 países do globo com a maior população



exposta ao risco de inundação. A informação é do relatório 'Latin America and the Caribbean: Natural Disasters 2000-2019', divulgado pelo Escritório da Organização das Nações Unidas (ONU) para os Assuntos Humanitários (Ocha, na sigla em inglês). O Brasil sofreu o impacto de 70 desastres que afetaram quase 70 milhões de habitantes (OCHA, 2020).

Diante do exposto, os mapas de risco de inundação são bastante úteis, uma vez que viabilizam a visualização das zonas sujeitas a enchentes de maneira a destacar de modo claro tanto o espaço urbano quanto o sistema de drenagem como um todo. Sua elaboração é técnica, mas é de fácil entendimento para a população, funcionando como suporte na política de prevenção e controle de inundações possibilitando a integração de programas voltados para educação ambiental. Para elaboração destes mapas, no geral, utilizam-se dados obtidos de modelos hidrológicos, de acordo com o tempo de retorno a ser utilizado, a duração da precipitação e o escoamento superficial da bacia (BARBOSA, 2006).

Tominaga (2015), destacam que a magnitude e a frequência das inundações ocorrem em função da intensidade e distribuição da precipitação, da taxa de infiltração do solo, do grau de saturação do solo e das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem.

Mediante tais considerações, a pesquisa busca em seu objetivo geral identificar, analisar e mapear as áreas de risco à inundação da cidade de Sobral (CE). No que diz respeito aos propósitos específicos, eles compreendem:

- a) Elaborar inventário socioambiental das áreas vulneráveis que possuem histórico de inundações na cidade de Sobral;
- b) Realizar mapeamento das áreas de risco a inundações, demarcando os pontos que demandam atenção dos órgãos públicos responsáveis;
- c) Subsidiar o planejamento e a gestão pública municipal com dados e informações científicas voltadas às ações de prevenção e mitigação de desastres socioambientais envolvendo inundações.

Desse modo, áreas da cidade de Sobral que foram analisadas mostram susceptibilidade a inundações, ou seja, são zonas de perigo, devido à sua alta susceptibilidade a eventos naturais adversos, tais como fontes de terra e inundações. Dessa maneira, torna-se imperativo uma investigação científica que respalde as autoridades governadas no intuito de prover informações à comunidade, especialmente à parcela mais frágil da população.

Com base nos dados fornecidos, é necessário alertar a população que mora em locais que podem ser classificadas como áreas sujeitas a inundações os riscos que elas estão correndo. É essencial criar mapas que representem visualmente as áreas que possivelmente serão impactadas. Isso visa chamar a atenção das autoridades governamentais para a vulnerabilidade dessas comunidades e promover a conscientização.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 URBANIZAÇÃO

A ocupação do solo de forma desordenada principalmente em áreas de risco ocasiona transtornos à população e a gestão pública, o processo de urbanização que acontece no mundo desenvolveu problemas socioambientais transformando o espaço geográfico, as cidades cresceram de forma desordenada e sem planejamento, desta forma uma parte da população com menor poder aquisitivo acaba por ocupar áreas periféricas da cidade carentes de infraestrutura adequada para estes se alocarem.

O processo de urbanização corresponde ao expressivo aumento da população urbana em relação à população rural. Pode-se definir como urbanização o crescimento das cidades tanto em números populacionais como em extensão territorial. É o processo no qual o espaço rural transforma-se em espaço urbano, com a migração populacional do tipo campo-cidade quando ocorre de forma intensa e acelerada, é chamada de êxodo rural. Vale ressaltar que o desenvolvimento das cidades no Brasil tem como ponto de partida a propriedade rural (PAULO, 2018).

O desenvolvimento de uma cidade não é algo instantâneo, demanda tempo, ações planejadas e executadas a médio e longo prazo para ter reflexos nas atividades econômicas e combater as desigualdades e sua distribuição desigual no território. Na década de 1950, a maioria dos centros urbanos se concentravam em regiões litorâneas e por meio da integração rodoviária foi possível articulação com as cidades de relevância no contexto urbano-regional (CUNHA; GONÇALVES, 2021)

Oliven (2010), retrata em seu livro que mesmo que já existam as cidades há milhares de anos em sociedades com diferentes modos de produção, sua importância aumentou em dois períodos históricos mais recentes. O primeiro foi no final da Idade Média e estava relacionando as transformações que aconteceram no sistema feudal europeu com o desenvolvimento do capitalismo; o segundo foi no final do século XVIII com a Revolução Industrial e estava relacionado ao modo capitalista.

Cabral e Cândido (2019) descrevem em seu trabalho que o espaço urbano tem sido um local de crescimento, desenvolvimento e contradições. Sabe-se

que há uma contradição entre crescimento e desenvolvimento são categorias para serem analisadas de formas diferentes quando se trata de assuntos ligados a meio ambiente e economia, apesar de serem confundidos em uma mesma vertente de análise. As questões econômicas são predominantes em relação as questões ambientais, ou seja, sempre que for necessário escolher entre crescimento econômico e a preservação do meio ambiente, os fatores que levam ao crescimento econômico serão a primeira escolha.

Estes termos sendo comparados de forma errada quanto as suas definições, pode ser colocada com uma das contradições marcantes quanto ao se trata do urbano e do processo de urbanização, pois o crescimento das cidades não tem alinhamento ao desenvolvimento urbano, com isso a causa o aumento da vulnerabilidade tanto em termos do habitat humano como do ambiente construído, como consequência reduzindo as capacidades de resiliência social e ecológica.

Segundo Jatobá (2011), que em tese a concentração da população humana em cidades reduz a pressão sobre os ecossistemas e as áreas naturais, pois reduz drasticamente a superfície de espaço natural que necessitaria para a ocupação de uma mesma quantidade de pessoas de forma dispersa no território. No entanto, não é apenas a superfície do solo ocupada que conta para os cálculos dos impactos ambientais. O padrão de consumo e de rejeitos que esta população urbana produz impacta em uma maior quantidade de recursos naturais que extrapola, e muito, a área ocupada por ela. Há estudo que comprovam que existem cidades que produzem mais de 100 vezes o seu tamanho.

Lopes e Gonçalves (2020), o processo de urbanização brasileira desenvolveu transformações nas cidades nordestinas e cearenses, implicando movimentos de concentração e desconcentração que marcaram as mudanças do campo para cidade. O aumento quantitativo da população e a intensa migração de pessoas das áreas rurais gerou grandes concentrações urbanas, algo que ocorreu também em capitais nordestinas. O desenvolvimento das cidades médias nordestinas foi se consolidando como meio de acalmar a intensa migração para as metrópoles, com investimentos industriais, ações de políticas urbanas e migrações populacionais.

A cidade de Sobral está situada na Região do Semiárido Nordeste que é caracterizada por baixos índices anuais de chuva, altas temperaturas e umidade relativa baixa; a vegetação predominante é a caatinga arbustiva, apresentando características de adaptação, visto que o histórico de desmatamento intenso é marcante neste bioma. Diante deste cenário, o processo de urbanização em um sertão resultou em mudanças climáticas locais, devastação da vegetação, substituindo a flora por estruturas urbanas, causando graves impactos ambientais (ARAÚJO, SOUSAS e SALES, 2020)

A ação antrópica provocou mudanças no meio ambiente ao longo da história de forma desrespeitosa e descontrolada quanto à utilização dos recursos disponíveis, tendo como resultado a contaminação de nascentes, poluição dos solos, do ar, reduzindo os recursos naturais com um aumento excessivo de resíduos. A urbanização é o meio ambiente possuem uma relação direta, tal fato causa o processo de aglutinação de pessoas e atividades em um determinado local produzindo em sua maioria impactos ambientais de consequências paralelas e persistentes. Grande parte desses impactos são originados nas cidades.

A sociedade brasileira se tornou cada vez mais urbana devido a diferentes processos, pode-se citar o início das relações capitalistas no campo, aumentando a influência dos camponeses e agricultores mais pobres que acabam migrando para as cidades em busca de trabalho, outro ponto que pode ser levantado é a questão da qualidade de vida com melhores condições sanitárias e higiênicas (vacinas, remédios, entre outras), ocasionando uma redução na mortalidade infantil; no entanto, há um aumento significativo da população rural que não consegue ser absorvida, por causa do aumento da procura por esses tipos de serviços (OLIVEN, 2010).

Uma das características marcantes da urbanização é a artificialização dos sistemas naturais, provocando uma quebra das funções sistêmicas do ambiente, alterando os fluxos de matéria e energia, causando impactos indesejados a sociedade que podem ser concentrados em áreas de risco. Os impactos são mais acentuados durante picos de eventos naturais, como por exemplo chuvas extremas (SANTOS e PAULA, 2021).

A degradação ambiental ocasionada pelo desmatamento, aterramento e poluição, é a principal causa direta da produção de risco em áreas fluviais e lacustres. A busca incessante e ecologicamente insustentável para uso e ocupação de novos espaços, torna o meio ambiente como alvo principal de modificações para atender à demanda consumista capitalista, que perdura desde a época da primeira revolução industrial.

### **2.1.1 Áreas urbanas – Falha no planejamento urbano**

A falta de planejamento ou critério técnico para ocupação em áreas de encostas de planícies de inundação tem causado danos ao meio ambiente, como por exemplo a degradação ambiental, assoreamento dos rios, desmatamento. Durante o processo de construção das cidades, a população sofre com a falta de organização e planejamento ao ocupar espaços considerados de risco e vulnerabilidade.

Os alagamentos, enchentes, enxurradas e inundações, são considerados um dos principais problemas urbanos; a urbanização tem influência direta no aumento do risco a inundação, resultando em índices de variáveis de vulnerabilidade, sendo a maior concentração de danos nas periferias. As inundações também estão subordinadas às mudanças hidrológicas e climáticas, promovidas por alterações do microclima, ou respondendo as mudanças climáticas que estão em curso (SANTOS e PAULA, 2021).

A falta de ações preventivas sobre uso e ocupação das áreas de risco nos Planos Diretores Urbanos no Brasil, de grande parte dos municípios, resultou em uma ocupação desordenada das áreas ribeirinhas. Também é válida a discussão sobre a ocupação das áreas de médio risco hidrológico, ou seja, aquelas com um tempo de retorno mais que as frequências, porém com significativos prejuízos quando atingidos por ventos de maior magnitude (CARVALHO; ESPÍNDULA, MOREIRA, 2021).

Os desastres ambientais, ocorrem comumente por causa da inexistência ou ineficiência do Plano Diretor. A maioria das áreas urbanas sofre, por falta de estudos e restrições nos loteamentos que são suscetíveis a sofrer inundações. Estas situações podem ser solucionadas de acordo com o desenvolvimento do planejamento do uso do solo.

Segundo Santos e Rocha (2013), o surgimento de áreas periféricas aumenta a concentração de pessoas mais necessitadas, gerando dificuldades para ampliação de redes de infraestrutura; o processo de ocupação urbana integrado a falta de planejamento das cidades tem como consequências: alterações no balanço de energia e alterações nos níveis de conforto urbano (elevação da temperatura e redução da umidade relativa).

Segundo Tucci e Bertoni (2003), a tendência de uma urbanização é de acontecer do sentido da Jusante para montante, na macrodrenagem urbana, isso acontece por causa das características do relevo. No entanto, quando um loteamento é projetado a maioria dos municípios exigem apenas que o projeto dos esgotos pluviais seja eficiente no sentido de drenar a água do loteamento. Quando essa urbanização não é controlada pelo poder público ou é desenvolvido um sistema de macrodrenagem mais eficiente, há uma maior probabilidade de aumento de enchentes e inundações.

O impacto do aumento da vazão máxima sobre o restante da bacia não é avaliado pelo projetista e nem exigido pelo município. A combinação do impacto dos vários loteamentos produz um aumento de enchente a jusante. Isso ocorre pelo aumento da carga drenagem secundária (condutos) sobre a drenagem primária (riachos e canais). As áreas mais afetadas serão as antigas, que foram desenvolvidas sobre a jusante (TUCCI; BERTONI, 2003).

As pressões da pobreza, a desigualdade na distribuição de terras, o crescimento populacional nas grandes metrópoles, estes e outros motivos fazem com que mais pessoas se instalem em locais de perigo, como encostas íngremes e desprotegidas e em margens de rios. Na ocorrência de desastres, as consequências se acentuam, tomando proporções de catástrofes exatamente sobre aqueles que têm menos acesso a materiais básicos e principalmente aqueles que tem menos autonomia de independência (LICCO e DOWEL, 2015).

A grande maioria dos problemas relativos as inundações é consequência de uma visão errônea do controle por partes dos profissionais que planejam as obras hidráulicas visando apenas pontos localizados, sem realizar uma análise da bacia e dos aspectos sociais e institucionais das cidades. Países classificados como em desenvolvimento e mais pobres priorizam ações insustentáveis economicamente,

como medidas estruturais; países mais desenvolvidos, buscam o desenvolvimento de forma não estruturais, de forma mais econômica e visando a sustentabilidade ambiental (SANTOS e ROCHA, 2013).

Saber coexistir com os desastres ambientais e a mitigação de seus impactos adversos é uma medida que deveria ser adotada pela sociedade civil e órgãos públicos, através de um planejamento urbano e ambiental integrados. No entanto, promover a ocupação em áreas de risco vulneráveis com o objetivo de renda em relação as especulações imobiliárias ou outros, representa uma falta de responsabilidade social e moral, principalmente em relação as pessoas com baixa renda.

## 2.2 ESCOAMENTO SUPERFICIAL E PRECIPITAÇÕES INTENSAS

### 2.2.1 Ciclo Hidrológico

A água é o recurso natural mais importante para dinâmica da natureza, impulsiona todos os ciclos, sustenta a vida e é o solvente universal. A característica essencial de qualquer volume de água superficial localizada em rios, lagos, tanques, represas é sua instabilidade e mobilidade.

Para Studart (2016), a água diferencia-se do demais recursos naturais por sua principal característica de ser renovada continuamente, a partir do ciclo hidrológico. Embora o movimento da água não tenha princípio nem fim, costuma-se iniciar o seu estudo pela evaporação da água dos oceanos, em seguida sua precipitação sobre a superfície, coletada pelos cursos de água, volta ao seu ponto de partida.

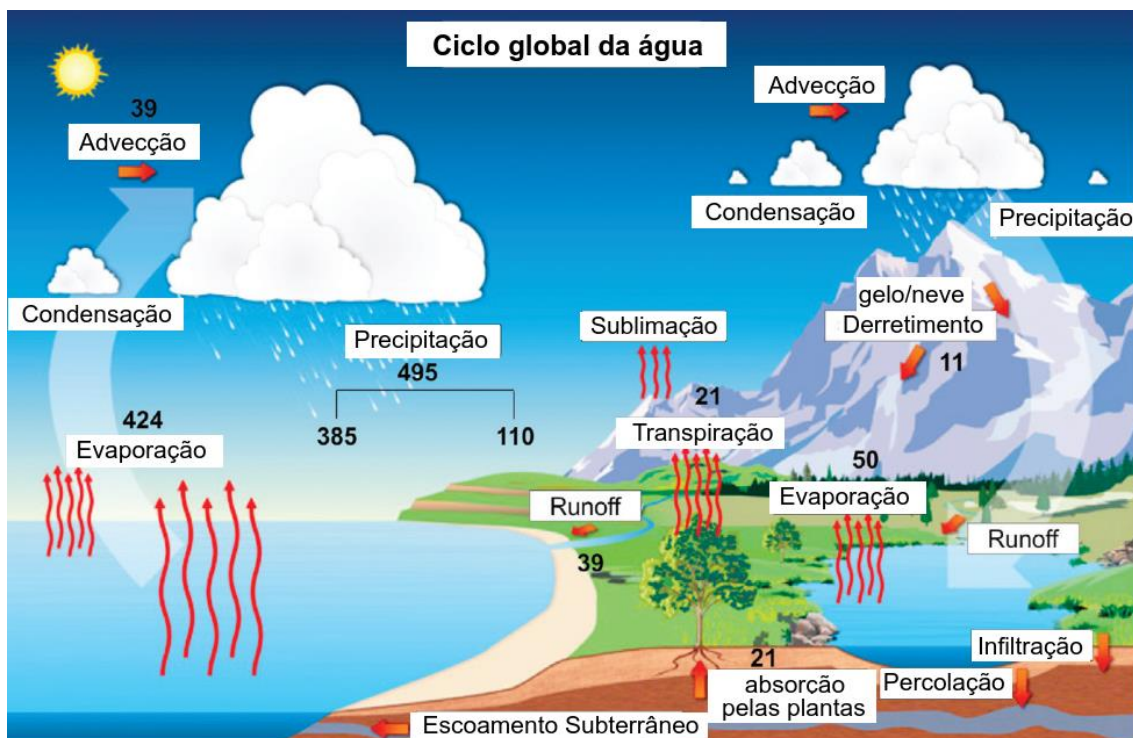
Segundo Carvalho e Silva (2007), o conceito de ciclo hidrológico na prática está ligado ao movimento e à troca de água nos seus três estados físicos, que acontece na hidrosfera, entre os oceanos, as calotas de gelo, as águas subterrâneas, as águas superficiais e a atmosfera. Esta movimentação deve-se ao Sol, que fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (evaporação), à gravidade que faz com que a água condensada caia (precipitação) e que na superfície circule através de linhas de água que se reúnem em rios até atingirem os oceanos



(escoamento superficial) ou se infiltre nos rios e nas rochas, através de seus poros, fissuras e fraturas (escoamento subterrâneo). Nem toda água precipitada alcança a superfície terrestre, uma parte fica retida pela vegetação e volta a evaporar-se.

Esse ciclo é fundamental para manter o equilíbrio dos ecossistemas e garantir o abastecimento de água para a vida na Terra. Com isso, entende-se que o Ciclo Hidrológico se constitui de uma sucessão de vários processos na natureza pelos quais a água inicia o seu caminho indo de um estágio inicial até retornar à posição primitiva. A interconexão e a continuidade do Ciclo Hidrológico (Figura 1) garantem que a água seja reciclada e redistribuída constantemente.

Figura 01: Ciclo Hidrológico



Fonte: Tatsch (2020).

Reis (2011), destaca em sua dissertação sobre as alterações que ocorrem no ciclo hidrológico com as modificações que são realizadas pelo homem. Citando as impermeabilizações, que reduzem a capacidade de infiltração do solo, as canalizações que causam alteração o regime hidrológico dos recursos hídricos. Ou seja, interferindo nos volumes de água infiltrada, escoada superficialmente ou evaporada. Na maioria dos casos ocorrem decréscimo da infiltração, auento da

evaporação e do escoamento superficial.

Tucci e Bertoni (2003), o ciclo hidrológico ocorre em condições naturais, mas o intenso processo de urbanização desordenada acarreta problemas para esse ciclo. O ciclo hidrológico é composto por diferentes processos físicos, químicos e biológicos; quando o ser humano passa a fazer parte deste processo e se concentra no espaço, produz alterações que modificam negativamente este ciclo, gerando impactos, várias vezes de forma irreversível, ao próprio homem e a natureza.

### **2.2.2. Escoamento superficial**

O escoamento superficial, no meio urbano, é um dos processos do ciclo hidrológico de destaque, pois alterações na utilização do solo modificam as condições de escoamento e acarretam grandes problemas para a população, tanto em curto como a longo prazo (LUIZ e ROMÃO, 2019).

O escoamento superficial tem forte influência na vazão e na ocorrência das inundações. Corresponde a parcela de água precipitada que permanece na superfície do terreno, sujeita à ação da gravidade que conduz para cotas mais baixas. De acordo com as características dos deslocamentos das águas na superfície, essas podem provocar erosão nos solos e inundação na várzea.

Segundo Lagadec *et. al* (2016), os processos que geram escoamento podem ser classificados em dois: infiltração do excesso de fluxo terrestre, quando a intensidade da chuva é maior que a capacidade de absorção do solo; e saturação por via terrestre, quando a capacidade de armazenamento do solo é limitada ou já está saturada, estes processos são difíceis de observar por acontecerem simultaneamente.

Quando o solo recebe água, ela se infiltra até atingir sua capacidade máxima de infiltração, que é a máxima taxa com que um solo, dependendo de sua condição, é capaz de absorver água. Quando esta capacidade é superada, uma parte da precipitação acumula-se na superfície podendo ocorrer escoamento superficial. Desse modo, o solo atua como um dispositivo de controle, e quando a capacidade de infiltração do solo é baixa, o escoamento superficial acontece mais facilmente.

Para Tucci (2006), os escoamentos são divididos em superficial, representa o fluxo sobre a superfície do solo e pelos seus diversos canais; em subsuperficial é o fluxo que ocorre junto com as raízes da cobertura vegetal e subterrâneo corresponde a maior parte do total.

Um dos métodos para encontrar o escoamento superficial é pelo SCS (*Soil Conservation Service*), é fundamentado em um parâmetro que procura descrever o tipo de uso do solo e a condição da superfície do terreno, características da cobertura superficial, das características físicas e umidade antecedentes, dos diferentes tipos de solo encontrados na bacia em relação ao potencial de gerar escoamento superficial. Este parâmetro é representado pela sigla CN (curve number ou comple number), sendo sua tradução “número de escoamento” (NUNES, *et. al*, 2011).

A geração do escoamento é um dos temas mais complexos de se estudar em hidrologia, uma vez que as variabilidades das bacias são muito grandes, e a água pode tomar vários caminhos diferentes do momento que atinge o solo até quando chega ao solo. Para a formação do escoamento existe dois processos: a precipitação de intensidade superior à capacidade de infiltração e precipitação sobre solos saturados (COLLISCHON; TASSI, 2008).

### **2.2.3 Precipitações intensas**

O conhecimento das características das precipitações intensas é de grande importância para o dimensionamento de obras hidráulicas, tais como: galerias, drenagem, calhas de escoamento, entre outros.

A respeito de estudo sobre o ambiente urbano, os trabalhos sobre impacto das chuvas na cidade começaram a ganhar maior importância a partir da década de 1980, mas se ampliaram em número e áreas estudadas entre as décadas de 1990 a 2000 (ZANELLA, 2020).

As precipitações intensas, também chamadas de chuvas extremas, são caracterizadas como precipitações pluviométricas, originadas de uma mesma perturbação meteorológica com intensidades extremas (caracterizadas pelo grande volume de precipitado em pequenos intervalos de tempo) e distribuição espacial e temporal críticas para determinadas áreas (SOUSA e PAULA, 2018). A obtenção das

características das chuvas intensas é de grande interesse pela sua frequente aplicação em projetos hidráulicos (CARDOSO, *et. al*, 1998).

A precipitação é essencial para a existência da vida, mas um local pode sofrer com chuvas intensas que causam como consequência inundações ou deslizamentos de terra. As inundações podem ocorrer quando a precipitação extrema resulta em acúmulo de água em locais geralmente secos; resultando na perda de moradias e de vidas, sendo uma constante preocupação para os residentes de algumas áreas.

Correia filho, Lucio, Constantino spyrides (2016), descreveram em seu trabalho que estes eventos extremos podem acontecer pela ação antrópica ao meio ambiente, isoladamente ou associados aos fatores ambientais ou regionais, podendo ser classificado como: hidrológico, climatológico, geológico e metereológico. Podendo ocorrer motivados por: alterações nos padrões dos sistemas metereológicos em várias escalas espaço e tempo, variações metereológicas, influência topográfica ou microclima regional.

Alguns deste elementos de eventos extremos estão ligados com as mudanças climáticas. Trenberth (2012), aborda em seu artigo que padrões anômalos das variáveis termodinâmicas (temperatura e capacidade de armazenamento de água da atmosfera) e dinâmicas (padrão de circulação de ventos), contribuindo para o aumento na frequência dos eventos extremos e seus impactos.

### 2.3 ALAGAMENTO, ENCHENTE, ENXURRADA

Desastres naturais, como consequência de episódios extremos de precipitação podem ser definidos como fenômenos de natureza que transformam a paisagem e o espaço natural e o geográfico. Quando estes casos de intensificam no meio social podem gerar situações de perigo, ocorrendo óbitos e danos materiais com prejuízos de difícil reparo. Os casos de inundação, enxurradas e alagamentos são os mais comuns dentre os eventos hidroclimatológicos. Tais eventos acontecem em mais de 80% das cidades brasileiras e estão associadas as instabilidades atmosféricas (CALDANA, *et al*, 2018).

As enchentes e inundações ocorrem desde antes da existência do homem na Terra, pois são fenômenos naturais que dependem do regime hídrico dos rios, assim como da periodicidade de chuvas de cada região. Vale ressaltar que as enchentes consistem na elevação dos níveis de água, podendo ou não causar inundação. Os alagamentos e enxurradas, são propícios de intervenções humanas, com a urbanização desordenada, a ocupação das áreas ribeirinhas, a impermeabilização, entre outros pontos que contribuem para os desastres ambientais a partir destes fenômenos.

Os fenômenos que serão descritos nos próximos tópicos são naturais, mas nas cidades estes são causados de formas, na maioria das vezes calamitosas, por causa do mau uso e ocupação do solo, que provoca uma série de impactos sobre a dinâmica hidrológica, principalmente com as águas pluviais e fluviais. É importante evidenciar que o processo de urbanização, a forma de distribuição da ocupação da cidade, o relevo, a geologia, o solo, a rede de drenagem, o regime pluviométrico, são fatores que precisam ser considerados de forma particular, estes variam e influenciam de maneira diferenciada (GOMES, MOURA, et al, 2015).

### **2.3.1 Alagamentos**

Segundo Licco e Dowell (2015), alagamento é o acúmulo periódico de água em pontos com ineficiência de sistema de drenagem, e enxurrada é o escoamento superficial concentrado com alta energia de transporte, que pode ou não está associado a área de domínio dos processos fluviais

Os alagamentos ocorrem, geralmente, em área planas ou com depressões o escoamento superficial comprometido pela topografia e falta ou insuficiência de uma drenagem no ambiente acumulando em ruas, calçadas, nas infraestruturas urbanas, por consequência das precipitações intensas (BRAGA, 2016).

Reis (2011), o fenômeno de alagamento também está relacionado com a redução da infiltração natural dos solos urbanos, a qual é provocada por: compactação e impermeabilização do solo; pavimentação de ruas e construção de calçadas, reduzindo a superfície de inundação; construção, adensamento de edificações, que contribuem para reduzir o solo exposto e concentrar o escoamento de água, entre outras ações; é comum a combinação dos dois fenômenos alagamento e enxurradas. A figura 02, mostra o registro de uma situação alagamento na cidade de Sobral- CE.

Figura 02: Alagamento na cidade de Sobral-CE.



Fonte: Autora (2023)

Além de todo o transtorno urbano, os alagamentos temporários dos solos também causam uma redução na troca de gases entre a planta e o ambiente. A anoxia ou a hipóxia sofrida pelo sistema radicular em plantas inundadas provoca uma queda imediata na respiração das raízes tanto em plantas tolerantes, quanto em plantas intolerantes, provocando inibição em sua taxa metabólica, comprometendo sua produção de ATP, causando uma redução no desenvolvimento da planta (BAILEY-SERRES; VOESENEK, 2008).

São inúmeras as ações que contribuem para os alagamentos em áreas urbanas, sendo necessário o desenvolvimento de formas de mitigação e conscientização da população em relação a este evento.

### **2.3.2 Enchente**

De acordo com Min. Cidades/IPT (2007), as enchentes ou cheias referem-se à elevação do nível de água em um canal de drenagem (rio, córrego, canal) devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.

As enchentes estão se tornando cada vez mais intensas e frequentes, especialmente nas áreas urbanas. Suas consequências são mais severamente sentidas em regiões com cenários sociais precários, vulnerabilidades e desigualdades sociais, entre outros problemas. Além de analisar o contexto social e econômico, que influencia a extensão dos danos, também é importante considerar as mudanças climáticas, que desempenham um papel significativo no aumento da quantidade e intensidade das chuvas e eventos climáticos extremos (GREENOUGH, *et.al.* 2001).

Chuvas intensas contribuem para a ocorrência de inundações, sendo um fenômeno que afeta tanto país desenvolvido quanto em desenvolvimento. A frequência desses eventos extremos tende a aumentar de acordo com relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), devido às mudanças climáticas (IPCC, 2014).

A ocorrência de enchentes é mais perceptível em áreas urbanas, pois estas acontecem quando uma quantidade de chuva atinge uma determinada área da cidade, se este local conter áreas verdes, com pouco pavimento o solo se encarrega de infiltrar. No entanto, não é essa realidade encontrada na maioria das cidades brasileiras. Em função da ocupação desordenada e impermeabilização do solo (SILVA, 2014).

As enchentes urbanas são consideradas como um dos principais impactos sobre a sociedade. Estes impactos podem ocorrer devido a urbanização ou inundação natural da área ribeirinha. As enchentes em áreas urbanas provem de dois processos, que podem ocorrer isoladamente ou de forma integradas: enchentes de áreas ribeirinhas (são as enchentes naturais que atingem a população que mora na várzea do rio) e urbanização (enchentes causadas pela urbanização desordenada) (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Um dos principais impactos ambientais causados pelas enchentes é a contaminação das fontes para abastecimento urbano, deteriorando sua qualidade. Pode-se citar alguns casos como a redução de mananciais disponíveis para uso, contribuindo para ocorrência de crises hídricas (IPCC, 2014).

Muitas vezes os conceitos de inundação e enchente são apresentados de forma equivocada, são tratados como sinônimos, mas segundo Licco e Dowell (2015), inundação é definida como o transbordamento das águas de um curso d'água,

atingindo a área da várzea. Enchentes ou cheias podem ser definidas como a elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, podendo atingir a cota máxima do canal, mas sem ser excedida.

### 2.3.3 Enxurrada

As enxurradas são provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões onde o relevo é acidentado, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos caudais, escoam-se de forma rápida e intensa (REIS, 2011). A figura 03 mostra ruas da vila de Jericoacoara, no litoral cearense, tomadas por uma enxurrada após fortes chuvas.

Figura 03: Enxurrada na cidade de Jericoacoara



Fonte: Sobral 24 Horas (2022).

Amaral e Tassi (2009), definem enxurradas como um escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais, sendo comum a ocorrência de enxurradas ao longo de vias implantadas sobre cursos de água antigos, com alto gradiente hidráulico e com terrenos com alta declividade natural.

Com a impermeabilização do solo por meio de ruas, calçadas, pátios, a água que antes infiltrava, passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento



superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, pelos efeitos da urbanização, passa a escoar por meio de superfícies impermeáveis, condutos e canais. Sendo necessário uma maior capacidade de escoamento, aumento das seções e declividade do canal (TUCCI, 2006).

As enxurradas podem ser intensificadas pelo processo de urbanização das cidades, pois causa modificação no ciclo hidrológico, cujos efeitos influenciam na infiltração e na velocidade do escoamento superficial (REIS, PARIZZI, MOURA E MAGALHÃES, 2012).

## 2.4 INUNDAÇÕES

As inundações são fenômenos naturais dos rios e outros corpos de água; todo e qualquer rio tem sua área natural de inundação. As inundações passam a ser um problema para o homem quando deixa de respeitar os limites naturais do rio. A urbanização agrava os efeitos da chuva trazendo consigo o conceito de canalizar e tornar subterrâneo tudo o que se quer esconder (ENOMOTO, 2004).

Para uma melhor compreensão sobre os fenômenos de inundação (Figura 04) é necessário conhecer e relacionar outros fatores que fazem parte da dinâmica fluvial e das águas de superfície. Destacam-se a vazão e o escoamento superficial. Pode-se definir como vazão como o volume de água escoada na unidade de tempo em um determinado curso de água. O escoamento superficial corresponde a parcela de água precipitada que permanece na superfície do terreno, sujeita a ação da gravidade sem conduzida para cotas mais baixas (TUCCI, 2005).

Figura 04: Perfil esquemático do processo de enchente e inundação



Fonte: Min. Cidades/IPT, 2007.

As inundações podem ser caracterizadas como ribeirinhas e urbanas. As inundações ribeirinhas são processos naturais que ocorrem em bacias de grande e médio porte, onde a declividade é baixa e a seção de escoamento é pequena. Quando uma precipitação intensa é superior à capacidade de drenagem do rio resulta em inundação nas áreas ribeirinhas; os problemas gerados são proporcionais ao grau de ocupação da várzea e da frequência que estas inundações acontecem (TUCCI e BERTONI, 2003).

Tucci e Bertoni (2003) descrevem que as inundações devido a urbanização são processos que ocorrem por diversas atividades humanas realizadas nas áreas urbanas. Esse tipo de inundação ocorre à medida que a população impermeabiliza o solo, aumentando assim a quantidade de água que passa nos condutos e canais ao mesmo tempo e chega ao sistema de drenagem. O acúmulo de água no sistema de drenagem produz inundações mais frequentes comparando-se quando a superfície era permeável e escoamento acontecia pelo refinamento natural.

São inúmeras as consequências das inundações, danificam as construções de diversas formas, e os danos causados podem ser classificados em tangíveis e intangíveis, e em diretos e indiretos em um segundo nível. Danos tangíveis são aqueles possíveis de mensuração, o que não se aplica aos danos intangíveis. Os danos que são resultados do contato físico com a água de inundação com bens e pessoas são considerados diretos; os indiretos são decorrentes de interrupções e perturbações das atividades sociais e econômicas durante e após as inundações. (JONOV; NASCIMENTO; SILVA, 2013). A figura 05 mostra as tipologias e as descrições em um segundo nível de caracterização.

Figura 05: Tipologia dos danos de inundações em áreas urbanas

<b>DANOS TANGÍVEIS</b>	
<b>Danos Diretos</b>	<b>Danos Indiretos</b>
Danos físicos aos domicílios: construção e conteúdo das residências. Danos físicos ao comércio e serviços: construção e conteúdo (mobiliário, estoques, mercadorias em exposição, etc.). Danos físicos aos equipamentos e plantas industriais. Danos físicos à infraestrutura.	Custos de limpeza, alojamento e medicamentos. Realocação do tempo e dos gastos na reconstrução. Perda de renda. Lucros cessantes, perda de informações e base de dados. Custos adicionais de criação de novas rotinas operacionais pelas empresas. Efeitos multiplicadores dos danos nos setores econômicos interconectados. Interrupção da produção, perda de produção, de receita e, quando for o caso, de exportação. Efeitos multiplicadores dos danos nos setores econômicos interconectados. Perturbações, paralisações e congestionamento nos serviços, custos adicionais de transporte, efeitos multiplicadores dos danos sobre outras áreas.
<b>DANOS INTANGÍVEIS</b>	
<b>Danos Diretos</b>	<b>Danos Indiretos</b>
Ferimentos e perda de vida humana. Doenças pelo contato com a água, como resfriados e infecções. Perda de objetos de valor sentimental. Perda de patrimônio histórico e cultural. Perda de animais de estimação.	Estados psicológicos de estresse e ansiedade. Danos de longo prazo à saúde. Falta de motivação para o trabalho. Inconvenientes de interrupção e perturbações nas atividades econômicas, meios de transporte e comunicação. Perturbação no cotidiano dos moradores.

Fonte: Cançado (2009)

Quando as precipitações são intensas e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte do volume escoar para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento. O excesso de volume que não consegue ser drenado ocupa a várzea inundado de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios. Estes eventos ocorrem de forma aleatória em função dos processos climáticos locais e regionais. As inundações urbanas ocorrem quando a população impermeabiliza o solo e acelera o escoamento através de condutos e canais, a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta produzindo inundações (TUCCI; BERTONI, 2003).

As inundações localizadas podem ser provadas por: estrangulamento da seção do rio devido a aterros e pilares de pontes, estradas, aterros para aproveitamento da área, assoreamento do rio e lixo; remanso devido a macrodrenagem, rio principal, lago, reservatório ou oceano; erros de execução e projeto de drenagem de rodovias e avenidas entre outros. Normalmente estes disseminam-se em áreas urbanas, à medida que existe pouco controle sobre as diferentes entidades que atuam na infra estrutura urbana. Aduelas, pontes ou rodovias, são frequentemente, projetadas sem considerar seu impacto sobre a drenagem (TUCCI; BERTONI, 2003, p. 18).

Conforme o solo é impermeabilizado, o escoamento da água é acelerado através da canalização do fluxo de água, por condutos e canais. As somatórias da

quantidade de vazões que chegam ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumentam causando a inundação. O contrário não aconteceria caso essas áreas fossem permeáveis, ou se a calha do rio não tivesse sido modificada. Ou seja, é necessário analisar a capacidade de permeabilização do solo.

Nas regiões de clima semiárido, com a perda de umidade no solo, por consequência dos longos períodos de estiagem, os vazios entre os grãos que antes eram preenchidos por água, são substituídos por maior quantidade de ar. Ou seja, quando ocorrem as primeiras chuvas intensas nas regiões tropicais, a infiltração é dificultada pela presença de ar somando-se com a capacidade de infiltração do solo ser menor, comparando-se com a intensidade da chuva (LUIZ e ROMÃO, 2019).

O processo de entrada de água no solo através de sua superfície é denominado de infiltração, o processo deste fenômeno depende de alguns fatores sendo eles: a textura do solo, massa específica, quantidade de matéria orgânica, porosidade, umidade, capacidade de retenção e a condutividade hidráulica (FAGUNDES, KOETZ, RUDEL *et al*, 2012).

Outro aspecto a ser considerado são às condições de superfície do solo não impermeabilizado, quanto a sua capacidade de infiltração, principalmente para solos tropicais não saturados, com alto grau de intemperismo. Dependendo das condições estabelecidas entre superfície-atmosfera, há o favorecimento para o aumento do escoamento superficial das águas pluviais, no início da estação chuvosa, devido ao comportamento hidromecânico dos solos tropicais não saturados (LUIZ e ROMÃO, 2019).

O excesso de água no solo provocado pela inundação temporária ou contínua é considerado um estresse abiótico que influencia na composição das espécies, na produtividade das comunidades de plantas; promove uma série de mudanças químicas, físicas e biológicas que alteram a capacidade do solo para suportar o crescimento das plantas.

Desse modo, compreende-se que as inundações são uma das mais dramáticas interações entre o homem e o seu ambiente, como a força dos eventos naturais, tanto quanto os esforços insuficientes para controlá-lo. Destacando que os próprios homens se expõem ao risco ao se instalar nas planícies de inundação ou

locais suscetíveis a inundação. Saber conviver com as inundações através da mitigação dos seus impactos adversos, é uma medida que deve ser tomada pela sociedade civil e órgãos públicos, através de um planejamento urbano e ambiental interligados.

#### **2.4.1 Inundações urbanas**

No Brasil, a partir da década de 60, a concentração da ocupação humana, junto aos rios, e a urbanização acelerada, originaram um dos principais problemas urbanos: as inundações. Segundo Tucci e Bertoni (2003), as inundações urbanas são tão antigas quanto as cidades ou qualquer aglomerado urbano. Ela ocorre quando as águas de riachos, rios, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupa áreas onde a população utiliza para moradias, transportes, entre outras atividades.

Pode-se associar, na maioria dos casos, o crescimento urbano ao aumento das manchas de áreas impermeabilizadas, a redução de área verde e a baixa capacidade da rede de drenagem frente as precipitações intensas. Quanto mais impermeável for a cobertura do solo, maior será o escoamento superficial, pluvial ou fluvial, em alguns casos, ambos podem ocorrer no mesmo tecido urbano. As inundações em áreas urbanas podem afetar tantos assentamentos formar, informais e precários, mas o que diferencia as consequências é a situação socioeconômica das pessoas atingidas (SANTOS e PAULA, 2021).

A retirada da vegetação é um dos fatores responsáveis pela impermeabilização do solo reduzindo sua capacidade de infiltração contribuindo assim para o aumento do escoamento superficial. Quando as precipitações são intensas e os canais de drenagem são ineficientes ao escoamento adequado, aumenta a vazão das águas acumuladas contribuindo para seu extravasamento, a urbanização impermeabiliza o solo contribuindo para o maior aumento do escoamento superficial tendo interferência direta nas inundações urbanas (Figura 06).

Figura 06: Inundação urbana na cidade de Sobral - CE



Fonte: O Sobralense (2009)

As inundações devido a urbanização acontecem em bacias pequenas, são influenciadas por diversas atividades humanas que impermeabiliza o solo, o que aumenta a quantidade de água que passa nos condutos e canais, ao mesmo tempo e chegam no sistema de drenagem elevada, produz inundações mas frequentes, do que quando a superfície era permeável e o escoamento se dava ao longo do terreno natural (REIS, 2011).

A história mostra em suas diferentes épocas e partes do mundo que o homem procura conviver com as inundações, desde as mais frequentes, como as mais raras. Pode-se citar como exemplo uma experiência histórica como a igreja católica, pois sempre que ocorre uma inundação, o prédio por mais antigo que seja, está instalado em um local seguro (TUCCI e BERTONI, 2003).

As inundações urbanas são caracterizadas, entre os desastres naturais, as que mais causam danos à saúde pública e ao patrimônio, com elevado índice de mortalidade. Isto é considerado devido o contato das pessoas com águas contaminadas e ao desequilíbrio nos sistemas de água e de saneamento. Além dos estragos patrimoniais a perda de casas, patrimônios públicos, danos causados nas rodovias, estradas, pontes, entre outros (PEITER, 2012).

As inundações urbanas ocorrem quando a população impermeabiliza o solo e acelera o escoamento através de condutos e canais, a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta produzindo inundações (TUCCI; BERTONI, 2003).

A falta de inundações facilita a ocupação de áreas de risco pela população, o mapeamento digital é uma forma que pode auxiliar na prevenção de desastres ambientais; quanto maior a altimetria, menor a chance de alagamento na região por causa da lei da gravidade, que encaminha as águas do escoamento superficial para áreas mais baixas (TONIOLO, *et. al.*, 2022).

Algumas estratégias que podem ser realizadas para reduzir ou evitar, ou pelo menos minimizar, as inundações nas áreas urbanas é a racionalização no uso do solo, sendo assim favorecido o escoamento, reformulação da infra-estrutura urbana referente à canalização de água pluviais e regulação dos cursos d'água, não sendo restrito apenas nas áreas urbanizadas, mas também nas áreas próximas e convergentes a estas (REIS, 2011).

#### **2.4.2 A influência do clima nas inundações urbanas**

A variabilidade climática é considerada um produto tanto do espaço quanto do tempo, o seu ritmo não é o mesmo de um ano para o outro, nem de uma década para outra. As flutuações variam de curto, médio e longo prazo; o clima é resultado de um processo complexo que envolve radiação solar, atmosfera, oceano, superfícies sólidas, entre outros fatores (CALDANA; *et al.*, 2018).

A variabilidade climática exerce uma influência significativa sobre as atividades humanas, pois podem causar modificações de temperatura, precipitações e frequência de eventos extremos como secas e chuvas intensas, resultando diretamente em impactos na agricultura, nos recursos hídricos, na saúde e no meio ambiente. As respostas dos ciclos energéticos e hidrológicos sobre as superfícies tem um papel crítico na determinação dos impactos e da variabilidade e mudanças climáticas sobre o espaço (CALDANA; *et al.*, 2018).

Os eventos naturais extremos que mais repercutem nas atividades humanas no nosso país são provenientes de natureza climática; o homem tem uma grande participação, mesmo que sejam fenômenos naturais, suas ações interferindo

em áreas urbana e rurais, têm contribuído para uma maior variação no clima, uma maior frequência, intensidade e expansão areolar (SANTOS e ROCHA, 2013).

Os eventos extremos ocorrem com maior frequência e intensidade em ambientes urbanos, pois nessas áreas acontecem as maiores transformações do espaço natural, que é planejada e organizada a partir dos estados médios dos sistemas atmosféricos, ignorando seu ritmo e variabilidade natural. Com isso, muitos autores utilizam o conceito de *hazard* definindo-o como sendo eventos que interrompem um ciclo ou um ritmo de ocorrência de repercussões geográficas de natureza climática e meteorológica (FONSECA e FERENTZ, 2020).

Marandola e Hogan (2004), caracterizam estes eventos extremos como *hazard* quando estão ocorrendo em áreas ocupadas por humanos, gerando perdas, danos, colocando em perigo estas populações. Por isso, um *hazard* não é um evento natural em si, mas sim quando este evento ocorre em uma interface entre homem e natureza.

O clima compõe uma importante parte no estudo das áreas urbanas, em particular o clima urbano, é uma pauta fundamental na compreensão dos problemas urbanos, na sua gestão e mitigação no presente e futuro. O clima tornou-se foco de inquietações e questionamento dos mais diversos setores da sociedade, compondo uma das principais preocupações o acontecimento dos eventos extremos.

Monteiro (1976), em sua tese de livre docência, descreve o que o clima urbano é a modificação substancial de um clima local, não podendo decidir sobre o ponto de concentração populacional a densidade de edificações em que essa notável mudança principia. A cidade modifica o clima através de alterações de superfícies, produzindo um aumento de calor, complementada por alterações na ventilação, na umidade e nas precipitações, que tendem a ser mais acentuadas.

Segundo Mendonça (2010), os riscos socioambientais de origem climática, respondem a uma condição de risco naturais, que necessitam de uma avaliação de sua ocorrência a partir da configuração climática de uma localidade. Portanto, identifica-se e analisa-se as condições climáticas da localidade, após aborda a manifestação de condições meteorológicas e climáticas excepcionais para determinar um melhor conhecimento dos riscos climáticos.



O clima urbano compõe-se necessariamente para compreender questões que dimensionem as repercussões e os impactos de fenômenos atmosféricos que ocorrem em um espaço geográfico produzido de forma desigual, em diversos níveis de vulnerabilidade e exposição aos perigos naturais. O impacto climático é uma medida de recriação do espaço urbano, uma vez que o movimento acontece associado a ocorrência de um determinado evento, como as chuvas intensas, e sua recriação socioespacial; o evento se encaixa na forma disponível e mais adequada (NASCIMENTO JÚNIO, 2019).

O clima é um dos fatores que também influencia na ocorrência de inundações. Podemos citar o nosso clima tropical, a existência de um período chuvoso, com concentração de chuva em um período do ano, mais a precipitação irregular, inserida no mesmo período chuvoso, com dias ou horas de chuvas intercaladas de períodos curtos de estiagem.

Segundo Santos (2007), este processo ocorre porque nas chuvas intensas a infiltração é reduzida, o que faz com que a água da chuva chegue aos canais fluviais mais rapidamente e em maior quantidade, acontecendo uma vazão de cheia significativa.

Os mecanismos físicos responsáveis pela grande variabilidade pluviométrica (ocorrência de secas e enchentes) observada sobre o semiárido nordestino estão fortemente relacionadas aos padrões atmosféricos e oceânicos de grande escala se processam sobre os oceanos pacíficos e Atlântico tropical. A variabilidade sazonal e intrasazonal do clima na região Nordeste está associada a zona de convergência intertropical, que atua durante todo o ano, oscilando na faixa equatorial, e influenciando o regime de chuvas no Nordeste.

As mesmas leis hidrológicas que são aplicadas em regiões áridas são as mesmas para as úmidas, mas as características físicas são diferentes, muitas vezes é necessário analisar com cautela. A distinção entre regiões áridas e semiáridas é a sua variabilidade no tempo e no espaço.

Segundo Monte-mor (2012), a principal característica do semiárido brasileiro é a baixa quantidade e a irregularidade da precipitação. O clima semiárido brasileiro é considerado um dos mais complexos do mundo, devido principalmente a

seu sistema de circulação de ar na atmosfera. As variáveis climáticas, temperaturas e índices pluviométricos interferem significativamente na hidrologia da região. A precipitação pluviométrica sofre grandes oscilações, podendo acarretar períodos de estiagem que podem variar de 9 a 11 meses.

Com as variações climáticas uma equipe de pesquisa internacional, cientistas da Newcastle University, da University of East Anglia (EUA), do Tyndall Center for Climate Change Research e do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) em São Paulo, concluiu que os aumentos das chuvas extremas e inundações associadas, devem continuar a proporcionar que as temperaturas globais continuem aumentando. Aumentos nas taxas de chuvas extremas diárias foram observados globalmente e em escalas continentais ao longo do século XX e início do século XXI (CORTEZ; 2021).

As mudanças climáticas, segundo Blenkinsop, Alves e Smith (2021), aumentam a intensidade das chuvas extremas, pois uma atmosfera mais quente contém mais vapor de água que pode chover, às vezes em um curto período. O movimento do vapor de água através da atmosfera, em tempestades, também é modificado. O aumento de chuvas extremas ao redor do mundo vem sendo observado; este aumento pode ser refletido na ocorrência e na magnitude das inundações, impactando severamente nas populações locais e na infraestrutura das áreas urbanas.

#### **2.4.3 Condicionantes dos processos de inundação**

Inundações são eventos naturais que ocorrem com periodicidade nos cursos d'água, frequentemente acontecem devido às chuvas fortes ou chuvas de longa duração. Sua magnitude e frequência acontecem em função da intensidade, distribuição da precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo e das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem (AMARAL e RIBEIRO, 2009).

Áreas de instabilidade associadas ao calor e a entrada de frentes frias, provocam chuvas intensas, junto a elas as situações mais comuns: estado de atenção para alagamentos, enchentes e inundações, trânsitos caóticos, estado de alerta para moradores de áreas de risco, entre outros. No entanto, no ponto de vista de recarga

de mananciais de água para abastecimento, vale-se também para lembrar promessas de políticas não cumpridas, além da necessidade de uma disseminação de uma educação e conscientização ambiental, entre outros (LICCO e DOWELL, 2015).

Santos (2007), relata em seu trabalho que com o processo de aceleração da urbanização, desenvolveu uma população urbana morando em áreas com infraestrutura precárias. O planejamento urbano no Brasil não contempla aspectos fundamentais como o controle de cheias urbanas, causando problemas, transtornos e prejuízos para a sociedade e ambiente que está contemplado. Não acontecendo no Brasil, apenas a falta de acesso aos serviços básicos, como a exposição dessa população a situação de risco ambiental.

As interferências e intervenções do ser humano nas áreas urbanas produzem impacto direto para o local e para a população. Alguns impactos que podem ser citados são: o aumento da vazão em decorrência da impermeabilização, redução da vazão nos cursos de água nos períodos de seca, aumento da erosão, assoreamento dos rios, presença de lixos nos cursos de água ou nos sistemas de captação de águas pluviais, presença de esgoto, proveniente das redes de captação de coletas que são lançados indevidamente nas redes de drenagem. Com isso há um aumento no acontecimento de alagamentos, enxurradas, enchentes e inundações (REIS, PARIZZI, MAGALHÃES e MOURA, 2012)

As planícies e os fundos de vale, em condição natural, apresentam o escoamento superficial lento, nas áreas urbanas estes fenômenos têm sido intensificados por alterações antrópicas, como impermeabilização do solo, ratificação e assoreamento dos cursos de água. Este modelo de urbanização, com a ocupação das planícies de inundação e impermeabilização ao longo das vertentes, o uso do espaço desafia a natureza, e mesmo em cidades mais planas topograficamente, onde na teoria, a infiltração seria favorecida, os resultados ainda são catastróficos (TAVARES e SILVA, 2008)

A probabilidade e ocorrência de uma inundação pode ser analisada pela combinação de condicionantes naturais e antrópicos. O estudo dos condicionantes naturais permite compreender a dinâmica do escoamento de água nas bacias hidrográficas, de acordo com o com o regime de chuvas vigente. Dentre estes condicionantes podemos destacar: as formas de relevo, características das redes de

drenagem da bacia hidrográficas; intensidade, duração e frequência das chuvas, características do solo e o teor de umidades, entre outros (AMARAL e RIBEIRO, 2009).

Reis (2011), cita em seu trabalho que os estudo de condicionantes naturais ajuda a compreender a dinâmica do escoamento de água nas bacias, de acordo com os períodos de chuva. A várzea, planície de inundação, é uma área que periodicamente é atingida pelo transbordamento dos cursos de água, sendo um local inadequado para habitação. Os vales encaixados e vertentes com altas declividades, proporcionam um escoamento mais rápido da água em um curto período, causando inundações bruscas e destrutivas. Em vales abertos, predispõem escoamento mais lento, devido ao gradiente de declividade ser menor.

Com a urbanização desordenada, apresentam graves problemas com inundações decorrentes da ocupação as margens dos cursos de água, com a perda de vida e bens materiais. Entre os condicionantes antrópicos estudos para aumentar a probabilidade de uma inundação são: uso e ocupação irregular das planícies e margens de cursos de água; disposição irregular de lixo no cursos de água, alterações nas características das bacias hidrográficas, processo de erosão do solo e assoreamento dos cursos d'água, entre outros (AMARAL e RIBEIRO, 2009).

#### **2.4.4 Risco ambiental**

O início do século XXI encontra-se marcado pela crescente urbanização. As áreas urbanas, estão demandando cada vez mais atenção, seja dos cientistas e dos gestores urbanos, particularmente quando se trata da formação de riscos e vulnerabilidade socioambientais (MENDONÇA, 2010).

Não há um conceito de risco que satisfaça as exigências de todas as ciências. Muitas abordagens sobre riscos são possíveis e permitem concebê-los como um sistema que desenvolver práticas de gestão, atores e espaços segundo diferentes lógicas. O uso da nomenclatura de risco não é atual, mas começou a ser utilizada relacionada às problemáticas que envolvem conjuntamente sociedade e natureza é uma abordagem mais recente, visto que os interesses pelas temáticas relacionadas às questões ecológicas em meados do século XX (NASCIMENTO e ARAÚJO, 2021)

Amaral e Ribeiro (2009), citam que existem dois elementos essenciais na formulação do risco: o perigo de ter um fenômeno ou atividade humana que possa ser danosa e a vulnerabilidade, o grau de fragilidade do elemento exposto ao perigo. Ou seja, o impacto do desastre dependerá das características, probabilidade e intensidade do perigo, bem como da vulnerabilidade das condições físicas, sociais, econômicas e ambientais dos elementos expostos.

Há uma classificação de perigo organizada pela UNISDR (2004), que caracteriza uma gama de perigos ambientais tais como meteorológicos, hidrológicos, geológicos; sendo estes classificados de acordo com sua origem, naquelas consideradas naturais ou tecnológicos. Os perigos naturais são classificados em três categorias: hidrometeorológicos, geológicos e biológicos (AMARAL e TASSI apud UNISDR, 2009). A Figura 07 a seguir mostra a classificação completa dos perigos, com ênfase na classificação referente a inundações.

Figura 07: Classificação de perigo, segundo UNISDR (2004)

<b>PERIGO (HAZARD)</b>	
Um evento, fenômeno ou atividade humana potencialmente danoso, o qual pode causar perda de vidas ou ferimentos a pessoa, danos à propriedades, rupturas socioeconômicos ou degradação ambiental.	
<b>PERIGOS NATURAIS (NATURAL HAZARDS)</b>	
Processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera e que podem constituir-se em um evento danoso. Os perigos naturais podem ser classificados quanto à origem em: geológico, hidrometeorológico e biológico.	
ORIGEM	EXEMPLOS DE FENÔMENOS
Perigos geológicos Processos ou fenômenos naturais que podem ser de origem endógena ou exógena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terremotos, tsunamis;</li> <li>• Atividade e emissões vulcânicas;</li> <li>• Movimentos de massa, escorregamentos, queda de blocos rochosos, liquefação;</li> <li>• Colapso superficial, atividade de falha geológica.</li> </ul>
Perigos hidrometeorológicos Processos ou fenômenos naturais de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inundações/enchentes, corridas de lama/detritos;</li> <li>• Ciclones tropicais, tempestades marinhas, ventanias, chuvas de tempestades, nevasca, relâmpagos;</li> <li>• Secas, desertificação, fogo, temperaturas extremas, tempestade de areias;</li> <li>• <i>Permafrost</i>, avalanches de neve.</li> </ul>
Perigo biológico Processo de origem biológica ou aqueles transmitidos por vetores biológicos, incluindo exposição aos micro-organismos patogênicos, tóxicos e substâncias bioativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecloração de doenças epidêmicas, contágios de plantas ou de animais e de infestações extensivas.</li> </ul>
<b>PERIGO TECNOLÓGICO (TECHNOLOGICAL HAZARDS)</b>	
Perigo associado com acidentes tecnológicos ou industriais, rompimento de infraestrutura ou atividades humanas que podem causar perda de vidas ou ferimentos a pessoa, danos à propriedades, rupturas socioeconômicos ou degradação ambiental. Exemplos: poluição industrial, radioatividade, resíduo tóxico, queda de barragens, acidentes industriais, etc.	

Fonte: TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, (2015).

A construção do conceito de risco está ligada a possibilidade da ocorrência futura de perdas (danos, prejuízos materiais e/ou imateriais) para a sociedade em geral, ou parte dela (classes sociais, grupos específicos, minorias, entre outros), ocorrendo por diversos processos da natureza. Ou seja, todos os tipos de risco apontam para um único significado: a possibilidade da ocorrência de perdas e danos. O risco pode ser considerado uma categoria de análise associada a priori à noção de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem “natural” (tais como os processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas (CASTRO, PEIXOTO e RIO, 2005). Para Bombassaro e Robaina (2010), o risco trata-se da possibilidade de “perda”, enquanto que o desastre é a perda concretizada.

Segundo Almeida (2012), risco é a percepção de um indivíduo ou grupo de indivíduos da possibilidade de ocorrência de um evento danoso ou causador de prejuízo. O conceito é voltado para a percepção de um indivíduo ou grupo de indivíduos da possibilidade de ocorrência de um evento danoso ou causador de prejuízo. A definição de risco passa a existir quando pessoas percebem e/ou que são passíveis de sofrer a ocorrência de um evento danoso.

Portanto, poderíamos afirmar que a origem dos riscos, assim como o aumento da capacidade de gerar danos e de sua escala de abrangência, acompanham a história da sociedade. Considerando o risco como o objeto de investigação científica sistemática, atualmente estudado a partir de bases teóricas e conceituais: quando e como adquire caráter e status científico (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005).

Almeida e Pascoalino (2009), pontuam em seu trabalho que a sociedade pós-moderna vive um clima generalizado de insegurança, com epidemias, violência cotidiana, crises financeiras, como por possíveis ameaças ambientais. No Brasil a população parece que está alheia a possibilidade de ocorrência de sinistros, sendo eles de forma natural ou tecnológica. Com isso, podemos perceber que no Brasil não ocorre a gestão de risco e sim gestão de crise.

Perigo e risco são frequentemente confundidos neste ramo. Mas grande parte dos estudiosos adota a palavra perigo caracterizando eventos a partir de um fenômeno natural suscetível, enquanto risco entende-se pela probabilidade de perda visualizada em um determinado período (vulnerabilidade) na eminência de um perigo.

Freire, Bonfim e Natenzon (2014), abordam em seu trabalho sobre a adoção da Teoria Social do Risco, que envolve quatro dimensões relacionadas entre si. À primeira é relacionada a periculosidade, ou seja, ao potencial perigoso que têm os fenômenos naturais (espontâneo os tecnicamente manipulados); a segunda é a vulnerabilidade que é definida pelas condições socioeconômicas anteriores a ocorrência do desastre e pela capacidade de enfrentá-lo; os planos de mitigação (preparação, prevenção e recuperação) também são componentes de vulnerabilidade.

A terceira dimensão é a exposição que é a consequência da interrelação entre periculosidade e vulnerabilidade. Essa dimensão se expressa territorialmente como uma construção histórica que envolve processos físicos e naturais com as relações econômicas, contemplando o uso do solo, a infraestrutura e os serviços públicos. A última seria a incerteza que é relacionada com as limitações do conhecimento; essas limitações e a complexidade dos fenômenos das inundações dificultam o manejo adequado da totalidade das variáveis envolvidas e o processo de decisões é tomado por incertezas (FREIRE, BONFIM e NATENZON, 2014)

A gestão de risco pode ser compreendida, como a gestão da possibilidade de ocorrência de um desastre ou um evento perigoso, que pode causar danos ou prejuízo; ficando implícito que essa perspectiva abrange a gestão de algo que não aconteceu e requer sua previsão ou prevenção.

#### **2.4.5 Vulnerabilidade ambiental**

O conceito de vulnerabilidade assim como o de risco, indica uma situação de um estado futuro. Estar vulnerável significa compreender as características de uma pessoa ou de um grupo no que se refere a sua capacidade de se antecipar, resistir, sobreviver e recuperar-se de uma ameaça ou acontecimento natural. Seria uma combinação de fatores que determinam o grau com que a vida e o suprimento de uma

pessoa são postos por uma ameaça distinta e identificável na natureza ou na sociedade (ALMEIDA, 2012).

A vulnerabilidade está ligada a processos intrínsecos que acontecem em um sistema, sua capacidade de regeneração e resiliência após um dano após um dano; e de processo extrínsecos, relacionados a pressões ambientais atuais e futuras. Por tanto, a vulnerabilidade ambiental pode ser entendida como uma capacidade ou incapacidade do meio natural a resistir ou recuperar-se, após sofrer impactos decorrentes de atividades antrópicas (LOURENÇO, *et al.*, 2013).

O que gera a vulnerabilidade das áreas ambientais no meio urbano, são fatores antrópicos. Denota-se então, que a problemática ambiental se origina de usos conflitantes gerados tanto pelas diversas demandas da sociedade em relação a um determinado recurso os sistemas ambientais quanto pela deficiência na execução da legislação (LOURENÇO, *et al.*, 2013).

Os desastres são definidos pela vulnerabilidade dos sistemas, ou seja, pela susceptibilidade das pessoas ou de coisas serem expostas a um perigo. Assim, a maior ou menor intensidade de um desastre dependerá da vulnerabilidade das suas populações expostas. Infelizmente, a populações pobres são mais vulneráveis (LICCO e DOWEL, 2015).

A literatura sobre a importância da integração de análises de vulnerabilidade social no planejamento de mitigação de risco existe há muito tempo, a grande maioria dos planejadores não a incorporam em suas avaliações de risco ou ações de mitigação. Isto acontece por uma série de fatos, a falta de acesso a dados demográficos a níveis mais desagregados, como bairros, falta de capital social e visibilidade das populações vulneráveis, além da falta de consciência e compreensão em como incorporar a questão da vulnerabilidade social no planejamento de mitigação de riscos (MALTA, COSTA, MAGRINI, 2012 apud FEMA, 2013).

O acontecimento de desastres não está apenas ligado a suscetibilidade devida as características geoambientais, mas também à vulnerabilidade do sistema econômico, social, político e cultural. Pode-se compreender por vulnerabilidade a “incapacidade” da não absorção de uma comunidade dos efeitos causados em seu



meio; ela determina a intensidade dos danos, que produz a ocorrência efetiva do risco sobre essa comunidade (BOMBASSARO e ROBAINA, 2010).

Girão, Rabelo e Zanella (2018), destacam que a maior exposição dos riscos é diretamente proporcional às condições de fragilidade físico-natural e vulnerabilidade; sendo o menor ou maior estágio de estabilidade ou instabilidade dos fatores abióticos, frente às modificações geradas pela morfopedogênese e fitos sucessão atuantes nas unidades ecodinâmicas, que possibilitam compreender os riscos e vulnerabilidades. A vulnerabilidade está posta quando existe um conjunto de fatores naturais e sociais específicos que proporciona a suscetibilidade ao risco.

Segundo Almeida (2012), as distribuições de precipitações que ocorrem no território brasileiro, mostram que em todas as regiões superam 100mm, com registros que podem até ultrapassar 400mm em 24 horas. Tais eventos, são antecedidos por semanas ou meses de precipitações, que encharcam o solo, aumentando o nível hidrostático e favorecendo a ocorrência de enchentes e deslizamentos de encostas.

Os problemas ambientais devem ser analisados tendo em vista a relação sociedade-pessoa-natureza. Os acontecimentos caracterizados como catástrofes, desastres naturais ou industriais colocam no centro do debate as relações estabelecidas entre sociedade e natureza. As catástrofes são campos estudados pela sociologia e geografia, além de outras áreas. Estes acontecimentos oportunizam estas e outras áreas avaliarem tensões e vulnerabilidades de uma dada sociedade em um momento preciso, seja enfatizando eventos naturais, ou aspectos sociais, com a teorias dos desastres.

#### **2.4.6 Mapeamento das áreas e controle de inundações**

Os fenômenos das inundações despertam uma grande preocupação no país, a Política Nacional da Defesa Civil, classifica as inundações de acordo com a sua dimensão, dividindo-as em: excepcional, grande, normal, regular e pequena. Esta divisão ocorre de acordo com o prejuízo e os danos que causam em relação ao patrimônio público e privado em relação as pessoas. Também recebem classificação de acordo com sua origem, tipo ou causa de ocorrência (PITER, 2012).

Segundo Menezes, et al (2021), o desenvolvimento de conglomerados urbanos juntamente com o crescimento e adensamento demográfico, ocasionam profundas alterações na relação sociedade/natureza. Mudanças climáticas e desequilíbrios ambientais ocorrendo em diferentes escalas, somadas com às estruturas econômicas sociais excludentes e desiguais, contribuem para o aumento do número de desastres voltados a inundações e intensificado suas consequências.

Tucci, Porto e Barros (1995), elencam os princípios de controle a inundações urbanas que são eles:

1. Considerar a bacia hidrográfica como um sistema integrado à área local;
2. Realizar as análises de controle no conjunto da Bacia Hidrográfica;
3. Implementar meios de Gestão e Outorga referente aos recursos hídricos (Plano Diretor Urbano Ambiental, Plano de Drenagem Urbana, Plano de Saneamento);
4. Controle permanente das normas, prevenção com educação ambiental e conscientização da população;
5. Manutenção em conjunto com controle.

As medidas de controle a inundação podem ser caracterizadas como estruturais e não-estruturais. As estruturais são obras de engenharia que alteram o sistema fluvial evitando assim os prejuízos das inundações; de caráter não-estrutural, é difundir sobre educação e prevenção ambiental, com objetivo de manter “uma boa convivência” entre a população e o rio, buscando minimizar os prejuízos desenvolvidos a partir das inundações.

Segundo Hora e Gomes (2009), a aplicação da cartografia na identificação e diagnóstico de áreas de risco tem sido bastante explorada em diversas cidades brasileiras, surgindo então várias metodologias, com o objetivo a combinação de dados e informações referentes a aspectos geológicos, geomorfológicos, e uso do solo, Dessa forma, a cartografia assume um papel importante na gestão do risco, pois através dela é possível elaborar mapas associando os conhecimentos físicos, ambientais e sociais que interferem na dinâmica das inundações.

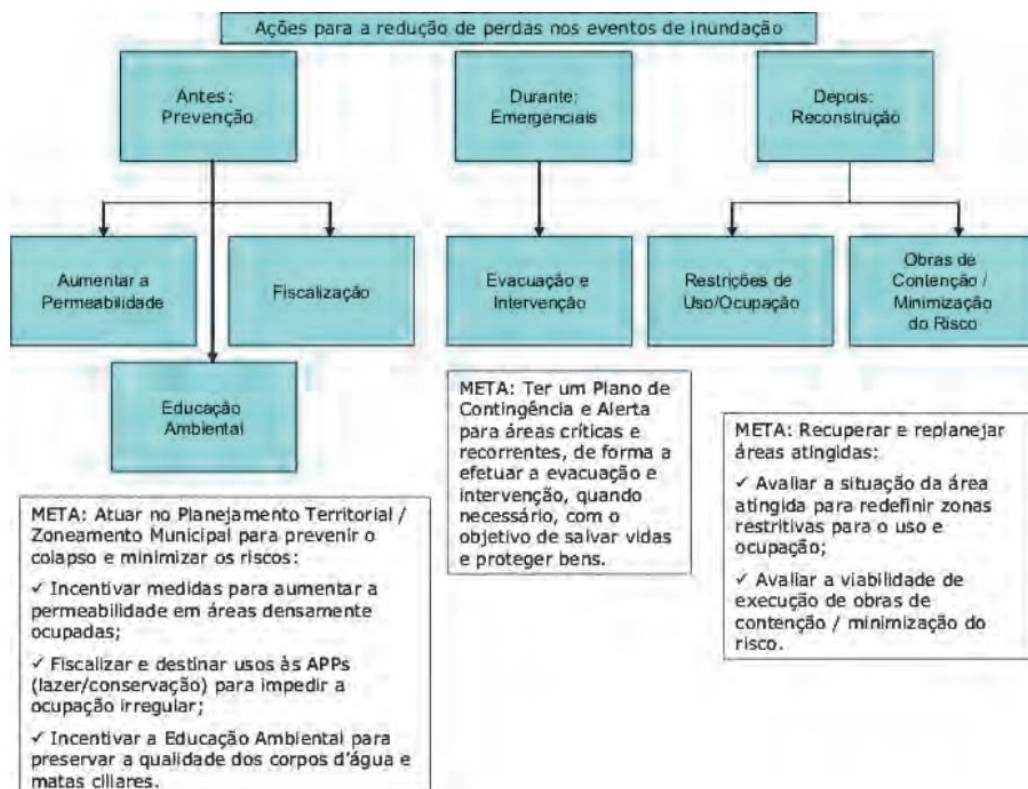
O Geoprocessamento ajuda no planejamento ambiental, fornecendo informações sobre o meio físico, biótico e antrópico, além de proporcionar auxílio na elaboração de modelos de gestão, cujo objetivo é o monitoramento e a mitigação de

impactos ambientais. O Sistema de Informações Geográficas (SIG), auxilia no planejamento de áreas ao gerar mapa com dados espaciais, como relevo, cobertura verde, o uso e ocupação da terra, área de risco; proporcionando grande potencial para tomadas de decisões por parte dos gestores (TONIOLO, *et al*, 2022).

Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (2021), os planos de Gestão dos Riscos devem abranger todos os aspectos da gestão dos riscos das inundações, tendo como objetivo reduzir o risco nas áreas possíveis de possíveis inundações, através da implementação de medidas que minimizem as consequências prejudiciais para a saúde humana, atividades econômicas, meio ambiente e patrimônios.

É importante estabelecer que a análise de uma área para reconhecer as reais condições de perigo e potencial de vulnerabilidade devem ser verificadas não apenas considerando o presente e o futuro, mas sim estudando o passado deste local. A imagem do fluxograma (Figura 08) apresentado a seguir, que propõem uma sequência de ações que devem ser executadas nas diversas etapas da inundação, com a implementação de medidas para redução de perdas.

Figura 08: Fluxograma de ações para eventos de inundação



Os mapas são fundamentais para o planejamento urbano, pois mostram o comportamento dos rios durante as enchentes ao longo dos anos. Segundo Tucci (2005), os mapas de inundação devem ser de dois tipos: mapas de planejamento e mapas de alerta. O de planejamento definem as áreas atingidas por cheias de tempo de retorno. Os mapas de alerta são preparados com valores de cotas após a distribuição de réguas ao longo da área de risco sendo acompanhada pelos moradores, utilizando como base as observações dos níveis de água em relação a régua (TUCCI; BERTONI, 2003).

A gestão de risco a inundação precisa de um sistema de política de decisão. Este sistema deve ser desenvolvido de um modo muito aberto, para contemplar todas as tipologias dos riscos de inundação. Os sistemas de decisão deverão incluir as avaliações dos impactos ambientais e das percepções públicas. Para facilitar essas avaliações, a utilização do SIG é cada vez mais justificado.

Derani (1999) aborda em sua obra, a relação entre as medidas preventivas a risco a inundação, devem ter a intenção de não prejudicar o meio ambiente, a implementação de pesquisas no campo ambiental, desenvolvimento e melhoramento de tecnologia ambiental, imposição de políticas ambientais a serem cumpridas em médio e longo prazo, fortalecimento dos órgãos estatais competentes para a melhora na execução dos planos ambientais.

As primeiras providências a serem tomadas para evitar uma inundação é verificar as áreas que estão sujeitas ao risco de inundar. Esta informação pode ser coletada junto a defesa civil, com a prefeitura ou com moradores mais antigos dos locais estudados. De acordo com a legislação, é proibido construir em áreas que fazem parte de preservação ambiental, no curso dos rios. Estas áreas são sujeitas a inundações periódicas, devido a dinâmica natural (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

Outras ações que devem ser tomadas por parte do poder público para minimizar os efeitos das inundações, como a regulamentação e fiscalização do uso do solo, limitando as áreas que podem ser habitáveis que não impeçam o armazenamento natural da água. As áreas públicas das cidades podem ser utilizadas para o uso produtivo e menos sujeito aos riscos e danos, nas áreas livres das cidades,

facilitaria a drenagem das águas das chuvas, sendo o reflorestamento incentivado permitindo a recreação da população (PEITER, 2012).

A solução ideal para controle de inundações deve ser definida para cada caso em função das características dos rios, do benefício da situação das enchentes e dos aspectos sócias do seu impacto. Para cada situação, medida estruturas e não-estruturais devem ser combinadas para uma melhor situação. No entanto, o processo de controle inicia na regularização do uso do solo urbano através de um plano diretor bem definido (TUCCI, PORTOS e BARROS, 1995).

Levando em conta o que fora abordado até agora, pode-se afirmar que o desenvolvimento de análises para prevenção de desastres ambientais está se tornando cada vez mais necessário, com o objetivo de reduzir os prejuízos causados por este tipo de evento. Sendo assim, é preciso ter conhecimento sobre o histórico das inundações anteriores do local de estudo, a modelagem digital do terreno, as técnicas de sensoriamento remoto e o geoprocessamento (GOURLAT e MATSUOKA, 2021).

O conhecimento de áreas com risco a inundação, facilita o estabelecimento de alternativas e ações que possam minimizar os efeitos negativos a este fenômeno, pois é difícil a eliminação completa deste fenômeno, por ser caracterizado como algo natural. No entanto, o mapeamento serve como alerta para a população.

#### **2.4.7 O uso do Geoprocessamento como ferramenta para o mapeamento de áreas suscetíveis a inundação.**

Com o desenvolvimento cada vez mais crescente em relação a estudos ligados à área ambiental, observa-se um crescente interesse pelo Geoprocessamento e suas ramificações, podemos destacar o Sensoriamento Remoto, que integrado ao SIG, em áreas tão distintas como administração, engenharia, arquitetura, saúde, sociologia, entre outras.

O Geoprocessamento denota a disciplina que utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente nas áreas como Cartografia, Recursos Naturais,

Planejamento Urbano, entre outras áreas. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas SIG (CÂMARA, DAVIS e MONTEIRO, 2001).

O Geoprocessamento possui diversas ferramentas que proporcionam o planejamento espacial e estratégico de uma determinada área, gerando mapas com informações especiais. Permitindo a realização de análises complexas ao integrar dados de diferentes fontes e gerar bancos de dados georrefenciados.

Reis (2011), ressalta em seu trabalho que o Sistema de Informação Geográfica é uma das ferramentas mais valiosas para as diversas áreas. Estes sistemas possuem um ambiente tecnológico, organizacional, que além de análises geográficas, estão realizando estudos em diversas áreas como geologia, pedologia, biologia, sendo caracterizado como uma ferramenta multidisciplinar.

Os avanços operacionais da ciência geográfica na explicação da organização do espaço devem muito ao aprimoramento das técnicas de coleta, tratamento e análise de dados georrefenciados. Por tanto, o uso das técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto integrados ao SIG, tem permitido à análise de fenômenos cada vez mais complicados, que antes não seriam possíveis de determinar pela análise cartográfica convencional. (SILVA, *et.al*, 2016).

Schiavetti e Camargo (2002) afirmam que o uso de métodos associados ao SIG oferece ainda a possibilidade de executar a modelagem para prever padrões espaciais de processos ecológicos com relação a possíveis cenários decorrentes do tipo de ocupação; possibilita também auxiliar aos tomadores de decisão na definição de diretrizes a respeito de usos de terra em uma Bacia Hidrográfica.

Para Goulart e Matsuoka (2021), a utilização dos SIG's vem crescendo exponencialmente em todo o mundo, devido à uma melhor situação de gerenciamento das informações em banco de dados, com isso facilita o apoio nas decisões de problemas cotidianos relacionado a planejamento urbano e preservação do meio ambiente; por serem ferramentas projetadas para armazenamento, processamento e recuperação de grandes informações georrerenciadas, permitindo a localização de qualquer objeto com um a informação apenas de suas coordenadas.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO

A pesquisa bibliográfica deste estudo foi fundamentada em autores proeminentes, incluindo Caldana et al. (2018), Cançado (2009), Tucci (2005, 2006), Tavares e Silva (2013) e Lourenço et al. (2013), entre outros. Essa abordagem propicia uma apreensão em profundidade dos conceitos teóricos associados às inundações, bem como das diferenças essenciais entre alagamentos, enchentes e enxurradas.

Para aprofundar a compreensão sobre risco e vulnerabilidade ambiental, foram exploradas as contribuições de Almeida (2012), Almeida Pascoalino (2009) e Castro; Peixoto e Rio (2005). Esses autores fornecem insights valiosos para uma abordagem mais completa das definições e aplicações do conceito de risco e vulnerabilidade. No que se refere à elaboração de mapas de inundações, referências serão feitas às obras de Tominaga, Santoro, Amaral e Ribeiro (2015), bem como ao trabalho de Tucci (2005). Esses recursos são fundamentais para a compreensão do processo de mapeamento das inundações.

Para o levantamento das áreas de estudo foi utilizada como base de dados o relatório da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), este relatório foi desenvolvido a partir de desastres naturais dentre estes, os que acarretaram maior número de mortes foram as inundações e os movimentos de massa. Com a implantação da lei número 12.608/12, que autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres.

A CPRM é uma instituição vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), tem como missão gerar e divulgar conhecimento geológico e hidrológico básico necessário para o desenvolvimento sustentável no Brasil. Atuando em três áreas intrínsecas das geociências: Geologia, Recursos Hídricos e Geodiversidade, além de mobilizar imenso patrimônio profissional e tecnológico no desenvolvimento e manutenção de geotecnologias com suporte e divulgação de suas informações.

Segundo dados da CPRM (2019), as áreas de risco a inundação na cidade de Sobral foram identificadas a partir do relatório do Plano Nacional de Gestão de Risco e Resposta a Desastres Naturais (PPA 2012 – 2015), que foi dividido em quatro

eixos temáticos, que são: mapeamento, previsão, resposta e monitoramento; o Serviço Geológico recebeu a missão de realizar o mapeamento de áreas de risco geológico em 821 municípios prioritários, no período de 2011 a 2014.

O SIG, foi utilizado para auxiliar na determinação das áreas em estudo. Além de ser utilizado para a elaboração manutenção de um banco de dados geocodificados, este ajuda na elaboração de modelos para entendimento da paisagem sob o ponto de vista ecológico e ambiental. Ferramentas como Google Earth, Pro foram fundamentais para a seleção de imagens referentes as áreas de estudo, principalmente a cidade em estudo sendo caracterizada quanto a hidrografia, vegetação, topografia com o intuito de compreender as áreas com risco a inundação.

O levantamento sobre a urbanização de Sobral ao longo dos anos de 1990 à 2021 foi realizado por imagens de satélite e por sites como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) e Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), senso assim, comparados o crescimento da cidade com a quantidade de cheias que houve durante esse período, utilizando imagens de satélite e dados do IBGE.

Os resultados obtidos nesta pesquisa foram desenvolvidos a partir de uma vasta revisão e discussão bibliográfica, desenvolvimento de mapas utilizando informações técnicas e empíricas, foram realizadas pesquisas em campo para análise de vulnerabilidade e percepção da população ( Ver Apêndice A) que habita nessas áreas caracterizadas como de risco, e por fim foram elencadas ações mitigatórias para auxílio dessas populações.

### 3.2 DESENVOLVIMENTO DO MAPA DAS ÁREAS COM RISCO A INUNDAÇÃO

Para a construção do mapa com as áreas com risco a inundação, serão utilizadas dois tipos de estudo, um de forma técnica e outro de forma empírica. De forma técnica serão obtidas informações a partir do relatório da CPRM, Serviço Geológico do Brasil (SGB) e de forma empírica a partir de relatos a através das entrevistas realizadas, manchetes de revistas, jornais, e blog's, e de alguns vídeos postados nas redes sociais, mas para comprovar esta última análise será desenvolvido um mapa com as cotas altimétricas das outras áreas selecionadas.



Foram realizadas buscas de dados de ocorrência de inundações junto à defesa civil e com a prefeitura de Sobral, com a secretária de meio ambiente, no entanto, não foi obtido êxito com a coleta de dados. Para desenvolver o capítulo sobre as inundações na cidade de Sobral, foi pesquisado em alguns artigos, buscando reportagens em *blog's*, jornais, buscando fotos e alguns relatos para o desenvolvimento do tópico.

A execução, análise, organização e interpretação do Sistema de Informações Geográfico, aliado com os estudos de campo, possibilitaram uma análise mais detalhada sobre as áreas de risco. Portanto, tivemos informações suficientes para elaborar e averiguar as áreas que possuem risco de inundação na cidade de Sobral.

Os efeitos urbanos associados à formação do clima produzem efeitos diferentes ao meio ambiente urbano, conhecendo as características hidrológicas e os locais que já sofreram inundação na cidade de Sobral, foram desenvolvidos mapas, segundo os históricos de inundações da cidade, e segundo os dados da CPRM/ SGB, ao longo dos anos mostrando os locais que sofreram com este fenômeno para que possa sendo comparado as áreas que ainda têm risco a inundação e as áreas que não sofrem mais com este fenômeno.

Com todas as informações adquiridas, os resultados obtidos foram organizados e realizados relatórios para serem apresentados aos órgãos interessados, com o objetivo de ampliar o conhecimento a partir da realização desta pesquisa, para serem usufruídas da melhor forma buscando o desenvolvimento da região, melhorando a qualidade de vida população e contribuindo com as pesquisas para a universidade.

### 3.3 TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado com aplicação de questionários e visitas à alguns dos locais que estavam mapeados no relatório da CPRM e outros que foram mapeados, segundo pesquisas empíricas realizadas com reportagens, relatos e imagens da internet, pela autora. As entrevistas aconteceram em bairros diferentes: Centro e Campo dos Velhos.

As perguntas foram desenvolvidas com a linguagem mais branda e simples possível, para facilitar no entendimento dos entrevistados. No início da aplicação dos questionários utilizou-se o termo inundação, mas alguns moradores não compreendiam o significado ou consideravam quando ocorria grandes perdas materiais, por isso utilizou-se as palavras cheias e transbordamento.

No início a abordagem realizada seria a quantitativa, foi desenvolvido o questionário e as respostas seriam quantificadas em tabelas. No entanto, ao decorrer das entrevistas as pessoas abordadas se sentiram à vontade para contar um pouco de suas experiências em relação as inundações, com isso foi elaborado um subtópico com algumas falas em relação as percepções dos entrevistados, tornando a pesquisa também qualitativa

## 4 INUNDAÇÕES DA CIDADE DE SOBRAL

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

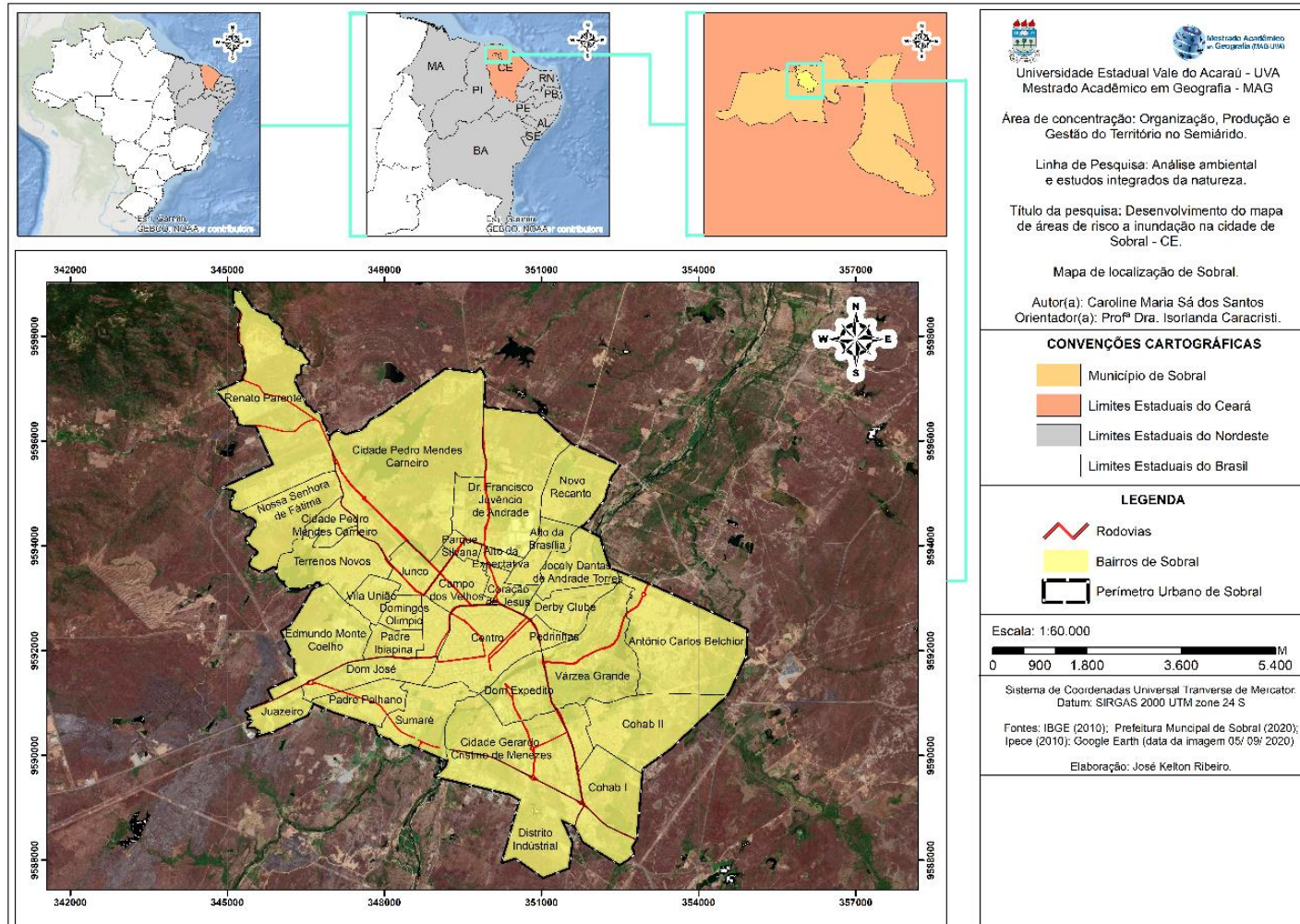
A zona de estudo (representada na Figura 09) do mencionado estudo encontra-se na parte Setentrional do Ceará, a uma distância de 235 quilômetros de Fortaleza. Situada na Latitude (S) 3° 41' 10" e Longitude 40° 20' 59", localizada a direção Noroeste. Os municípios vizinhos incluem ao Norte, Miraíma, Santana do Acaraú, Massapé, Meruoca, Alcântaras, Acaraú. Ao Sul, Cariré, Groaíras, Forquilha, Santa Quitéria, Canindé, a Leste, Canindé, Irauçuba, Miraíma, e ao Oeste, Coreaú e Mucambo. Possui uma extensão total de 2.122,9 quilômetros quadrados (segundo dados do IPECE, 2017).

Conforme dados do IBGE (2022), a população total é de 203.023 indivíduos. Dentro de sua extensão geográfica, estão distribuídos 37 bairros. O clima característico é o Tropical Quente Semiárido, acompanhado de uma variação do Tropical Quente e Semiárido ameno. As precipitações ocorrem de janeiro a maio, e a temperatura média atinge os 30°C, com uma média pluviométrica de 821,6mm.

Sobral é considerado o segundo maior município desenvolvido do estado do Ceará, ficando atrás apenas de Fortaleza, segundo o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), sendo líder também em trabalhadores com carteira assinada, possuindo a quarta maior arrecadação de imposto sobre Circulação de Mercadorias e prestação de serviços (ICMS) do estado.

Segundo Ursulino (2013), o clima quente e seco provoca intenso desconforto térmico nos horários de pico do sol. O município apresenta temperaturas médias entre 25° e 30°C em boa parte do ano, mínima de 22°C, média de 28°C e máxima de 35°C, constituindo-se como uma das mais altas do Estado do Ceará. A temperatura média mensal estimada por regressão foi de 27,50°C, oscilando de 26,30°C no mês mais frio a 28,40°C no mês mais quente.

Figura 09: Localização da área de estudo



Fonte: Google Earth (2023). Autor (2023).

A sede de Sobral se desenvolveu as margens da Bacia do Rio Acaraú, na região do médio curso. Desde seu reconhecimento como cidade, em 1773, a população já sofreu em muitos períodos com as inundações.

Segundo aborda Monteiro, *et al* (2016), as populações de diversos bairros enfrentaram vários problemas relacionados as inundações do Rio Acaraú. Dentre problemas enfrentados pela população atingida diretamente ou indiretamente são: a interrupção no fornecimento de água, famílias precisam ser retiradas de suas casas, destruição de casas e edificações, perdas de materiais, entre outros desastres. De acordo com levantamentos realizados as principais enchentes na cidade de Sobral ocorreram em 1917, 1924, 1950, 1965, 1974 (Figura 10) e 2009.

Figura 10: Sobral na enchente de 1974



Fonte: JOSCEL VASCONCELOS.< <https://www.sobral24horas.com>>.

Houve uma grande redução na mata ciliar e nos animais que viviam à margem do Rio, sendo uma das consequências por causa das mudanças realizadas no trato do rio. Com o crescimento urbano desordenado as margens do rio Acaraú, acarretou diversos problemas de caráter ambiental ao longo dos anos, como o descarte de lixo, supressão da vegetação ciliar, ocasionando assim o assoreamento do rio, resultando em inundações no período de chuvas extremas.

Existem relatos que uma das piores inundações foi a de 1924 (Figura 11), mas não tem muitas informações sobre ela, foi encontrada uma foto na internet, da inundação chegando até a igreja das Dores.

Figura 11: Inundação em 1924



Fonte: José Alberto Dias Lopes. <<https://www.facebook.com/NoticiasdeSobral/photos/sobral-antigaigreja-das-dores-enchente>>

Nos períodos entre 1940 e 1974, os bairros próximos as margens do rio Acaraú, sempre inundavam com as precipitações intensas; pois não possuíam infraestrutura para conter as cheias. Após a inundação de 1974 (Figura 12 e 13), a cidade passou a receber apoio de órgãos como a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e da Superintendência de Desenvolvimento do Ceará (SUDEC), colaborando com os municípios para o melhoramento do planejamento e desenvolvimento urbano.



Figura 12: Uma das maiores inundações de Sobral (1974)



Fonte: JOSCEL VASCONCELOS. <<https://www.sobral24horas.com/2011/04/sobral-na-enchente-de-1974.html>>.

Figura 13: Inundação de 1974, Avenida Dom José



Fonte: JOSCEL VASCONCELOS. <<https://www.sobral24horas.com/2011/04/sobral-na-enchente-de-1974.html>>.

Em 2004, outra inundação ocorreu no município, com a grande intensidade das chuvas na região houve um aumento de pessoas desabrigadas. O Rio Acaraú estava recebendo muita água devido a sangria do açude Ayres de Souza, com isso a margem esquerda ficou inundada (DIÁRIO DO NORDESTE, 2004).

Uma das mais recentes foi em 2009 (Figura 14), como foi noticiado no jornal “Vermelho”, choveu 97 milímetros em um dia, deixando desabrigadas em média 126 famílias; as principais afetadas foram as que moravam próximo ao Rio Acaraú, que foram atingidas com a cheia do reservatório

Figura 14: Inundação na margem em esquerda no ano de 2009



Fonte: Sobral Online (2015). <<http://sobralparasempre.blogspot.com/2015/08/sobral-2015-recordando-enchente-do-rio.html>>.

O ano de 2009 foi um dos mais críticos, atingindo diversos prédios, provocando deslizamento, erosão, recalques no solo. Pessoas de diversos bairros tiveram que deixar suas casas, perderam muitos bens materiais, entre outros sofrimentos que estas passaram. Às margens do Rio Acaraú são cada vez mais descaracterizadas, pois Área de Preservação não é respeitada, e são necessárias medidas de mitigação para conter futuras perdas (Figura15).



Figura 15: Inundação na margem em esquerda no ano de 2009, próximo a biblioteca



Fonte: Sobral Online (2015)

#### 4.1.1 Breve Histórico de Sobral

As transformações de um lugar são consideradas a imagem fiel dos habitantes nos quais estão inseridos. No entanto, a produção do espaço relaciona-se aos usos e desusos do homem, falam à sua maneira de ser, pensar, a sua visão espacial e a forma de modificação daquele local. A formação de grupos e a maneira de interação por meio das sociabilidades necessitam de determinados espaços que permanecem ou modificam de acordo com os conflitos e interesses do grupo (VENÂNIO, 2009). Dessa forma será abordado um breve histórico do desenvolvimento de Sobral, Ceará.

Etimologicamente o nome Sobral, proveniente de Portugal é de origem latina, significa sobreiro, souvereiro ou sobreiral, uma árvore comum em Portugal, o tronco desta espécie extrai-se a cortiça para arrolhar as garrafas de vinho. Existem algumas localidades na cidade de Portugal que se chamam Sobral, não se sabe ao certo, qual destas cidades foi usada como referência para a cidade, já que alguma

possuem Nossa Senhora da Conceição como padroeira. No entanto, o Padre Sadoc afirma em seu livro que os primeiros habitantes de Sobral – CE, vieram de Sobral da Lagoa, Freguesia do Conselho de Óbidos (CORREIA FILHO; LUCIO; CONSTANTINO SPYRIDES, 2016).

Venâncio (2009), aborda em seu trabalho que mesmo antes de Sobral ser considerada, vila ou cidade, ela figurava-se em um contexto que ia além de seus limites geográficos. Por volta do século XVII, as oficinas de charqueadas e feitorias instalavam-se às margens dos rios (Jaguaribe e Acaraú, considerados os mais importantes do estado do Ceará, foi ao redor destes rios que se originaram as principais cidades do sertão na época: Sobral, Icó e Aracati).

O processo de colonização do Ceará ocorreu de forma tardia, comparando com as principais capitânicas que era: Pernambuco e Bahia. As causas deste atraso foram: o desconhecimento do território, a resistência indígena e a fatores naturais como as correntes marítimas. Por conta das longas trajetórias implicava na perda dos gados, ou parte desses animais chegavam magros e abatidos desvalorizando o valor comercial. As charqueadas surgiram como alternativa viável para o melhor aproveitamento da carne, para não a estragar (CHAVES, 2016).

Paulo (2018) descreve em seu artigo que papéis diferentes eram desempenhados por algumas vilas na rede urbana em formação desencadearam níveis hierárquicos. Com isso houve uma categorização dos núcleos urbanos cearenses até o fim do século XVIII. Podemos observar funções e relevâncias dessas aglomerações de atividades econômicas da capitania. As principais atividades desempenhadas pelas vilas eram: comércio, serviço, administração, agricultura e indústria (Figura 16).

Figura 16: Hierarquia urbana do Ceará no final do século XVIII

Vila ou Povoado	Nível	Função Básica
Aracati	1º	Comercial/Administrativo/Serviços
Icó	1º	Comercial/Administrativo/Serviços
Sobral	1º	Comercial/Administrativo/Serviços
Crato	1º	Agrícola/Administrativo/Industrial
Camocim	2º	Comercial/Industrial
Acaraú	2º	Comercial/Industrial
Quixeramobim	2º	Comercial/Serviços Básicos
Fortaleza	3º	Administrativa
Aquiraz	3º	Administrativa
Granja	3º	Industrial

Fonte: Lima (2008)

Sobral, Aracati e Icó representavam as vilas de primeiro nível, estando ligadas a economia de pecuária com destaque para oferta de serviços e comércio. Com isso a consolidação das vilas, destaca-se na região Noroeste do Ceará a então denominada Vila Distinta e Real de Sobral. No ano que Sobral foi intitulada como Vila, Sobral possuía uma estrutura de 12 ruas; essas ruas faziam parte do início do núcleo urbano de Sobral. Os principais pontos de desenvolvimento se encontraram próximo a Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição e nas proximidades da Igreja do Rosário (CHAVES, 2016).

Segundo Aguiar (2005), a ocupação territorial de Sobral ocorreu pela implantação de fazendas de gado que partindo de Pernambuco e Bahia, passaram por Paraíba e Rio Grande do Norte, derivando duas rotas principais, uma com destino ao Meio Norte e a outra seguindo a Ribeira do Rio Jaguaribe. Foi no cruzamento das duas rotas que Sobral nasceu, suas atividades eram de pastoris e do comércio.

Nos registros de Sobral, as terras as margens do Rio Acaraú eram habitadas por várias tribos indígenas, entre elas Areriús, Tapuias, Jaibaras. Os Areriús habitavam uma área, enquanto os Tapuias habitavam o outro lado. As margens dos rios eram vistas como espaços vantajosos a serem ocupados, por possuírem um microclima mais ameno em razão da presença da brisa e da umidade, favorecendo a ocupação. No entanto, a mata ciliar não havia a preservação da mata ciliar, iniciando-

se o processo gradativo de desmatamento das vertentes do Rio Acaraú (JÚNIOR, 2005).

Várias famílias da Bahia, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, fugidas dos horrores da guerra e do ódio sectário dos holandeses, refugiaram-se no interior do Ceará, estabelecendo-se primeiramente no Vale do Jaguaribe, onde fundaram, grandes fazendas de gado, em seguida levantaram bandeira para a conquista de outros rios (VASCONCELOS, 2014).

Assim como vários municípios brasileiros, Sobral surgiu em torno da religião. Com a criação da freguesia Nossa Senhora da Conceição, 1726, aglutinou-se a um povoado em torno da igreja matriz na época das charqueadas.

Segundo Venâncio (2009), no contexto do desenvolvimento de Sobral, dois elementos se misturam sendo eles: a prática religiosa como importante vetor na ocupação do Rio Acaraú e o nome que seria dado a cidade. Por sua influência no povoamento das regiões cearenses, igreja concentrava muito poder ao redor de si, sendo possível demonstrá-los de várias formas como: na ordem das cessões de terras para o desenvolvimento de pequenos núcleos de povoamento, como foi o povoado Caiçara; e ao fato da formação do aldeamento ao redor da igreja Matriz, construída em Terras doadas pelos donos da fazenda Caiçara (Figura 17).

Figura 17: Início da cidade de Sobral, fazenda Caiçara



Fonte: IBGE (1957)

Outros refugiados foram para os redores da Fazenda Caiçara, fundada em 1726 por Antônio Rodrigues Magalhães; esta fazenda ficava na rota de convergência das boiadas da época da carne de charque. Em 1756 foi edificada nas terras da fazenda uma igreja ao seu redor foram surgindo moradias. Com o aumento das moradias, o povoado Caiçara foi crescendo passando a categoria de Vila em 1773 com o nome Distinta e Real de Sobral (ARAGÃO, 2017).

Da fazenda Caiçara ao povoado de mesmo nome, passando ao arraial e posteriormente a vila, os caminhos das boiadas foram transformando a paisagem natural, acompanhando o rio que abastecia de água e alimento tanto o gado como as bandeiras (JUNIOR, 2005).

Segundo Paz (2021), a partir de sua denominação a vila, seu nome foi mudando: Caiçara, Vila Distinta e Real de Sobral, Fidelíssima Cidade Januária do Acaraú e após Sobral, nome que faz referência a um tipo de árvore, chamada de sobreiro. Após as charqueadas veio a economia do algodão e assim uma estrada de ferro inaugurada em 1882, impulsionou-se a industrialização.

A estrada de ferro foi desenvolvida a partir da necessidade de ligar Sobral a um porto (Camocim) para facilitar o escoamento de produtos da Serra Grande e da Meruoca, e também de dar maior assistência a população carente, vindo consolidar assim a cidade com um grande centro urbano (ARAGÃO, 2017)

Em 1919, foi palco de uma importante confirmação física. A expedição Britânica do Eclipse Solar, liderada por Arthur Stanley se deslocou para dois locais a fim de comprovar a distorção que a luz sofre ao chegar ao planeta Terra. Assim, Albert Einstein pode comprovar a sua teoria da relatividade. Como lembrança de tal fato, foi construído a Igreja de Nossa Senhora do Patrocínio, um monumento e posteriormente um museu, chamado de Museu do Eclipse.

A partir dos anos 90, o governo do estado do Ceará vem incentivando grandes investimentos para a cidade de Sobral; com a chegada de novas indústrias como a Grendene (indústria calçadista de grande porte), uma maior exploração da Universidade Estadual Vale do Acaraú, instalação da Universidade Federal do Ceará, entre outras instalações que fazem com que cada vez mais Sobral seja uma cidade-

média mais desenvolvida. Portanto, o progresso da cidade se firmou a partir da instalação de indústrias e de um sistema educacional e de saúde vigoroso.

Nos últimos anos, muitos problemas sociais e ambientais cresceram na cidade de Sobral. O comércio, as indústrias, os serviços que atraem grandes investidores, mão-de-obra especializada, maior volume de capital e migrações oriundo de outros municípios, menores e menos desenvolvidos. Entretanto, atraem também a pobreza, o desemprego, a violência a concentração de renda e a desigualdade social.

#### **4.1.2 Aspectos socioambientais**

Sobral – Ceará (Figura 18) está localizada a aproximadamente a 230 km da capital de Fortaleza – Ceará, por via rodoviária pela BR-222; inserida nas coordenadas 3° 41' 10" de latitude (S) e 40° 20' 59" de longitude (WGr), a cidade possui altimetria média de 70 metros; com extensão territorial total de 2.213 km<sup>2</sup>, a cidade de Sobral é dividida em 37 bairros e o município é formado por 17 distritos e equivale a 1,43% do território estadual (MUNIZ e CARACRISTI, 2021).

Sobral, possui uma forte expressão no semiárido cearense, esta que foi se consolidando em períodos diferentes; desde as charqueadas, a lavoura do algodão até a industrialização, a cidade foi se firmando referência para sua região (LOPES e GONÇALVES, 2020).



Figura 18: Vista panorâmica da cidade de Sobral



Fonte: Google Earth (2023). Autor (2023)

Por ser uma cidade média, situada à noroeste do estado do Ceará; exerce uma centralidade urbana devido as suas variadas funções (serviços, comercial e industrial), por possuir um expressivo setor secundário e uma forte concentração do setor terciário, atendendo através destes mais de 50 municípios da região. A variedade de comércio, serviços, as vagas de emprego, implantação de ensino superior, entre outras buscas, tem intensificado a migração para a cidade.

A localização geográfica de Sobral favoreceu em seu desenvolvimento econômico, consolidando-se como uma cidade polo da região norte do Estado. Configurando-se como destaque em polo industrial, serviços e comercial gerando maior procura entre os municípios próximos da cidade à procura principalmente de serviços de saúde, educação e trabalho (ROCHA, 2013). Sobral é uma das cidades em destaque do Ceará, se posicionando entre os 100 municípios mais competitivos do país (JORNAL O POVO, 2021)

No entanto, na proporção na qual houve um crescimento populacional e econômico acelerado na cidade de Sobral, ocorreu a redução de áreas verdes. É visível o intenso índice de degradação ambiental nos últimos tempos, com as áreas vegetais e os sistemas lacustres e fluviais perdendo espaço para as especulações imobiliárias, tendo como impactos ambientais a sensação do aumento de calor, inundações, alagamentos por falta de projetos de drenagem, entre outros pontos que precisam de uma maior atenção (GOMES, LIMA, *et al*, 2017).

O crescimento das áreas urbanizadas gera uma série de impactos negativos ao meio ambiente e na qualidade de vida dos habitantes, algo muito comum que acontece ao redor das lagoas e das margens dos rios. O processo de verticalização é um dos fenômenos resultantes da crescente urbanização, pode-se exemplificar o bairro Derby Clube que é localizado próximo ao rio e apresenta diversos edifícios, devendo ser levado em consideração que boa parte da área foi aterrada de boa parte da lagoa localizada atrás do CIDAO, gerando assim um impacto negativo (ARAÚJO, SOUSA e SALES, 2020).

A cidade de Sobral pode ser caracterizada por sua forte influência na produção e da reestruturação urbana e regional no estado do Ceará. Pautada como cidade média da região do semiárido, Sobral pode ser definida como uma das



principais cidades cearenses, seja no sentido populacional, econômico e até político. Pode-se afirmar que Sobral é uma cidade em constante expansão; desde a década de 1960, Sobral passou a ser alvo de políticas e intervenções públicas e privadas, o que aumentou a quantidade de sua população, conseqüentemente a expansão da cidade (SOUZA FILHO; PIRES; AMORIM, 2018).

Em 1999, Sobral foi tombada como Patrimônio Histórico Nacional, em 1999, pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Natural (IPHAN); este órgão aponta diretrizes e princípios gerais que orientam e resguardam toda a política nacional de Patrimônio Cultural. Esse acontecimento foi iniciativa de integrantes que faziam parte da administração do poder público municipal na época, formada pelo pessoal que apoiava o candidato Cid Gomes (FREITAS, 2005).

#### **4.1.3 Aspectos Geomorfológicos**

A ação conjunta dos quatro elementos da natureza (atmosfera, hidrosfera, troposfera e biosfera) aciona mecanismo de correlação em cadeia, formando as paisagens. A variação de temperatura altera o gradiente pressão e a relação de troca energética entre a atmosfera e a litosfera. No Ceará, as paisagens naturais formadas foram constituídas por: maciços cristalinos e inselbergs; depressões periféricas; chapas sedimentares; planícies sub-litorâneas (SOARES, 2008).

Muniz e Caracristi (2020) descrevem em seu trabalho que a cidade de Sobral está inserida na compartimentação geomorfológica conhecida como Superfície Sertaneja, com substrato rochoso cristalino e predomina o intemperismo físico, isso ocorre por causa das altas temperaturas. Os processos erosivos junto ao desmatamento da caatinga têm causado grandes impactos ambientais, aumentando a fragilidade ambiental.

O relevo atual do município está amplamente relacionado com evolução morfoclimática, ou seja, comandada pelos processos erosivos condicionados pelo clima quente e seco. A fase estável ocorre quando o intemperismo químico atua, que ocorre no período úmido, promovendo um rebaixamento no relevo.

O município de Sobral está inserido no contexto geológico da Província da Borborema, que consiste em diversas faixas de desdobramentos. A Província está

situada a Norte do Cráton São Francisco, delimitada a leste e norte pelo Oceano Atlântico e a oeste pela Bacia do Parnaíba. Ela é dividida em três segmentos tectônicos denominados de Subprovíncia Setentrional, Subprovíncia da Zona Transversal ou Central e Subprovíncia. A Subprovíncia Setentrional é constituída pelo Domínio Médio (URSULINO, 2013).

O substrato geológico é constituído, essencialmente, por rochas do embasamento cristalino, representadas por gnaisses, xisto, quartzitos, calcários e granitos, de idade pré-cambriana, sotopostas por conglomerados, arenitos, grauvacas, argilitos, argilitos e rochas vulcânicas do Eo-Cambriano, além de sedimentos arenosos a areno-srgilosos, inconsolidados, que constituem as coberturas elúvio-coluviais e aluviais cenozóicas (MEDEIROS, 2011).

As terras de Sobral fazem parte da Depressão sertaneja, onde o relevo possui formas suaves tem como ápice o maciço residual granítico (Serra da Meruoca) e uma planície aluvial (rio Acaraú). As principais elevações possuem altitudes entre 200 e 700 metros acima do nível do mar (CPRM, 2011).

Nas áreas mais baixas localizam-se planícies e terraços fluviais, com amplos vales e rede de drenagem com padrão dendrítico, em virtude da litologia cristalina. Possuindo solos bem diferenciados, ocorre o predomínio dos Neossolos Litólicos, Luvisolos, e os Planossolos Solódicos, onde há a vulnerabilidade a erosão hídrica laminar, com pouca ou quase não possui cobertura vegetal (ROCHA, 2013)

Constatam-se quatro domínios geomorfológicos. O primeiro é a depressão sertaneja, a planície pluvial compreendendo uma vasta área, o outro compartimento são as serras de composição granítica, compondo os maciços residuais e por último as áreas de acumulações inundáveis, compreendendo depressões de pequenos desníveis encontrados em vários pontos das depressões sertanejas (URSULINO, 2013).

#### 4.1.4 Recursos Hídricos

A bacia hidrográfica é considerada como símbolo do desenvolvimento e planejamento econômico e ambiental, os cursos fluviais não são analisados apenas na dimensão hidrológica associada ao comportamento dos fluxos hídricos em seus processos físicos e limnológicos, mas amplia-se a abordagem fluvial e hídrica para o processo ambiental (SALES, LIMA e DINIZ, 2020).

O conjunto hídrico que faz parte da superfície da Depressão Sertaneja na cidade de Sobral, o que possui maior relevância é o Rio Acaraú, proporcionando em sua planície de inundação direita, em conjunto com os Riachos Oitica e Jatobá formando um conjunto de lagoas sazonais denominado como complexo hídrico da Várzea Grande. Existem ainda rios e riachos que descem as vertentes, na porção leste das serras Meruoca e Rosário, que compõem mais um sistema de microbacias da cidade, o Mata Fresca e o Mucambinho (ROCHA, 2013).

A Bacia do Rio Acaraú encontra-se na porção noroeste do estado do Ceará, limitada a noroeste pela bacia do Rio Coreaú a sudoeste pela Bacia do Poti Longá, a sudeste pela Bacia do Banaibuiú, a leste pelas Bacias do Curú e Litoral, e ao norte pelo Oceano Atlântico. Ocupa uma área em média de 14.423,00 km<sup>2</sup>, abrangendo integralmente 11 municípios e parcialmente outros 17. Seu principal coletor de drenagem é o Rio Acaraú (Companhia do Recursos Hídricos – COGERH, 2010). O Rio Acaraú tem sua nascente na Serra das Matas localizada no município de Monsenhor Tabosa. Possui uma extensão linear de aproximadamente 352 km, passando por vários municípios recebendo outros cursos até chegar à foz na cidade de Acaraú (Figura 19).

O Rio Mucambinho possui sua nascente na Serra da Meruoca, no seu baixo e médio curso, localizado com maior precisão na cidade de Sobral, envolve os bairros periféricos das zonas oeste, noroeste e sudoeste da cidade, como Santa Casa, Tamarindo, Vila União, Dom José, entre outros. A falta de infraestrutura é marcante nessa área, principalmente na região próxima ao riacho, ocorrendo inundações em estações chuvosas, com maiores totais pluviométricos (EVANGELISTA, 2009).

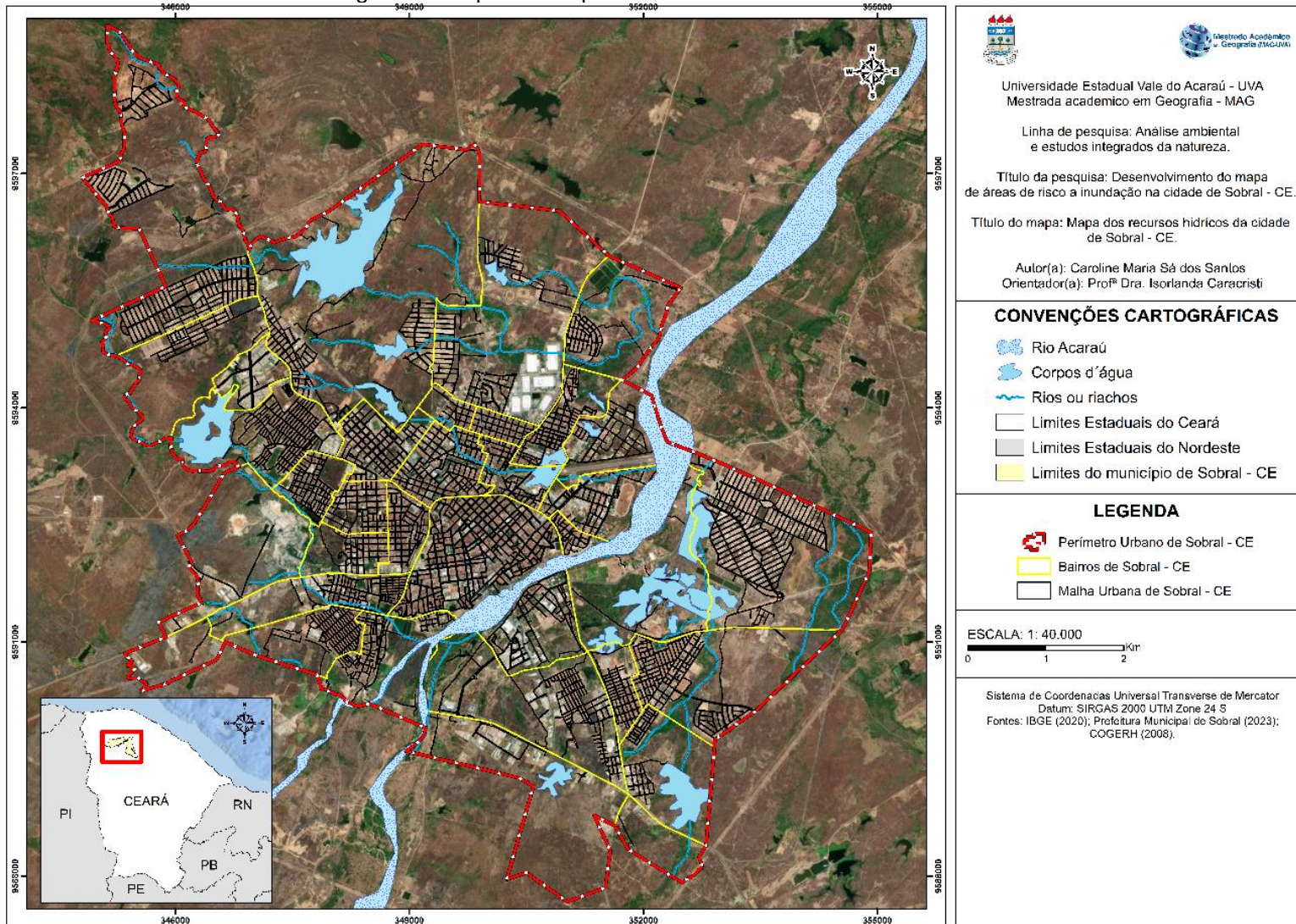
No município de Sobral, pode-se caracterizar dois domínios hidrogeológicos diferentes: as rochas cristalinas e depósitos aluvionares. As rochas

cristalinas predominam a área da cidade e representam o que normalmente é conhecido como “aquífero fissural”. Como não há uma porosidade primária neste tipo de rocha, a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão (CPRM, 1998).

No geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semiárido, é na maior parte das vezes salinizadas. No entanto, em caso de estiagem, mesmo com esse potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas, é uma alternativa de reserva estratégica para armazenamento de água.

A avaliação descreve sobre os depósitos aluvionares, são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, uma boa alternativa como manancial. A alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas (CPRM, 1998).

Figura 19: Mapa dos corpos hídricos da cidade de Sobral



Fonte: Google Earth (2023). Autor (2023)

#### **4.1.5 Aspectos climáticos**

A região semiárida brasileira possui 1262 municípios na região nordeste e sudeste do Brasil, formando a região semiárida mais populosa do mundo, com aproximadamente 27 milhões de habitantes. O estado do Ceará possuía 150 municípios reconhecidos incluídos no ano de 2005. Em 2017, dos 184 municípios passou a ter 175 inseridos no semiárido, representando assim 95% dos municípios introduzido no semiárido (SALVIANO, PRAXETES e LEMOS, 2020).

O clima no Ceará, apesar de evidente predominância do semiárido - com irregularidades pluviométricas - apresenta também variações. As manchas úmidas circunscrevem os topos e vertentes de barlavento dos maciços e dos planaltos sedimentares.

Segundo Muniz e Caracristi (2018), Sobral não se diferencia das características climáticas do Nordeste brasileiro, principalmente em análises termodinâmicas. Sobral apresenta um Clima Tropical Quente Semiárido, com temperatura média de 28° Celsius. Com sua a pluviosidade média entre 821,6 mm/ano, com sua sazonalidade pluvial concentrando-se de janeiro a maio. Essa sazonalidade varia entre 3 a 5 meses, se concentrando no primeiro semestre do ano.

Rocha (2013), caracteriza a cidade de Sobral, no geral, como uma região que constituem um ambiente de altas temperaturas, baixos índices de nebulosidade, baixa amplitude térmica, com forte insolação, elevadas taxas de evaporação, elementos que descrevem a semiaridez do clima. Em virtude, das altas temperaturas e irregularidade pluviométrica no tempo e espaço verificam-se um déficit hídrico, possuindo a necessidade de reservatórios para abastecimento emergencial da cidade.

A semiaridez propriamente dita e com déficits hídricos durante a maior parte do ano apresenta um caráter acentuado nas depressões interiores como Inhamuns, Irauçuba e Médio-Jaguaribe. Atenua-se nos pés-de-serra, nos baixos maciços e nos sertões mais próximos do litoral. De modo genérico, as chuvas são de verão-outono (março-abril) e as médias térmicas superiores a 24°C configuram o caráter de clima quente ou megatérmico. (URSULINO, 2013).

O clima de Sobral está compreendido entre a região Fisiográfica dos sertões do Centro-Norte do Estado do Ceará, o maior município inserido na área árida do estado. A cidade de Sobral está situada em áreas mais rebaixadas entre a Serra da Meruoca, apresenta traços do clima Tropical Quente Semiárido com a pluviometria média anual variando entre 850 a 1000mm.

O balanço hídrico climatológico é o balanço hídrico cíclico, elaborado a partir das normais climatológicas de temperatura média e chuva local. É considerado um instrumento agrometeorológico útil e prático para caracterização do fator de umidade do clima.

Segundo Ursulino (2013) clima quente e seco provoca intenso desconforto térmico nos horários de pico do sol. O município apresenta temperaturas médias entre 25° e 30°C em boa parte do ano, mínima de 22°C, média de 28°C e máxima de 35°C, constituindo-se como uma das mais altas do Estado do Ceará. A temperatura média mensal estimada por regressão foi de 27,50°C, oscilando de 26,30°C no mês mais frio a 28,40°C no mês mais quente.

## 4.2 ANÁLISE DO RISCO DE INUNDAÇÕES NA CIDADE DE SOBRAL

### 4.2.1 Mapeamento das áreas de risco

Com a crescente urbanização, que acontece de forma mal planejada ou até mesmo sem nenhum tipo de projeto, sendo ocupadas áreas caracterizadas como de vulnerabilidade ambiental, contribuindo para o surgimento de risco ou intensificação de impactos ambientais, desenvolvendo como consequência a degradação do meio ambiente e prejudicando a qualidade de vida e desenvolvimento das pessoas.

Como já abordado neste trabalho, muitas cidades se desenvolveram às margens dos rios, pelos inúmeros beneficiamentos que eles lhes trazem ou traziam. No entanto, com o crescimento das populações e do consumismo, que gera uma maior produção de resíduos, canalização de esgoto para os rios, lixo sendo jogado dentro ou em volta de corpos hídricos, assoreamento dos rios, entre outros casos que geram recorrência de acontecimentos de impactos ambientais, principalmente por causas hídricas, deve gerar uma alerta e uma busca por soluções a curto e longo prazo do poder público e civil.



Com a crescente urbanização na cidade de Sobral, são visíveis as modificações que estão ocorrendo na paisagem local de forma antrópica, pode-se citar a supressão da vegetação nativa devido ao intenso desmatamento favorecendo o assoreamento dos riachos da cidade, a retirada dos solos Neossolos Flúvicos a margem do Rio Acaraú para realizar a construção de obras, a impermeabilização do asfalto impedindo a infiltração e armazenamento de águas pluviais, favorecendo os riscos de alagamentos, dentre outras mudanças realizadas.

Pode-se observar uma evolução no crescimento da população na cidade de Sobral. Entre o censo de 1980 e 2022, houve um crescimento de 95,64%. O censo de 1980 mostrava a cidade com 103.772 habitantes, o de 2022 aponta a cidade com 203.023 habitantes. Segundo o censo do IBGE (2022), Sobral possui uma população de 203.023 pessoas, onde 88,35% (166.333 habitantes) reside na cidade e 11,65% (21.938 habitantes) no campo. A tabela 01 mostra a crescente urbanização da cidade de Sobral, estes dados foram retirados do site do IBGE:

Tabela 01: Censo demográfico de Sobral (1980 – 2022)

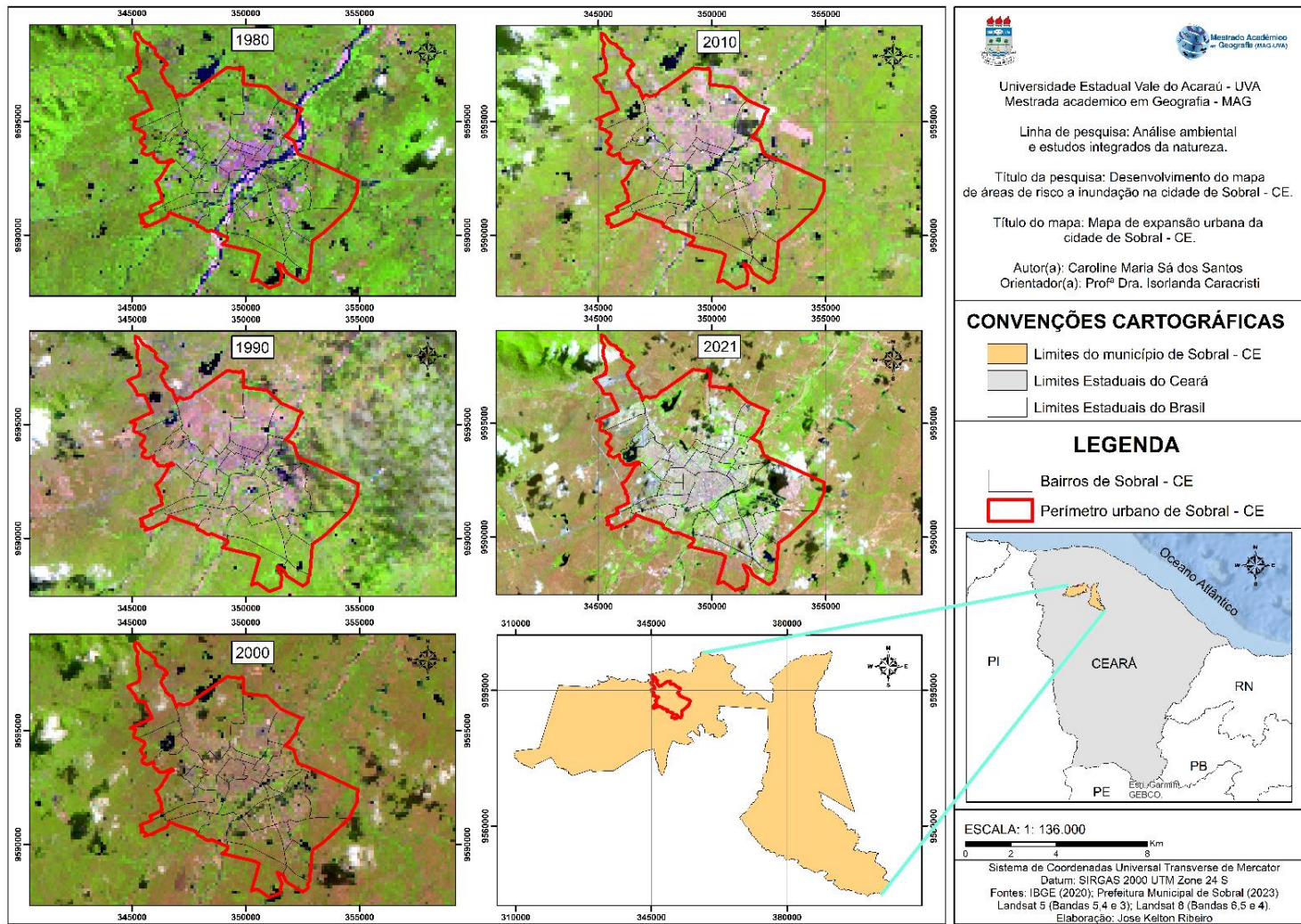
<b>CENSO DEMOGRÁFICO - SOBRAL (CEARÁ)</b>			
<b>ANO</b>	<b>POPULAÇÃO</b>	<b>POPULAÇÃO URBANA</b>	<b>POPULAÇÃO RURAL</b>
1980	103.772,00	76.042,00	28.535,00
1991	127.449,00	103.868,00	23.621,00
2000	155.120,00	124.508,00	20.768,00
2010	188.233,00	166.310,00	21.923,00
2022	203.023,00	-	-

Fonte: IPECE; ORG: Elaborada pela Autora (2023).

Para uma melhor observação foi desenvolvido esta sequência de mapas para ilustrar a tabela anterior. Pode-se observar que a população expandiu (Figura 20) principalmente para as áreas consideradas suscetíveis a inundação, áreas do Rio foram canalizadas, foram realizados aterramentos de locais que são considerados “passagem” do rio, entre outras modificações que contribuem em colocar a população em risco.



Figura 20: Expansão da urbanização na cidade de Sobral



Fonte: Google Earth (2023). Autor (2023)

A ocupação da cidade de Sobral ainda se refere ao século XVIII, por uma grande parte da população ser estabelecida em uma região de planície fluvial, as margens do médio curso do Rio Acaraú. A planície fluvial é formada por áreas planas rebaixadas, que estão sujeitas a inundações periódicas, quando urbanizadas, constituem problemas socioambientais quando há ocorrência de precipitações extremas.

Com os dados apresentados e as crescentes modificações antrópicas que estão sendo realizadas em Sobral, o presente trabalho propõe mapear as áreas suscetíveis a inundação de duas formas: pelo relatório gerado pela CPRM e a partir de observações empíricas de alguns pontos que não estão citados no relatório através da altimetria dos locais observados que serão citados e sugeridos a serem adicionados no mapa, relatos de moradores e algumas buscas na internet com vídeos, fotos e reportagens.

Os relatórios realizados pelo SGB, identificam áreas que estão suscetíveis a Risco de Movimentos de Massa, inundações e enchentes. O relatório divulgado em 2012, que caracteriza 29 áreas que possuíam risco alto ou muito alto para um dos impactos citados; foram classificados 10 setores dentro da cidade de Sobral que eram caracterizados com risco alto a inundação, distribuídos em 5 bairros (CPRM, 2019).

Para ficar de uma forma mais didática o entendimento do estudo de caso do presente trabalho, o quadro a seguir foi retirado do relatório da CPRM de 2019, onde descreve a caracterização dos riscos baixo, médio, alto e muito alto (Quadro 1).

Quadro 01: Classificação dos graus de risco e enchentes para inundações

<b>Grau de Risco</b>	<b>Descrição</b>
R1 - Baixo	Drenagens ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com baixo potencial de causar danos. Baixa frequência de ocorrência (sem registro de ocorrência nos últimos cinco anos)
R2 - Médio	Drenagens ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com médio potencial de causar danos. Média frequência de ocorrência (registro de uma ocorrência significativa nos últimos cinco anos)
R3 - Alto	Drenagens ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos. Média frequência de ocorrência (registro de uma ocorrência significativa nos últimos cinco anos) e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade
R4 - Muito Alto	Drenagens ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos. Alta frequência de ocorrência (pelo menos três eventos significativos em cinco anos) e envolvendo moradias com alta vulnerabilidade

Fonte: CPRM (2019). Organizada pela autora (2023)

Em 2019, as áreas que foram visitadas em 2012 foram revisitadas, reavaliadas e aplicadas um ajuste metodológico, sendo setorizadas 27 áreas suscetíveis a Risco de Movimentos de Massa, inundações e enchentes, dentre elas 10 ainda são caracterizadas com risco alto a inundação no município de Sobral. A maioria desses setores de risco estão relacionados a planície de inundação da Bacia do Rio Acaraú, estas áreas estão nos seguintes bairros mostrados a seguir (Quadro 2):

Quadro 02: Bairros suscetíveis a inundação na cidade de Sobral – CE

<b>BAIRROS COM RISCO A INUNDAÇÃO, SOBRAL - CE</b>		
<b>BAIRRO</b>	<b>TIPOLOGIA DO RISCO</b>	<b>GRAU DE RISCO</b>
BETÂNIA	INUNDAÇÃO	ALTO
CENTRO	INUNDAÇÃO	ALTO
DOM EXPEDITO	INUNDAÇÃO	ALTO
PEDRINHAS	INUNDAÇÃO	ALTO
VILA UNIÃO	INUNDAÇÃO	ALTO

Fonte: CPRM (2019). Organizada pela autora (2023)

Quando o mapa para ilustrar quadro 03 estava sendo desenvolvido, notou-se que a divisão dos bairros estava na divisão antiga, sendo assim, com a nova distribuição de bairros da cidade de Sobral, que foi validada em 2019, a tabela com as áreas atualizadas está acrescida de mais bairros, como mostra a seguir:

Quadro 03: Bairros suscetíveis a inundação na cidade de Sobral – CE, segundo relatório realizado pela CPRM na nova redistribuição dos bairros de Sobral

<b>BAIRROS COM RISCO A INUNDAÇÃO, SOBRAL - CE</b>		
<b>BARRO</b>	<b>TIPOLOGIA DO RISCO</b>	<b>GRAU DE RISCO</b>
CENTRO	INUNDAÇÃO	ALTO
CIDADE GERARDO CRISTINO DE MENEZES	INUNDAÇÃO	ALTO
COHAB II	INUNDAÇÃO	ALTO
DOM EXPEDITO	INUNDAÇÃO	ALTO
JERÔNIMO DE MEDEIROS PRADO	INUNDAÇÃO	ALTO
JOCELY DANTAS DE ANRADE TORRES	INUNDAÇÃO	ALTO
PEDRINHAS	INUNDAÇÃO	ALTO
SINHÁ SABOIA	INUNDAÇÃO	ALTO
VÁRZEA GRANDE	INUNDAÇÃO	ALTO
VILA UNIÃO	INUNDAÇÃO	ALTO

Fonte: CPRM (2019). Organizada pela autora (2023)

Como mostra a quadro 4, as áreas em estudo, segundo o relatório técnico, apresentam 100% a exposição do risco a inundação, com grau de risco caracterizado como alto. Há outras localidades abordadas no relatório que são de municípios sede de Sobral, que não serão citadas neste trabalho, pois a área em estudo é apenas o zoneamento da Cidade de Sobral.

As inundações podem acontecer em áreas ribeirinhas que ocorrem periodicamente nas planícies de inundação e as que acontecem devido a urbanização causada por desmatamento, intensificação do escoamento superficial, alteração dos cursos naturais dos rios.

Partindo deste pressuposto, do mapa de altimetria da cidade de Sobral, com as curvas de nível, de alguns relatos coletados, e pesquisas realizadas na internet com vídeos vistos no *youtube* (Ver apêndice C) quatro bairros deveriam ser

adicionados a este relatório, sendo eles: Alto da Brasília, Campo dos Velhos, Coração de Jesus e Doutor Juvêncio Andrade.

Quadro 04: Bairros suscetíveis a inundação na cidade de Sobral – CE, segundo relatório apresentado pela CPRM e sugestões empíricas.

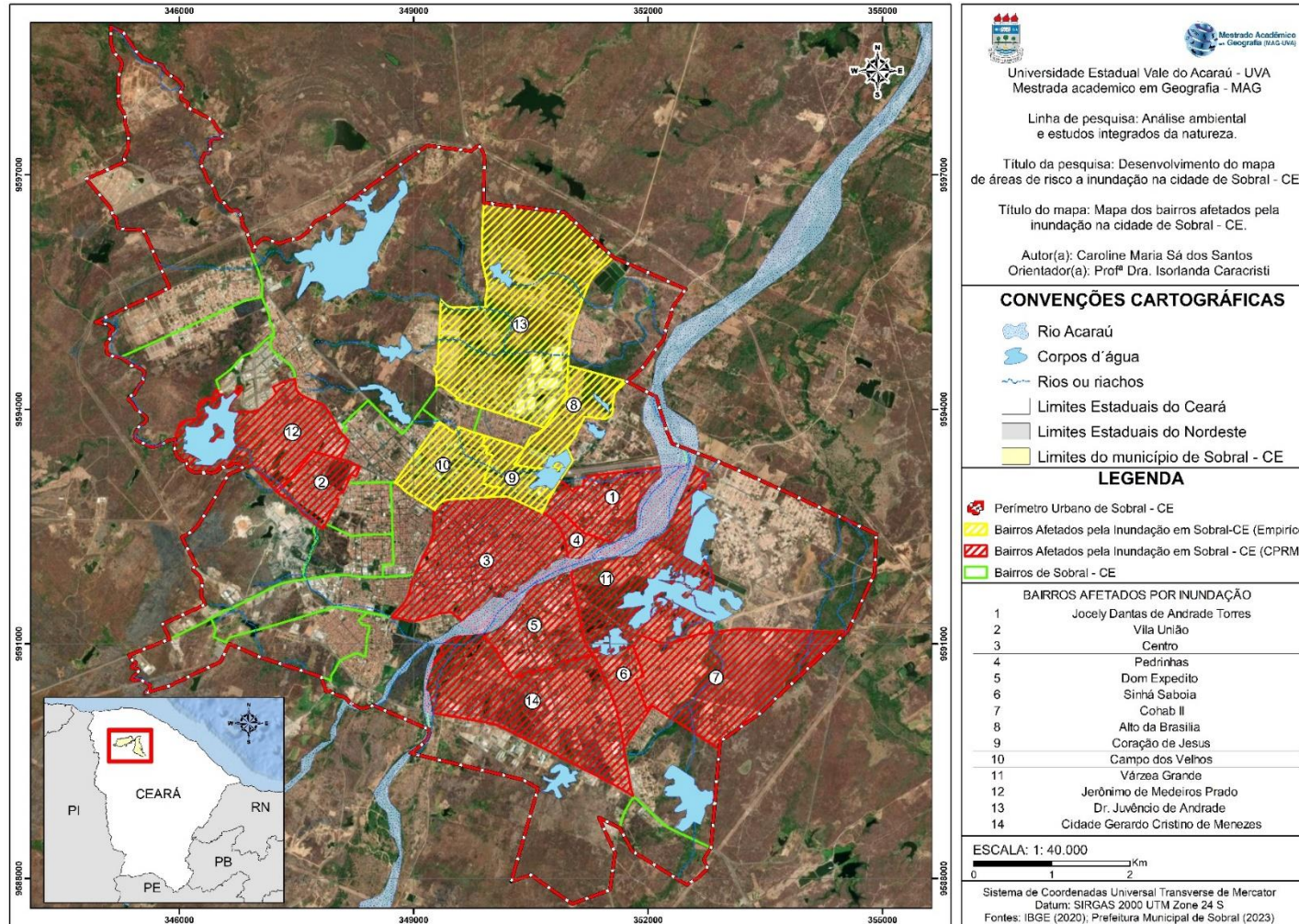
<b>BAIRROS COM RISCO A INUNDAÇÃO, SOBRAL - CE</b>		
<b>BAIRRO</b>	<b>TIPOLOGIA DO RISCO</b>	<b>GRAU DE RISCO</b>
ALTO DA BRASÍLIA	INUNDAÇÃO	ALTO
CAMPO DOS VELHOS	INUNDAÇÃO	ALTO
CENTRO	INUNDAÇÃO	ALTO
CIDADE GERARDO CRISTINO DE MENEZES	INUNDAÇÃO	ALTO
COHAB II	INUNDAÇÃO	ALTO
CORAÇÃO DE JESUS	INUNDAÇÃO	ALTO
DOM EXPEDITO	INUNDAÇÃO	ALTO
DOUTOR JUVÊNIO ANDRADE	INUNDAÇÃO	ALTO
JERÔNIMO DE MEDEIROS PRADO	INUNDAÇÃO	ALTO
JOCELY DANTAS DE ANDRADE TORRES	INUNDAÇÃO	ALTO
PEDRINHA	INUNDAÇÃO	ALTO
SINHÁ SABOIÁ	INUNDAÇÃO	ALTO
VÁRZEA GRANDE	INUNDAÇÃO	ALTO
VILA UNIÃO	INUNDAÇÃO	ALTO

Fonte: CPRM (2019) e Autora (2023). Organizada pela autora (2023)

O mapa a seguir ilustra o quadro 04, mostrando os bairros que estão suscetíveis a inundação na cidade de Sobral (Figura 21).



Figura 21: Bairros suscetíveis a inundação na cidade de Sobral



Fontes: *Google Earth* (2023). Autor (2023)

Pode-se observar pelo mapa altimétrico que as áreas mapeadas pelo relatório possuem cotas de 60m, e as localidades que estão sendo propostas possuem a mesma altitude, e estão próximas a corpos hídricos. Vários pontos do Rio foram canalizados e/ou aterrados, mas como a água procura os pontos mais baixos as localidades mais próximas ao rio, ou as que estão na passagem de braços do rio, foram mapeadas, pois são pontos de atenção para risco.

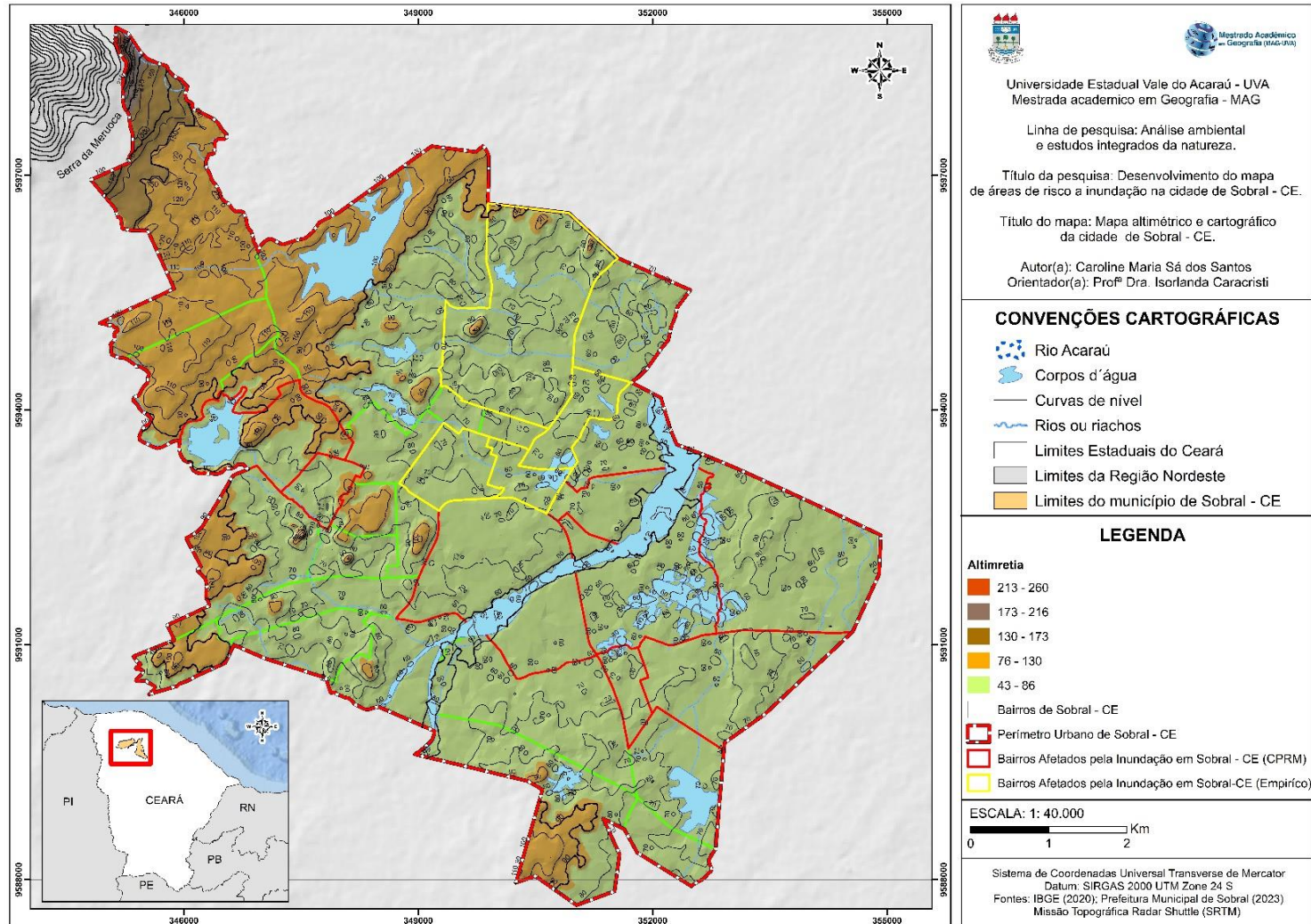
A expansão urbana se desenvolveu as margens dos rios e riachos, ocasionando assim diversos problemas de caráter ambiental como a derrubada desenfreada das áreas de preservação permanente, assoreamento de lagos e lagoas, e entre outros. As áreas de risco a inundação foram definidas através do cruzamento de dados obtidos através das três análises, a topografia do terreno aliado aos recursos hídricos degradados sem a presença de áreas de preservação permanente e o crescimento populacional os longos do rio apontaram como os pontos mais atingidos por inundações ao longo dos anos.

Para demarcar a área que sugere-se ser zoneada, no mapeamento o programa utiliza como base a área de preservação permanente, apresentando variações nos seus tamanhos; partindo do limite da área de APP foi realizado o cruzamento de dados com os já obtidos através do relatório da CPRM. Os dados foram calculados através da calculadora de geometrias, onde o resultado do perímetro urbano da cidade de Sobral apresenta uma área de 5.509,13 hectares, e as áreas susceptíveis a inundação com áreas de 577,20 hectares.

Os mapas (Figura 22, 23, 24) a seguir ilustram a altimetria da cidade de Sobral, com suas curvas de nível, seguindo do mapa de zoneamento que especificam de uma melhor forma os locais que podem correr o risco de inundação dentro dos bairros apontados e o último é um 2D do mapa altimétrico. Neste último, consegue-se observar de uma melhor forma o relevo e o “caminho” que à água busca percorrer.

Com base nos resultados dos dados obtidos, sugere-se que estes outros bairros com as áreas zoneadas que não estão mapeados no relatório, sejam adicionados como pontos de atenção para futuros riscos que a população que mora próximo a estas localidades venha a sofrer.

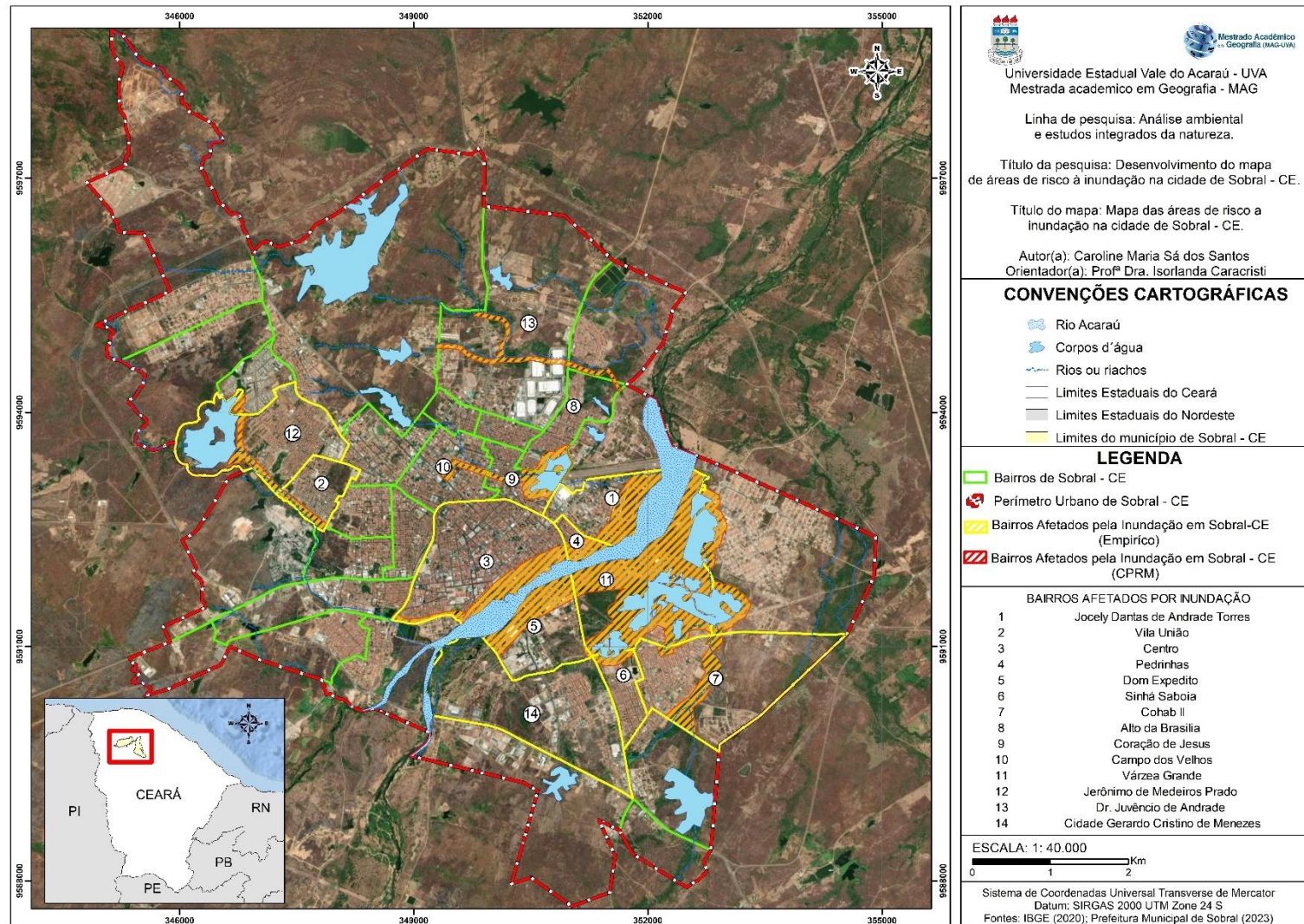
Figura 22: Mapa altimétrico da cidade de Sobral, com curvas de nível e corpos hídricos



Fonte: Google earth (2023). Autora (2023)

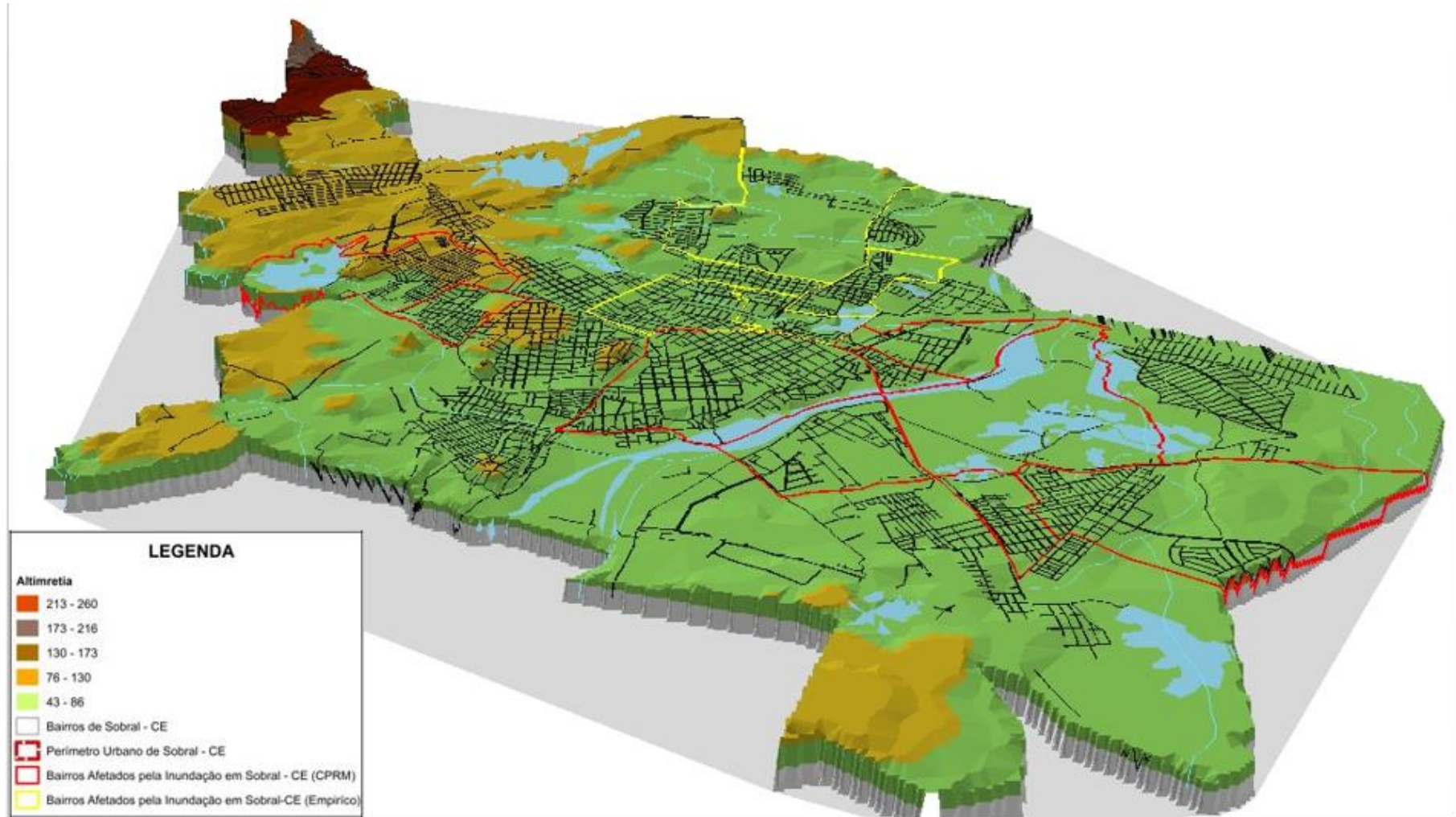


Figura 23: Zoneamento das localidades suscetíveis a inundação na cidade de Sobral



Fonte: Google earth (2023). Autora (2023)

Figura 24: Mapa altimétrico em 2D



Fonte: Autora (2023)



#### **4.2.2 Vulnerabilidade e percepção da população**

Muito além de realizar análises técnicas e mapear as áreas consideradas como de risco a inundação, deve-se levar em consideração a percepção que a população vulnerável aos fenômenos das inundações tem em relação aos riscos que estão suscetíveis a ocorrer.

Pode-se analisar que quando o risco está relacionado a um fenômeno que já ocorreu e envolveu consequências graves, como a perda de uma vida humana, ele é percebido com mais facilidade de forma que, provavelmente, as pessoas não irão ignorá-lo e adotarão medidas preventivas em relação a ele. No entanto, quando o risco não apresenta possibilidades de danos graves observa-se que as pessoas tendem a não dar tanta importância a eles, vivendo normalmente sem adotar medidas de precaução (ABREU e ZANELLA, 2019).

Os estudos realizados com uma abordagem perceptiva ajudam a entender a interação ininterrupta entre o ser humano e o ambiente, envolvendo o que é experienciado (ambiente) e o experienciando (indivíduo). É com base na vivência diferenciada dos fenômenos que o homem desenvolve sua realidade social. A variabilidade humana, promove uma grande quantidade de experiências, de tal forma que os estudos sobre percepção precisam colocar em evidência, a relação entre ser humano e meio ambiente (FONSECA e FERENTZ, 2020).

A percepção do espaço é algo cada vez mais necessário, pois o crescimento populacional desordenado atrelado ao mal uso da ocupação do solo, gera cada vez mais desastres ao meio urbano. Os desastres são resultados das ações de eventos perigosos que acontecem em determinada área geográfica, caracterizadas com condições sociais vulneráveis, que duram por um tempo curto, resultando na destruição da morfologia da comunidade e ultrapassando a resiliência de tal; resultando em prejuízos materiais, econômicos, sociais, econômicos, sanitários das pessoas afetadas (FONSECA e FERENTZ, 2020).

Com base nas descrições expostas, pode-se caracterizar que as pessoas podem perceber ou não determinados riscos, essa percepção vai depender de diferentes fatores (socioeconômicos, culturais, etimológicos, entre outros), diante dos

questionários aplicados, observa-se que para a mesma pergunta, pessoas que moram no mesmo bairro respondem e têm reações distintas.

O questionário começava perguntando sobre a idade dos entrevistados para que houvesse uma caracterização tanto relacionada a idade e ao sexo. Perguntou-se quanto tempo a pessoa vive no local, se gostaria de se mudar, os benefícios da moradia, caso algum dissesse que gostaria de se mudar, a pergunta seria direcionada para qual outro local gostaria de ir e logo após perguntava-se sobre as inundações, se sofreram, se achavam que poderiam sofrer, quais as causas de ocorrência das cheias, o que o poder público poderia fazer para minimizar essas situações.

O principal objetivo da entrevista era buscar dados para quantificar a visão das pessoas nos locais aonde moram. No entanto, no decorrer das entrevistas elas se sentiram a vontade para contar suas experiências, com isso algumas histórias foram coletadas e elas se sentiram a vontade para contar um pouco de suas experiências, com isso, é válido destacar um subtópico para descrever um pouco as histórias vividas por pessoas que vivenciaram as inundações e outras que presenciaram. A quantificação dos dados coletados será apresentada no apêndice I deste trabalho

#### **4.2.3 Percepção da população**

Os bairros escolhidos para a aplicação dos questionários foram: Campo dos Velhos, Centro e Tamarindo. Notou-se que as pessoas que moravam no mesmo bairro, que são praticamente vizinhas, possuíam percepções diferentes sobre o local que vivem, os problemas que causam as inundações, como o poder público atua para mitigar os problemas deste fenômeno.

Das perguntas aplicadas (Ver apêndice B) as que mais geraram respostas diferentes sobre a percepção foram: se teria pretensão de mudar de bairro, o que foi ou seria feito caso passasse por uma inundação, quais os principais fatores para a causa de inundações e o que o poder público estaria fazendo para mitigar os efeitos das inundações.

A pesquisa foi feita respeitando os aspectos éticos e legais estabelecidos pela Resolução nº 196/1996, do Conselho Nacional de Saúde (CNS), que regulamenta a prática de pesquisas envolvendo seres humanos. Os entrevistados tiveram o livre arbítrio em participar da pesquisa, fornecendo seu consentimento livre e esclarecido, onde foi certificado que não haveria riscos à saúde. O sigilo e o anonimato foram garantidos.

Dado a natureza qualitativa da pesquisa, optou-se por trabalhar com um grupo de 10 moradores, de ambos os sexos. As entrevistas foram realizadas na margem esquerda. Dos moradores entrevistados, dois têm a pretensão de se mudar em busca de melhores condições de moradia; outros oito não pensam em se mudar, dentre os oito, seis já haviam sofrido episódios de inundações e estando cientes que este fenômeno poderia ocorrer novamente, estas pessoas moram desde criança na região, viram suas mães lavarem roupas dos “patrões” as margens do Rio, cresceram e construíram suas casas próximo as margens do Acaraú.

Quanto a pretensão de se mudar da área:

“Meus irmãos e eu crescemos e nos criamos as margens deste Rio, vimos minha mãe lavar as roupas dos patrões para aumentar o dinheiro em casa, construí minha casa próximo a casa de minha mãe e não penso em sair daqui. A vizinhança é tranquila, tudo é próximo, moro aqui a 46 anos, criei meus quatro filhos aqui e não pretendo sair” (Entrevistado 01).

Ao questionamento sobre ocorrência de inundação e como elas afetaram a vida do entrevistado. A pessoa mencionou que já vivenciou quatro inundações, perdeu tudo em uma delas, mas optou por não se mudar. Ela perdeu metade de sua casa, porém a reconstruiu e ainda mora no mesmo local, apesar de estar ciente dos riscos envolvidos. Isso demonstra uma forte ligação com sua residência e uma disposição em enfrentar os desafios associados às inundações para permanecer na área.

“Passei por quatro inundações, na de 2009 saímos só com as redes de casa, perdi todos os móveis, minha geladeira e fogão, quando meus antigos patrões vieram buscar a mim e meus filhos para que pudessemos sair, fomos abrigados na casa da minha patroa que ficava no arco. Quando voltei pra casa, metade dela havia ido com a água, mas reconstruí e não tenho pretensão de sair, pois tudo é próximo, me sinto segura morando aqui” (Entrevistado 02).

Por outro lado, outra pessoa entrevistada na mesma rua gostaria de se mudar, buscando uma melhor condição de moradia. Ela não passou por nenhuma inundação, mas acredita que caso venha a ter um inverno mais rigoroso, a água possa chegar até sua casa.

“ Acredito que a água possa entrar na minha casa, caso venha ocorrer um inverno mais rigoroso; algumas casas são mais altas ou possuem uma barreira na frente como forma de prevenção para que a água não entre. No entanto, mesmo com algumas pessoas criando formas de reduzir os impactos, existe uma omissão por parte do poder público em desenvolver um melhor sistema de drenagem, realizar um melhor tratamento da água do Rio e até mesmo por parte dos moradores que invadem uma área que faz parte da margem do Acaraú” (Entrevistado 03).

A maioria dos entrevistados na Rua Vinte e Três de Setembro, paralelo a margem esquerda, não pensam em mudar seu domicílio, embora tenham passado por eventuais inundações. Mesmo que esses fatos apresentem danos, como por exemplo, perda de material, doenças, estando sujeito a abandonar sua casa, algumas pessoas precisaram passar um período em alojamentos improvisados pela prefeitura ou ficar em casas de conhecidos até o nível da água baixar, mesmo com todos esses motivos apresentados os residentes optam por permanecer em suas residências.

Alguns fatores são bem relevantes para que a mudança dessas famílias não aconteça, como exemplo, afinidade pela rua, por considerarem o local calmo em relação a violência, a maioria já mora a muito tempo, a maioria possui imóvel próprio e, por outro lado, o fator do poder aquisitivo não interfere tanto como se imagina, pois mesmo as pessoas residentes em casas alugadas não pretendem se mudar, para elas existe uma infra-estrutura aceitável para permanecerem aonde estão e para os que residem a mais tempo existe uma memória afetiva, como no relato de uma interrogada.

Essas questões foram aplicadas para moradores que residem na rua São Cristovão, localizada no Bairro Tamarindo, onde a realidade de quem lá reside é outra, a maioria das pessoas que foram entrevistadas gostariam de se mudar do bairro. Os principais pontos são o baixo investimento em infra-estrutura e a violência que assola a região. Um dos entrevistados mora a 36 anos no local e ainda não saiu por causa do seu imóvel que é próprio, mas pensa em futuramente sair quando se aposentar e ir morar na serra ou no sertão.

“ Quando me mudei para Sobral, antes morava em Fortaleza, minha família (pais e irmãos) foi morar no Tamarindo, desde então mudei apenas de rua, mas continuei morando no mesmo bairro, por ser mais próximo da casa de minha mãe e por ter minha casa no local. No entanto, quando me aposentar penso em mudar e ir morar em um local mais tranquilo na serra ou no interior, onde não tenha tanta violência” (Entrevistado 04).

Quando indagados sobre quais enchentes tiveram testemunhado, um dos instruídos mencionou as ocorridas em 1974, 1985, 2004 e 2009. Em todas essas ocasiões, ele e sua família sofreram perdas. Nos dois eventos mais recentes, ao notarem o aumento do nível da água no rio, removeram seus pertences de residência para não terem prejuízos em seus bens materiais.

“ As principais inundações que vivenciei foram as de 1985, 2004 e 2009; as duas piores foram a 1985 e 2004, pois nós não tínhamos para onde ir. Em 85 as pessoas foram levadas para o clube de tiro e outras foram alocadas em colégios, em 2004 não tivemos grandes perdas, pois tiramos antes nossos móveis e eletrodomésticos de casa, pois a inundação vai acontecendo e vamos observando o nível da água, quando percebemos que ela iria entrar na nossa casa, agimos para salvar o podíamos” (Entrevistado 05).

Quando questionados sobre as medidas adotadas pelo poder público para mitigar os problemas causados pelas inundações, o entrevistado afirmou que a prefeitura havia ampliado as margens do rio e frequentemente implementava projetos de limpeza. No entanto, ele expressou ceticismo em relação à eficácia dessas ações para realmente reduzir os efeitos, caso produzissem novas inundações.

“ A prefeitura aumentou as margens do rio, mas a estrutura do local aonde moro ainda é precária; a culpa também é de muitos moradores que jogam lixo dentro do rio, os esgotos de algumas casas são jogados dentro dele, o que acaba afetando sua estrutura. Havia projetos para desenvolvimento de um outro lugar para contenção das águas quando houvesse alguma inundação assim, mas não foi colocado para frente” (Entrevistado 06).

Outro entrevistado que não vivenciou as inundações, mas presenciou, fez seu relato frente aos desafios que as famílias sofreram. Ele presenciou a inundação de 2009, mas não sofreu com ela, pois o local aonde ele mora próximo a Santa Casa é uma região mais alta, e a água não chegou na rua, que antes era a Rua Bela Vista, e hoje é conhecida como Rua José Maria Capote.

“ A inundação que presenciei foi em 2009, lembro, que as principais ruas afetadas foram: Pintor Lemos, Rua Pompeu Ferreira da Ponte, na região mais

baixa próximo a Santa Casa; principalmente a área do Tamarindo em si, foi o mais afetado por está mais próximo a margem do Rio. A água não chegou na minha casa, pois a região que eu moro é mais alta, comparando com as que foram afetadas” (Entrevistado 07).

O mesmo menciona que houve um aviso no rádio que as comportas do açude Araras seriam abertas, pois a parede do mesmo estava rachando, o aviso foi dado as três horas da tarde, as cinco horas da tarde do mesmo dia a água começou a subir e as sete horas da noite já havia muitas casas inundadas. Ele também relata sobre as famílias que ficaram desabrigadas, e que foi muito difícil ver uma cena como aquela, se colocando no local daquelas pessoas que não tinham para onde ir, deixando suas coisas, saindo as pressas de casa, sem saber o que iria acontecer nos próximos dias.

“ Muitas famílias ficaram desabrigadas, algumas foram direcionadas para abrigos, a Big pneus cedeu o galpão deles para que as pessoas fossem direcionadas para lá. Vários caminhões começaram a chegar, e eu ajudei a carregar as mudanças dos desabrigados, detalhe que a água começou a subir as cinco horas da tarde e as sete horas da noite as casas já estavam inundadas; acho que as águas só baixaram com uma semana. Na hora, a gente se sente meio impotente, pois não há muito o que fazer, a não ser correr para ajudar a tirar as coisas das casas dos moradores, para que eles perdessem o mínimo possível. Me coloquei no lugar delas sem saber para onde ir, saindo as pressas de casa.” (Entrevistado 07).

Quando questionado sobre a sugestão em relação às ações do poder público para minimizar ou resolver os problemas enfrentados por essas pessoas diante do fenômeno das inundações. A resposta foi que o governo já fez algumas melhorias, como aumentar a margem do rio e me explicou que a inundação ocorreu nessas ruas, porque existia um córrego do parque mucambinho, que os esgotos eram enviados para este local, quando o nível do rio subiu entrou água nesse canal, o mesmo não tinha capacidade para receber a quantidade de água que estava entrando e com isso transbordou.

“ Recordo que o nível do rio subiu, e a água entrou no córrego e o mesmo transbordou, a água começou a retornar por umas bocas de lobo que tinha na rua, e começou a subir e entrar nas casas; vinha água tanto do córrego, quanto das bocas lobo, era muita água, passou quase uma semana para



reduzir o volume. A prefeitura fez algumas mudanças, ampliaram a margem do rio, e realizaram uma bifurcação no córrego do parque Mucambinho, pois ele era independente do rio, essa bifurcação ligando o córrego ao Rio, ou seja, para o córrego desaguar dentro do Rio. No entanto, acredito que se acontecer um inverno como o de 2009, pode ocorrer uma inundação parecida.” (Entrevistado 08).

Com a descrição dessas entrevistas selecionadas e com as resostas concedida (Apêndice B), percebe-se que a maioria das pessoas que vivenciaram as inundações, passando por toda dificuldade, compreendem os impactos negativos que o homem faz à natureza, mas acreditam que a mesma pode se adaptar a estas mudanças.

Muitos entrevistados apontaram como um dos principais problemas para as inundações os lixos que são jogados no rio, os esgotos que são despejados nele e a não participação do poder público em desenvolver projetos para reduzir ou encerrar os impactos. No entanto, muitos, se isentam da responsabilidade pelo problema. Uma pequena parcela reconhece a sua participação nos impactos que são causados quando ocorre esta fenômeno.

Vestena, Geffer, *et. al* (2014), abordam em seu artigo que a inundação não é um desastre natural, e sim um fenômeno, o que vai caracterizar é o dano e o prejuízo que ela causa a uma determinada comunidade ou a um indivíduo, por ocuparem áreas que são caracterizadas como inundáveis. O risco e a percepção do risco são resultados de construções sociais, possuindo uma dimensão física, subjetiva e multidimensional.

#### **4.2.4 Propostas de mitigação de riscos**

Os problemas devem ser vistos relacionados “à água” e não “dá água”, como muitas pessoas caracterizam. A principal forma de entrada de água é pela chuva, mas o mal planejamento urbano e a falta de um plano de drenagem pluvial, se dá pelo intermédio da ação do homem, que invade as áreas que deveriam ou que são consideradas como Áreas de Proteção Ambiental.

A educação ambiental é algo essencial para conscientização e desenvolvimento da percepção da condição de risco, pois as pessoas necessitam

compreender que são agentes causadores e modificadores das situações de perigo, sendo assim possuem a capacidade de criar mecanismos que possibilitem a diminuição da sua exposição. Sendo abordados temas relacionados as inundações, os riscos que o fenômeno pode causar, mostrar a relação entre a vulnerabilidade e os resíduos sólidos, entre outros.

Compreende-se que para realizar a mitigação dos problemas como inundações, alagamentos, entre outros problemas relacionados a água, é necessário o desenvolvimento de um plano de drenagem urbana aliado ao plano diretor de uso e ocupação do solo, sendo este desenvolvido com informações que vão além de regularização de obras, devem constar a regularização e as condições para as intervenções estruturais e não-estruturais com objetivo de melhorar o sistema de drenagem.

Uma proposta seria explorar o sistema de infiltração, desenvolvendo um plano de infiltração. Estes sistemas, são dispositivos que permitem um alívio nos sistemas de drenagem clássicos existentes, contribuindo com a recarga dos aquíferos subterrâneos, possibilitando a urbanização de zonas distantes de enxutórios superficiais. Eles podem ser desenvolvidos ao ar livre, como valas e bacias, ou podem ser enterrados como as trincheiras, poços ou pavimentos infiltrantes (MOURA, BARRAUD e BAPTISTA, 2009).

Algo que é difundido para a contenção de inundações e alagamentos é a utilização de pavimentos permeáveis, que reduzem o escoamento superficial garantindo que praticamente que boa parte da água seja infiltrada. Estes também são conhecidos como estruturas-reservatórios, possui como principal característica a entrada imediata da água da chuva, e sua estocagem temporária da água na parte interior do pavimento, e a evacuação da água acontece de forma lenta e gradual, que é feita por infiltração do solo e/ou liberação para a rede de drenagem.

Pavimentos permeáveis são definidos como aqueles que possuem espaços livres na sua estrutura por onde a água pode atravessar. São considerados um dos sistemas de drenagem urbana sustentável pois controlam o volume de água na fonte geradora e ainda promovem uma melhora na qualidade de água. O revestimento deve permitir a passagem rápida da água evitando que ela escoe superficial ou forme poças, garantindo que 100% da água

superficial seja infiltrada através do pavimento em um intervalo de tempo compatível com a chuva local, resultando em um baixo escoamento superficial (MARCHIONI e SILVA, 2013).

Neste contexto relacionado a infiltração, podemos pontuar os blocos vazados que também podem ser utilizados como medida de contenção, por serem preenchidos com areia ou grama, possuindo um desempenho térmicosimilar a uma superfície gramada, auxiliando na drenagem de águas e reduzindo o escoamento superficial.

A implementação de áreas mais verdes também pode ser abordada como uma alternativa. A vegetação possui a capacidade de reter água nas copas arbóreas e arbustivas, dando tempo para o processo de evapotranspiração, tornando o processo de escoamento superficial mais lento. A capacidade de interceptação está relacionada às características da cobertura vegetal, quanto menor está for, menor a capacidade de infiltração e maior volume de água escoando superficialmente, causando erosão, contribuindo com mais detritos para os cursos de água que irão impedir ou dificultar seu escoamento.

As trincheiras de infiltração são projetadas ao longo de superfícies impermeáveis, com o objetivo de amortecer os volumes superficiais. Não existe um padrão de proporcionalidade entre as dimensões da trincheira de infiltração. São áreas escavadas preenchidas por material granular tipo brita ou seixos rolados, são especialmente construídas para proporcionar uma infiltração direcionada das águas superficiais ao solo, sendo implantadas em locais de áreas limitadas como calçadas, rodovias, estacionamentos, entre outros (MELO, COUTINHO, SANTOS, *et al.*, 2016).

Em diversas partes do mundo a água proveniente das precipitações está sendo armazenada, com o objetivo de manejo e aproveitamento da água para uso doméstico, industrial e agrícola; sendo visto como um método simples e eficaz para redução substancial do escoamento superficial, atenuando problemas ambientais da escassez de água para consumo (SOUZA, 2004).

Sua captação ocorre da seguinte maneira, a água da chuva é captada por meio de uma calha, e é levada para um filtro, onde são retiradas os galhos, as plantas,

as impurezas mais grosseiras, então é armazenada em uma cisterna para uso doméstico. Ao realizar o armazenamento da água da chuva há uma redução escoamento para os canais pluviais, ombate aos ciclos de escassez, redução do uso dessas águas consideradas nobres para limpeza doméstica, irrigação, entre outras.

Borges (2021), aborda em sua dissertação que se tratando de medidas não estruturais pode-se citar a ferramenta de previsão e alerta, que se caracteriza pela transmissão em tempo real junto a jusante em conjunto com o plano da Defesa Civil que envolva toda área suscetível a risco de inundações. Pode-se citar também o planejamento urbano, com o principal objetivo a reorganização do território à longo prazo, evitando consideravelmente impactos sociais, ambientais e econômicos.

Uma outra proposta para ser desenvolvida a curto prazo, é o desenvolvimento de um plano emergencial e de contenção, para auxiliar as pessoas que vivem à margem dessas áreas. Qual forma elas seriam avisadas, para onde seriam levadas, como seria transportadas, criar um canal de comunicação direto com essas pessoas, para que estas estejam instruídas, caso algo venha a acontecer. Para as áreas de risco sugeridas que foram citadas neste trabalho, mas ainda não estão urbanizadas, ou que estão começando a ser, é interessante que sejam desenvolvidos para estas localidades planos de drenagem, planejamento urbano para evitar possíveis danos para os novos habitantes.

Além de todas estas medidas citadas, foram e são desenvolvidas muitas outras. No entanto, é necessário o apoio da gestão pública e a conscientização da população para buscar alternativas viáveis para reduzir os impactos que este fenômeno causa, sendo necessário a integração das medidas estruturais e não estruturais, para que essas soluções individualmente tenham caráter apenas temporário, mas sim atuando de uma forma mais sustentável.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema das inundações é uma pauta que vem sendo discutida em todo o mundo, principalmente após os alertas realizados sobre as mudanças climáticas. Quando a temperatura do planeta é alterada, os impactos são sentidos em todos os lugares, sendo mais atenuante nos locais aonde as medidas de contensão não são estudadas, aplicadas e fiscalizadas. Por mais que o risco seja pequeno, ele ainda pode ocorrer.

Outra pauta que deve ser bastante discutida é o planejamento urbano, pois este vai muito além do quesito físico e estético da cidade, a partir de uma elaboração exata e objetiva, havendo necessidade de períodos que sejam realizadas revisões do plano diretor, as cidades poderão ser reconstruídas, conectando os cidadãos com o espaço no qual vivem. Este precisa ser desenvolvido e/ou revisado com o intuito de prever futuros problemas que a população venha a sofrer, criando formas de mitigação e fiscalização para o bem estar dos cidadãos.

Com a urbanização cada vez mais acelerada, é necessário um desenvolvimento e fiscalização mais efetiva relacionada a planejamento urbano, a disseminação sobre educação ambiental, dentro das áreas de educação, nas comunidades, dentro das empresas, entre outros locais, para que haja um maior respeito do homem em relação a natureza.

A cidade de Sobral torna-se uma área polarizada, por causa do destaque nas atividades terciárias, prestação de serviços, educação, entre outros. No entanto, com a urbanização e modificações no espaço natural, com enfoque nas margens dos corpos hídricos, passa por frequentes inundações quando há a ocorrência de precipitações intensas; algumas inundações não são notificadas por serem pontuais, mas a população a margem desta situação sofre com as consequências deste fenômeno e o meio ambiente também.

O trabalho buscou complementar o relatório que a CPRM já realiza, contribuindo com o mapeando de outras áreas (bairros) que através das informações coletadas, do Sistema de Informação e Geoprocessamento, e visitas realizadas, sugere-se que essas localidades sejam adicionadas ao mapa de risco a inundação da Cidade de Sobral.

Dito isto, com estas informações a ocupação deve ser planejada, regulamentada e em algumas situações proibida. Com o maior conhecimento a partir destes mapas, pode-se realizar construções que permitam reduzir os danos, elaborar medidas efetivas, desenvolver novas ideias sustentáveis, entre outros planos de mitigação para reduzir os desastres naturais e evitar o sofrimento de tantas famílias.

Existem áreas que mesmo ainda não sendo urbanizadas, também precisam ser monitoradas, pois estão próximas a corpos hídricos e para não ocorrer uma urbanização desordenada próximos aos mesmos, é preciso criar um alerta para reduzir os impactos tanto ambientais, quanto futuros para as pessoas que irão habitar a área.

Observa-se que, não apenas para as pessoas que foram entrevistadas, mas é pouco difundido o tema da educação ambiental e a pauta sobre a relação homem e natureza; não há uma consciência crítica sobre a causa e as consequências dos desastres naturais, apresenta-se um entendimento pouco sistêmico dos diferentes processos essenciais envolvidos com as questões dos desastres relacionados as inundações.

A percepção do risco pode ser considerado algo muito sutil, pois a maioria ignora aquilo que não costuma está dentro de sua rotina, algo que não ver. As pessoas acabam selecionando os riscos que devem dar importância, o problema é não buscar ter conhecimento sobre os riscos que não são visíveis, e não ter soluções possíveis para mitigá-los. Algumas comunidades devem mudar seu modo de difundir que o invisível não traz risco e que a comunidade não detém o controle destes.

O uso e ocupação do solo transforma o espaço, quando a ocorrência é de forma não planejada e fiscalizada causando degradação ambiental e impactos negativos a população, com transtornos e prejuízos. Os impactos são mais evidentes nas cidades por ser um local onde está situado a maioria das relações sociais, cabe ao poder público, aos comitês das comunidades e a cada indivíduo cuidar do meio ambiente, por serem modificadores ativos do espaço no qual habitam.

O desenvolvimento desta pesquisa foi voltado principalmente para o cunho social, após as entrevistas realizadas, observar a percepção e vulnerabilidade da população ao fenômeno das inundações, comprova que antes da modificação do

espaço, o mesmo deve ser estudado e elaborar planos para que os impactos sejam os menores possíveis, evitando prejuízos futuros.

Para algumas propostas de trabalhos futuros, pode-se sugerir o desenvolvimento de um plano emergencial para a cidade de Sobral para instruir as pessoas, evitando maiores danos. A elaboração de um plano de drenagem e um estudo de um plano de infiltração, para reduzir o escoamento superficial e a água ter outros caminhos para escoar, sendo aproveitados lençóis freáticos, serem desenvolvidas galerias, entre outras propostas a serem planejadas.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR Jr., Paulo Rocha. **A cidade e o rio: produção do espaço urbano de Sobral - Ceará. 2005. 180 f.** Dissertação (mestrado) em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. PASCOALINO, Aline. Gestão de risco, desenvolvimento e (meio) ambiente no Brasil: um estudo de caso sobre os desastres naturais de Santa Catarina. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2009, Viçosa, MG. **Anais...** Minas Gerais: UFV, 2009. p. 25 - 35.
- ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. **Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: Conceitos, metodologias e aplicações.** São Paulo, SP. Culta Acadêmica, 2012.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundação e Enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir.** 2 ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. cap. 3. p. 39-52.
- ARAÚJO, F. E. R.; SOUSAS, I. I. I.; SALES, J. C.; Urbanização e seus impactos ambientais no município de Sobral – CE. IV Fórum Brasileiro do Semiárido, Sobral-CE, 2020.
- BAILEY-SERRES, J.; VOESENEK, L. A. C. J. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 313-339, 2008.
- BARBOSA, F. de A. dos R.; **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB.** 2006. f. 115. Dissertação (Mestrado em engenharia urbana). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2006.
- BLENKINSOP, S., ALVES, L. M., SMITH, J. P.; **Climate change increases extreme rainfall and the chance of floods.** Science Brief, Zenodo, p. 1-5, 2021.
- BOMBASSARO, M.; ROBAINA, L. E. D.; **Contribuição geográfica para o estudo de inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari – Antas, RS.** Geografias – Artigos Científicos, Belo Horizonte, p. 69 – 86, 2010.
- BRAGA, J. O. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de Santa Maria – DF.** 2016. P. 33. Monografia de graduação – Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília. Distrito Federal, Brasília, 2016.
- BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** CARVALHO, Celso Santos; MACEDO, Eduardo Soares de; OGURA, Agostinho Tadashi (orgs) – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.
- CABRAL, Laíse do Nascimento; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, n. 3, 2019.



CALDANA, Nathan Felipe da Silva; YADA JUNIOR, George Mitsuo; MOURA, Denis Anderson Vieira de; COSTA, Angela Beatriz Ferreira da; CARAMORI, Paulo Henrique. Ocorrência de alagamentos, enxurradas e inundações e a variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Iguaçu. **Revista Brasileira de climatologia**. Ano 14, v.23, Paraná, 2018.

CAMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. (org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos. p.2-1 a 2-35. 2001.

CANÇADO, Vanessa Lucena. **Consequências econômicas das inundações e vulnerabilidade desenvolvimento de metodologia para avaliação do impacto nos domicílios e na cidade**. Belo Horizonte, BH - 2009. 394 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, BH. 2009.

CARDOSO, C. O.; ULLMANN, L. M.; BERTOL, L.; **Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, n.1. p.131-140, 1998.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia (2007)**. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acessado em: 10 de Agosto de 2022.

CARVALHO, Iago Nantes da Cruz; ESPÍNDULA, Lidiane; MOREIRA, Luana de Oliveira Gomes. **Pensar Acadêmico**, Manhuaçu, v. 19, n. 3, p. 1021-1064, setembro-dezembro, 2021.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. **Riscos ambientais e geografia: Conceituações, abordagens e escalas**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Vol. 28-2, p. 11-30, 2005.

COELHO, A. L. N. **Sistema de Informações Geográficas (SIG) como suporte na elaboração de planos diretores municipais**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 10, n. 30 Jun, 2009, pp. 93-110.

COLLISCHONN, Walter; TASSI, Rutinéia. Introduzindo Hidrologia. **Apostila**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, maio de 2008.

CORREIA FILHO, Washington Luiz Félix; LUCIO, Paulo Sérgio; CONSTANTINO SPYRIDES, Maria Helena. Caracterização dos extremos da precipitação diária no nordeste do Brasil. Instituto de Estudos Socio-Ambientais. **Boletim Goiano de Geografia**. Boletim Goiano de Geografia, v.36, n. 3, p. 593-554, Goiânia, 2016.

CORTEZ, Henrique. Mudanças climáticas aumentam chuvas extremas e a chance de inundações. Tradução e edição, a partir de informações da Newcastle University. In: **EcoDebate**, ISSN 2446-9394, 07/06/2021. Disponível em:<<https://www.ecodebate.com.br/2021>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

CUNHA, M. R. B., GONÇALVES, L. A. A., **A política educacional de Sobral e sua influência no contexto urbano-regional.** Anais do XIV ENANPEGE (XIV

DIAS-FILHO, M.B. **Opções forrageiras para áreas sujeitas a inundação ou alagamento temporário.** In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURAS, J.C.de; DA SILVA, S.C.; FARIA, V. P.; 22º Simpósio sobre manejo de pastagens. Teoria e prática da produção animal em pastagens. Piraciaba: FEALQ, 2005, P. 71-93.

ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA), Campina Grande, 2021.

ENOMOTO, C. F.; **Método para elaboração de mapas de inundação estudo de caso na bacia do Rio Palmital, Paraná.** (Dissertação de metrado), Curitiba - PR: Universidade Federal do Paraná, 2004.

EVANGELISTA, F. S. M.; **Análise geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Mucambinho – CE.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Fortaleza, 2009.

FAGUNDES, E. A. A., KOETZ, M., RUDEL, N., SANTOS, T.S. dos., PORTO,R. **Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo cerrado no município de Rondonópolis – MT.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.8, n.14, p. 369, 2012.

FONSECA, M. N.; FERENTZ, L. M. S.; **Percepções sobre as consequências e prejuízos de inundações: estudo aplicado em Pinhais, Paraná.** Revista Brasileira de História e Ciências Sociais – RBHCS, Vol. 12, Nº 13, 2020.

FREIRE, N. C. F.; BONFIM, C. V.; NATENZON, C. E.; **Vulnerabilidade socioambiental, inundações e repercussões na Saúde em regiões periféricas: o caso de Alagoas, Brasil.** Ciência e saúde coletiva, V.9, N.19, p. 3755 – 3762, 2014.

FREITAS, N. A.; **O sabor de uma cidade: práticas cotidianas dos habitantes de Sobral.** Tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará, Programa de pós graduação em Sociologia, 2005, Fortaleza.

GIRÃO, Italo Renan Ferreira; RABELO, Davi Rodrigues; ZANELLA, Maria Elisa. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. **REGNE**, v. 4, nº Especial, 2018.

GOMES, E. S.; MOURA, B.; PLAVIACK, G.; NOVACOSKI, J.; STORI, K. R.; **Oficina didática sobre os conceitos de inundações, enchentes, alagamentos e enxurradas.** EDUCERE XII Congresso nacional de educação, PUC, São Paulo, 2015.

GOMES, R. L.; LIMA, F. V. O.; FERREIRA, F. L. S.; CARACRISTI, I.; **Análises das variações termo-higrométricas da cidade de Sobral-CE a partir da técnica dos transpectos móveis e da aplicação de questionários.** XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, I Congresso Nacional de Geografia Física, Instituto de Geociência – Unicamp, São Paulo, 2017.

GOULART, Letícia Pena; MATSUOKA, Jaqueline Vicente. Análise das áreas

suscetíveis à alagamentos e inundações na área urbana do município de Uberlândia – MG utilizando geoprocessamento e o método de análise hierárquica AHP. **GETEC**, v.10, n.34, p.21-44, 2021.

GREENOUGH, Greegg; MCGEEHIN M; BERNARD Susan M; TRTANJ, Juli; RIAD, Jamin; ENGELBERG D. The potential impacts of climate variability and change on health impacts of extreme weather events in the United States. **Environ Health Perspect**, 2001 May;v. 109 Suppl 2. p.191-198.

GUIMARÃES, David Franklin da Silva; BELMIRO, Camila dos Santos; VASCONCELOS, Mônica Alves; PEREIRA, Henrique dos Santos. Desastres ambientais fluviais: percepção de risco e avaliação de respostas governamentais por populações ribeirinhas em Cacacu Pirêta, Iranduba/AM. **Sustainability in Debate** - Brasília, v. 10, n.3, p. 256-275, dez. 2019.

HORA, S. B da; GOMES, R. L.; **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeiras em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA.**

HUISMAN, O., DE By, R.A, et al. **Principles of Geographic Information Systems, The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC)**. The Netherlands, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **História e fotos**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/sobral/histórico>>. Acesso em: 12 dez 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Senso demográfico de 2022**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/sobral>>. Acesso em: 27 jul 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Tendências Demográficas: uma análise da população com base nos resultados dos Censos Demográficos 1940 e 2000**. Rio de Janeiro, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **PERFIL BÁSICO MUNICIPAL 2017- SOBRAL**, Fortaleza - CE, 2017.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Quinto **Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas** [Core Writing Team, RK Pachauri e LA Meyer (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 151 pp. Disponível em:< [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)>. Acesso em: 29 jul 2023.

JATOBÁ, Sergio Ulisses Silva. Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. **Boletim regional, urbano e ambiental**, Brasília, p.141-148.jun. 2011.

JONOV, Cristine Machado Parisi; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; SILVA, Adriano de Paula e; Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. **Ambiente construído**, v.13, n. 3, p 75 – 94, Porto Alegre, 2013.

LAGADEC, L-R.; PIERRE PATRICE, P.; BRAUD, I.; CHAZELLE, B.; MOULIN, L.; DEHOTIN, J.; HAUCHARD, E.; BREIL, P. Description and evaluation of a surface runoff susceptibility mapping method. **Journal of Hydrology**, 541, 495–509, 2016.

LICCO, E. A.; DOWELL, S. F. M.; **Alagamentos, enchentes, enxurradas e inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança.** Iniciação – Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística Edição Temática em Sustentabilidade. V. 5, n. 3, São Paulo, 2015.

LOPES, Breno de Abreu; GONÇALVES, Luiz Antônio Araújo. Discussão sobre a centralidade de Sobral no contexto do semiárido cearense. **Revista Equador (UFPI)**, Vol. 9, N°4, p. 74 – 95, 2020.

LOURENÇO, Joaquim Carlos; ALENCAR, Jaqueline Lopesde; VASCONCELOS, Rejane de Fátima Victor; VALE, Ylene Michelline A. Lins do; Identificação de fatores de vulnerabilidade ambiental na floresta do Louzeiro em Campina Grande -PB. **Polêmica**, v. 12,n.2, abril/junho de 2013.

LUIZ, Gislaine Cristina; ROMÃO, Patrícia de Araújo. Interação Solo-Atmosfera e Processos de Inundação e Alagamento na Cidade de Goiânia-GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.12, n.05. p. 891-1903, 2019.

MARANDOLA JR.,E.; HOGAN, D. J.; **Natural Hazards: o estudo geográfico e dos riscos e perigos.** Ambiente e sociedade, Vol. 8, N° 2, 2004.

MARCHIONI, M. L; SILVA, C. O.; **Conceitos e Requisitos para Pavimentos de Concreto Permeável.** 2013. Disponível em: PR3\_Conceitos\_Requisitos\_Pav\_Concreto\_Permeavel.pdf (abcp.org.br).

MELO, T. DOS A. T.; COUTINHO, A. P.; SANTOS, J. B. F. DOS; CABRAL J. J. DA S. P.; ANTONINO, A. C. D.; LASSABATERE, L. **Trincheira de infiltração como técnica compensatório no manejo das águas pluviais urbanas.** Ambiente construído, v.16, n. 3, p. 53 – 72, Porto Alegre, 2016.

MENDONÇA, Francisco de Assis. Riscos e Vulnerabilidades socioambientais urbanos: a contingência climática. **Mercator**. Fortaleza, v.9, p. 153 a 163, número especial, dez. 2010.

MENDONÇA, Francisco; BUFFON, Elaiz Aparecida Mensh; CASTELHANO, Francisco Jablinski; SITOIE, Gina. Resiliência socioambiental-espacial urbana à inundações: possibilidades e limites no bairro Cajuru em Curitiba (PR). **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**. V.12, n.19, p.279-298, jul/dez. 2016.

MENEZES, D. J; ROBAIANA, L. E. S; TRENTIN, R.; **Zoneamento e classificação das áreas de risco a inundação no município de alegrete, RS.** Ratega, o espaço geográfico em análise. Curitiba, PR. V.50, P. 136 – 152, 2021.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Teoria e clima urbano. **Série Teses e Monografias** n°25, 181p. Ilustr. São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1976.

MONTEIRO, Nágila Veiga Adrião; NETO, AGUIAR NETO, Raimundo Azevedo; LIMA, José Wellington Severiano de; PAULA, Davis Pereira de. Identificação das áreas de risco a inundações e enchentes na cidade de Sobral- CE. **Revista Equador** (UFPI), v. 5, n.4 (Edição especial 3), p 2-22. 2016.

MONTE-MOR, R. C. A.; **Análise de processos hidrológicos em bacias de rios intermitentes no semiárido Mineiro**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Pós-graduação em Saneamento, meio ambiente e recursos hídricos, Minas Gerais, 2012.

MOREIRA, L. L.; KOBAYAMA, M.; **Panorama de estudos sobre índice de vulnerabilidade às inundações no Brasil através de revisão bibliográfica**. Revista Caminhos de Geografia, V. 22, N. 79, P. 309-320, 2021.

MOURA, E. N.; FRENZEL, A. S.; MOURA, I. I.; Inundações no Meio Urbano e Vulnerabilidade Social: estudo de caso em Curitiba, Brasil. **Redes (Santa Cruz do Sul. Online)**, V. 24, N. 2, P. 122-142, 2019.

MOURA, P. M.; BARRAUD, S.; BAPTISTA, M. B.; **O funcionamento dos sistemas de infiltração de águas pluviais urbanas**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande – MS, 2009.

MUNIZ, F. G. L.; CARACRISTI, I. **A percepção da população com o clima da cidade de Sobral**. Revista Equador (UFPI), Vol. 8, N° 2, p. 449-467, Piauí, 2019.

MUNIZ, F. G. L.; CARACRISTI, I. **Análise da variação da temperatura e umidade no período de pré-estação chuvosa na cidade de Sobral/CE**. Research, society and development, V.10, N° 17, 2021.

NASCIMENTO JÚNIO, Lindberg. **O clima urbano com risco climático**. GEO UERJ, N. 4, P. 1 – 34, Rio de Janeiro, 2019.

NASCIMENTO, Alexandre Sabino do; ARAÚJO, Caline Mendes de. Narrativas sobre riscos naturais e resiliência na construção da agenda urbana global neoliberal. **Caderno metrópole**, São Paulo, v. 23, n. 52, pp. 1135-1164, set/dez 2021.

NUNES, F. G.; FIORI, A. P.; FIRPO, G. Estimativa de coeficientes de escoamento superficial na bacia hidrográfica do Rio Atuba: Curitiba e Região Metropolitana Paraná/Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 64 -65, p. 27-39, 2011.

O SOBRALENSE. **Foto da enchente de 2009, em sobral**. 21 de outubro de 2016. Disponível em: < <https://osobralense.com.br/2016/10/foto-da-enchente-de-2007-em-sobral/>>. Acesso em: 15 de novembro, 2022.

OCHA. **Natural Disasters in Latin America and the Caribbean 2000-2019**. p. 18. 2020.

OLIVEN, R. G; **Urbanização e mudança social no Brasil**. Rio de Janeiro: Centro Edelstein, p. 146, 2010.

PAULO, Rodolfo Fares. **Crescimento Urbano Desordenado: o papel do Estado e da Sociedade diante dos impactos socioambientais**. Porto Alegre, RS: Editora Fi, 173

p. 2018.

PEITER, Claudia Maria. **Desastres naturais: Enchentes e inundações e o papel do Estado e da sociedade na gestão de segurança pública**. 2012. f. 164. Dissertação (Mestrado em Ciência Jurídica). Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI. Itajaí – SC. 2012.

REIS, P.E.; **O escoamento superficial como condicionantes a inundação em Belo Horizonte, MG: estudo de caso da sub-bacia do córrego do Leitão, bacia do Ribeirão Arruda**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociência, 2011.

REIS, P.E.; PARIZZI, M. G.; MAGALHÃES, D. M.; MOURA, A. C. M. **O escoamento superficial como condicionante de inundações em Belo Horizontes, MG; estudo de caso da sub-bacia córrego do Leitão, Bacia do Ribeirão Arrudas**. Geociência, V.31, P; 31-46, UNESP, São Paulo, 2012.

ROCHA, G. S.; **A degradação das águas superficiais da cidade de Sobral (CE): Os sistema lacustres da zona urbana**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Mestrado Acadêmico em Geografia, Fortaleza, 2013.

SANTOS, Flávio Augusto Altieri; ROCHA, Edson José Paulino da. Alagamento e inundações em áreas urbanas. Estudo de caso: Cidade de Belém. **Revista GeoAmazônia**. Belém, v. 02, n. 2, p. 33 - 55, jul./dez. 2013.

SANTOS, Juliana Moreira dos.; PAULA, Davis Pereira de. Análise espacial das ocorrências de alagamentos urbanos na microbacia do Riacho Pajeú em Fortaleza, Ceará. **BG JOURNAL**. Brazilian Geographical Journal, Geosciences and Humanities research médium, Ituiutaba, v. 12, n. 1, p.109-128, jan/jun. 2021.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. (Org.) **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, p. 192, 2007.

SCHIAVETTI, A., CAMARGO, A. F. M.; **Conceitos de Bacias Hidrográficas – Teorias e Aplicações**. Universidade estadual de Santa Catarina (UESC), Editora Editus, 2002.

SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL. CPRM. **Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado do Ceará**, 1998, Fortaleza.

SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL. CPRM. **Setorização de áreas em alto e muito alto risco a Movimentos de Massa, Enchentes e Inundação**. Sobral, 2011.

SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL. CPRM. **Setorização de áreas em alto e muito alto risco a Movimentos de Massa, Enchentes e Inundação**. Sobral, 2019.

SILVA, J. P. R.; **Inundações: vulnerabilidade social e ambiental, uma análise do risco através da percepção e educação ambiental**. Acesso em 08 de Maio de 2022. Link: [A3-047 \(ufsc.br\)](https://ufsc.br), 2014.

**SOBRAL 2015: Relembrando a enchente do Rio Acaraú.** Sobral para sempre. Disponível em: <http://sobralparasempre.blogspot.com/2015/08/sobral-2015-recordando-enchente-do-rio.html>. Acesso em: 15 de novembro, 2022.

SOBRAL 24H. **Enxurrada em vila de Jericoacoara.** Dom, jan,2022. Sobral - CE. Disponível em: <https://www.sobral24horas.com/2022/01/enxurrada-em-vila-de-gericoacoara-causa.html>>Acesso em: 15 nov., 2022.

**Sobral na enchente de 1974.** Sobral 24 horas. Disponível em: <https://www.sobral24horas.com/2011/04/sobral-na-enchente-de-1974.html>. Acesso em: 15 de novembro, 2022.

**Sobral sofre com maior enchente dos últimos anos.** Sobralidade total. Disponível em: <http://sobralidadetotal.blogspot.com/2009/04/sobral-sofre-com-maior-enchente-dos.html>. Acesso em: 19 de dezembro de 2022.

SOUSA, F. R. C.de; PAULA, D. P. de; **Uso da equação de intensidade-duração-frequência de chuvas para bacia do rio Coreaú (Ceará, Brasil).** REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA Fortaleza, Brasil, v.12, n.1, p.96-109, 2018.

SOUZA FILHO, Luciano Prata; PIRES, Rener Costa; AMORIM, Wagner Vinícios; **Sobral, políticas habitacionais e conflitos urbanos: o caso do conjunto habitacional Nova Caiçara.** CONADIS (Congresso Nacional da Diversidade do semiárido), 2018.

STUDART, Ticiania M. Carvalho. Notas de Aula – Hidrologia. Universidade Federal do Ceará - UFC, cap. 1, p. 22-123. 2006. **Apostila.** Disponível em: <http://www.cearidus.ufc.br/graduacao.htm>>. Acesso em: 14 nov 2022.

TATSCH, Jonatan Dupont. **Hidrometeorologia.** 2020. Disponível em: <https://lhmet.github.io/hidrometeobook/>>. Acesso em: 19 fev 2022.

TOMINAGA, L.K; SANTORO, J; AMARAL,R.(Org), **Desastres Naturais: conhecer para prevenir.** – 3ª ed. - São Paulo: Instituto Geológico, p.196, 2015.

TOMINAGA, Lídia Keiko. Desastres Naturais: por que ocorrem? In: **Desastres Naturais, conhecer e prevenir.** TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela do. (Orgs). Instituto Geológico, São Paulo. – 3ª ed. 2015. Cap. 1, p. 11- 23.

TONIOLO, Bruno Pereira; SILVA, Darllan Collins da Cunha e; VENTURA, Katia Sakihama; LOURENÇO, Roberto Wagner. Identificação de áreas suscetíveis a inundação com o auxílio de geotecnologias na Unidade de Negócio Oeste – Sabesp. **Revista DAE.** São Paulo:| v. 70, n 235. P. 167-179. Ed. Esp. Mar. 2022.

TRENBERTH, K. E. **Framing the way to relate climate extremes to climate change.** **Climatic Change**, v. 115, p. 283-290, 2012.

TUCCI, Carlos Eduardo Morrelli. **Gestão das águas pluviais urbanas.** In: Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Saneamento para todos. Brasília: Ministério das Cidades, v. 4. p. 194, 2006.

TUCCI, Carlos Eduardo Morrelli. Gestão das inundações urbanas. **Global Water Partnership**. Edição em arquivo digital. Brasília, 2005.

TUCCI, Carlos Eduardo Morrelli; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/GWP.p. 150, 2003.

TUCCI, Carlos Eduardo Morrelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario Thadeu; **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ABRH. Rio Grande do Sul, p. 428, 1995.

UNISDR - UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Living with Risk: **A global review of disaster reduction initiatives**. Vol. II - Annexes. Geneva: UNISDR, 2004.

URSULINO, Denise Maria Azevedo. **Estudo geoquímico de solos em áreas degradadas no município de Sobral (CE) com vistas à sua recuperação**. 164f. Tese (doutorado) em Geologia Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Unesp de Rio Claro, 2013. 1 CD-ROM.

VENÂNCIO, R.; **Espaços da experiência como espaços da memória: narrativas e imagens entre os canoeiros do rio Acaraú**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Programa de pós graduação em sociologia, Fortaleza, 2009.

VESTENA, L. R.; GEFFER, E.; ALMEIDA, D. E. F.; VESTENA, C. L. B.; **Percepção ambiental sobre as causas das inundações, Guarapuava/ PE: em busca da cidade resiliente**. Revista do departamento de Geografia, USP, V. 2B, P. 280-294, 2014.

WARD, R.C; ROBINSON, M. **Principles of hidrology**. UK McGraw-Hill, Maidenhead, 2000.

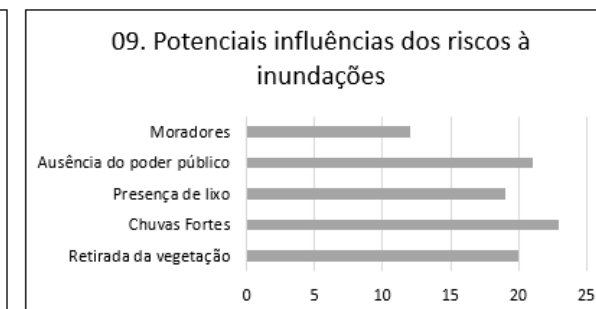
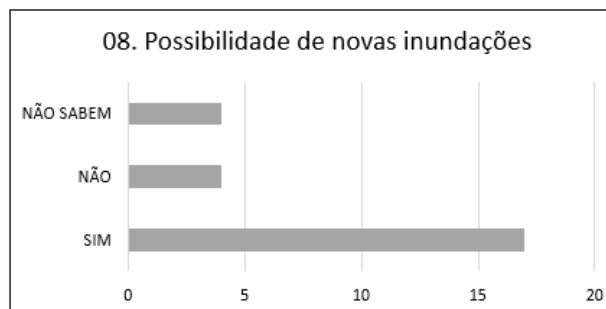
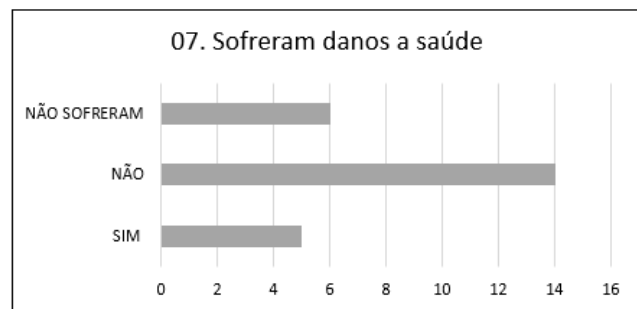
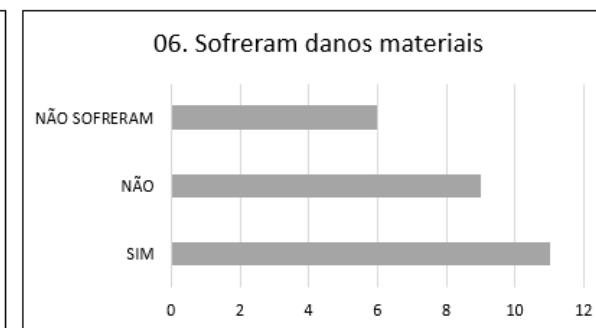
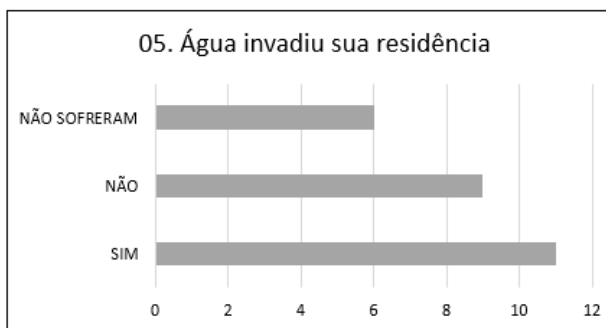
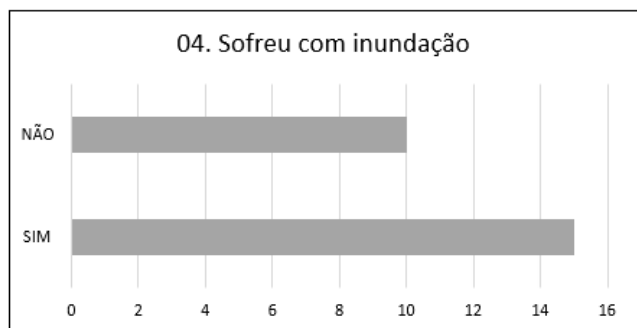
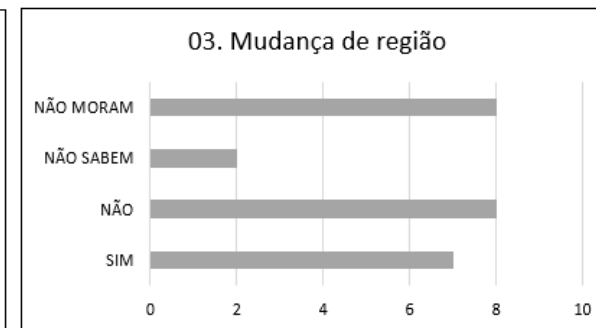
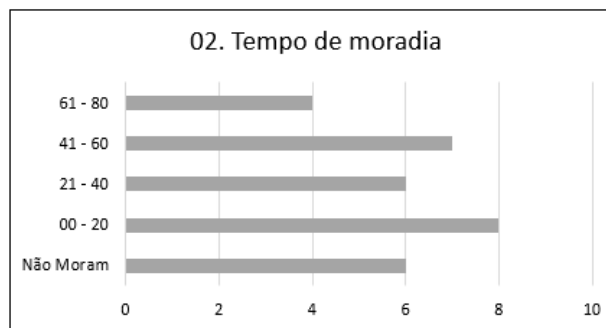
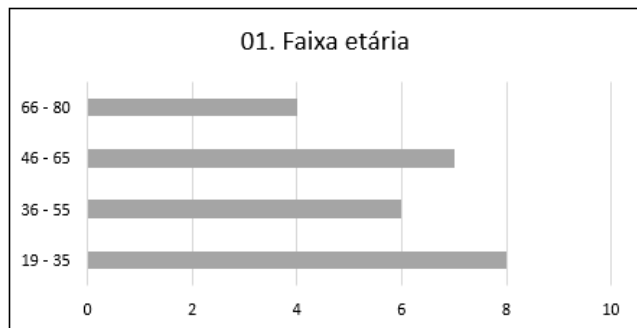
ZANELLA, Maria Elisa. Inundações Urbanas em Curitiba (PR): Impactos, risco e vulnerabilidade socioambiental no bairro Cajuru. p.167-193. 2020. In: MENDONÇA, Francisco; LIMA, Myrian Del Vecchio de (Orgs). **A cidade e os problemas socioambientais urbanos** [recurso eletrônico]: uma perspectiva interdisciplinar. – Curitiba: Ed. UFPR, 1 arquivo [926 p.] : il. – (Série pesquisa, n. 376), 2020.



## APÊNDICE A – Roteiro de entrevista aplicado à população

1. Qual sua idade?
2. Tempo de moradia na região?
3. Pretende se mudar da área?
4. Você já sofreu com algum tipo de inundação?
5. A água invadiu sua residência?
6. Teve danos materiais?
7. Teve danos à saúde?
8. Você acha que caso ocorra alguma outra inundação, as regiões que já foram afetadas podem ser invadidas novamente?
9. Quais dos seguintes fatores são responsáveis por potencializar os riscos à inundação?
  - ( ) Retirada de vegetação;
  - ( ) Chuvas fortes;
  - ( ) Presença de lixo e mato dentro dos corpos hídricos;
  - ( ) Ausência do poder público;
  - ( ) Moradores.

## APÊNDICE B – Gráficos dos resultados do questionário aplicado à população (25 pessoas)



Fonte: Autora (2023)

**APÊNDICE C – Vídeos assistidos como levantamento exploratório, relacionado ao tópico de Sobral e suas inundações.**

<b>Descrição do vídeo</b>	<b>Link</b>
Inundação no parque da cidade em Sobral.	SOBRAL COM BONS OLHOS. <b>Inundação no parque da cidade em sobral</b> . Youtube. 27 de mar. de 2021. Disponível em: < <a href="https://youtu.be/D9iS_OBMbyM">https://youtu.be/D9iS_OBMbyM</a> >. Acesso em: 18 fev. 2022.
Enchente o Rio Acaraú em Sobral	GILSONLANDIM. <b>Enchente do Rio Acaraú em Sobral</b> . Youtube. 2 de mai. de 2009. Disponível em: < <a href="https://youtu.be/C7HJlnr0SY">https://youtu.be/C7HJlnr0SY</a> >. Acesso em: 18 fev. 2022.
Grendene chuva alagam Grendene em Sobral	CANAL DO LUÍS CARLOS. <b>Grendene chuva alagam Grendene em Sobral</b> . 4 de jun. de 2022. Disponível em: < <a href="https://youtu.be/VRungleVz1g">https://youtu.be/VRungleVz1g</a> >. Acesso em: 18 fev. 2022.