



**Universidade do Estado do Pará  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia  
Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e  
Sustentabilidade na Amazônia  
PPGTEC – Mestrado**

**VIVIANE GOMES DE ALENCAR**

**AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO DE  
INUNDAÇÕES EM UMA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA  
DA CIDADE DE BELÉM/PA.**

CCNT

CCNT

Belém

2024

VIVIANE GOMES DE ALENCAR

**Avaliação das Áreas de Risco de Inundações em uma Sub-Bacia  
Hidrográfica da Cidade de Belém/PA.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Carlos de Melo Lima

Coorientador: Prof. Dr. Marco Valério de Albuquerque Vinagre

Belém

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),  
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

---

A368a Alencar, Viviane Gomes de

Avaliação das áreas de risco de inundações em uma sub-bacia hidrográfica da cidade de Belém/PA. / Viviane Gomes de Alencar; Orientador Alberto Carlos de Melo Lima; Coorientador Marco Valério de Albuquerque Vinagre. -- Belém, 2024.

58 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2024.

1. Bacias hidrográficas - Desastres ambientais - Belém (PA). 2. Inundações - Mapeamento ambiental - Belém (PA). 3. Inundações - Avaliação de riscos ambientais - Belém (PA). 4. Ciclo hidrográfico - Belém (PA). I. Lima, Alberto Carlos de Melo. II. Vinagre, Marco Valério de Albuquerque. III. Título.

**CDD 551.483**

---

VIVIANE GOMES DE ALENCAR

## Avaliação das Áreas de Risco de Inundações em uma Sub-Bacia Hidrográfica da Cidade de Belém/PA.

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará.

Data da aprovação:

Banca Examinadora



– Orientador

Prof. Dr. Alberto Carlos de Melo Lima  
Doutor em Engenharia Civil - Hidráulica e Saneamento  
Universidade do Estado do Pará – UEPA



– Coorientador

Prof. Dr. Marco Valério de Albuquerque Vinagre  
Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia  
Universidade da Amazônia – UNAMA

Vitor William Batista Martins

Assinado de forma digital por Vitor William Batista Martins  
Dados: 2024.09.02 16:02:03 -03'00'

– 1º Examinador

Prof. Dr. Vitor William Batista Martins  
Doutor em Sistemas de Engenharia de Produção  
Universidade do Estado do Pará - UEPA



Documento assinado digitalmente  
LINDEMBERG LIMA FERNANDES  
Data: 03/09/2024 05:24:54-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

– 2º Examinador

Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes  
Doutor em Ciências Desenvolvimento SócioAmbiental  
Universidade Federal do Pará - UFPA

Dedico esta dissertação a Brittany (*in memoriam*), Kiko e Tiffany, por serem luzes na minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e a São Benedito, que abençoaram toda a minha trajetória até aqui.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia (PPGTEC), à Universidade do Estado do Pará (UEPA), e à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela oportunidade de aprendizagem e desenvolvimento acadêmico. Agradeço também ao meu orientador, Prof. Dr. Alberto Carlos de Melo Lima, pela orientação, compreensão e troca de conhecimentos durante a pesquisa, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Marco Valério Vinagre, por aceitar o desafio.

A todos da minha família que me apoiaram de todas as formas possíveis, especialmente à minha mãe, Erenilse; à minha irmã, Juliane; ao meu tio, Edésio; ao meu pai, José Lira; e à minha madrinha, Adreyne. Vocês me deram a estrutura necessária, desde a graduação, para que eu pudesse continuar indo atrás dos meus sonhos.

Agradeço aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, apesar da distância física. Em especial, à Agnes, uma amiga maravilhosa e uma profissional incrível; à Vitoria, uma amiga fantástica que esteve comigo desde a seleção para o mestrado até a defesa desta dissertação; e ao Rafael e à Sheila, por serem meus melhores amigos.

Por fim, agradeço ao Rowan, pela amizade e troca de conselhos; ao Marcelo, pela companhia; à Sâmylla, pela força; e à Marcela, pela resiliência. A vocês, o meu muito obrigada pelo apoio, acolhimento, paciência e suporte indispensável na reta final desta dissertação.

Gratidão!

“O que torna belo o deserto é que ele esconde um poço em algum lugar” Saint-Exupéry, A., 1943.

## RESUMO

Esta dissertação tem como foco os desastres hidrológicos, como inundações e alagamentos, que possuem origens naturais, mas cuja probabilidade de ocorrência aumentou devido à urbanização e suas interferências nas bacias hidrográficas. Segundo as Nações Unidas, as inundações atingiram cerca de 103 milhões de pessoas no mundo, causando expressivos danos e prejuízos para a sociedade. A ONU estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), dentre os quais o ODS número 11 visa combater e reduzir as consequências dessas adversidades. Com isso, este estudo teve como objetivo a avaliação e o mapeamento das áreas de risco de inundações na sub-bacia 1 da bacia hidrográfica da Estrada Nova em Belém/PA, visando evidenciar a necessidade de um planejamento e gestão de riscos e desastres mais efetivos para a área de estudo. Na metodologia, foram utilizadas geotecnologias e análise multicritério, com a elaboração de cinco mapas de fatores que contribuem para as inundações: declividade, hipsometria, pedologia, pluviometria e uso e ocupação do solo. A partir do método de Processo Analítico Hierárquico (AHP), cada critério foi avaliado e teve seu peso distribuído, permitindo a sobreposição de seus arquivos *raster* e resultando no mapa de riscos de inundações. O mapa final de riscos apresentou uma área com alta vulnerabilidade para inundações, com 98% de sua área propensa a inundações e tendência para acumulação de água. Os mapas topográficos, de precipitação e de uso e ocupação do solo tiveram notáveis contribuições para esses resultados, indicando que a área é plana, com volumosas precipitações e solo impermeabilizado, caracterizando uma região com alto fluxo de chuvas, mas com baixo escoamento e infiltração. Portanto, é necessário verificar se as medidas tomadas foram o suficiente para suprir as necessidades que este mapa mostrou, onde é visto que há a urgência de ações mais eficientes no planejamento e gestão urbana.

**Palavras-chave:** Desastres hidrológicos; Bacia Hidrográfica da Estrada Nova; Análise Multicritério.

## ABSTRACT

This dissertation focuses on hydrological disasters, such as floods and floods, which have natural origins, but whose probability of occurrence has increased due to urbanization and its interference in river basins. According to the United Nations, floods affected around 103 million people around the world, causing significant damage and losses to society. The UN has established 17 Sustainable Development Goals (SDGs), among which SDG number 11 aims to combat and reduce the consequences of these adversities. Therefore, this study aimed to evaluate and map flood risk areas in subwatershed 1 of the Estrada Nova watershed in Belém/PA, aiming to highlight the need for more effective planning and management of risks and disasters. to the study area. In the methodology, geotechnologies and multi-criteria analysis were used, with the creation of five maps of factors that contribute to flooding: slope, hypsometry, pedology, rainfall and land use and occupation. Using the Analytical Hierarchical Process (AHP) method, each criterion was evaluated and had its weight distributed, allowing the overlay of their raster files and resulting in the flood risk map. The final risk map showed an area with high vulnerability to flooding, with 98% of its area prone to flooding and a tendency for water to accumulate. The topographic, precipitation and land use and occupation maps had notable contributions to these results, indicating that the area is flat, with voluminous precipitation and impermeable soil, characterizing a region with high rainfall flow, but with low runoff and infiltration. Therefore, it is necessary to verify whether the measures taken were sufficient to meet the needs that this map showed, where it is seen that there is an urgency for more effective actions in urban planning and management.

**Keywords:** Hydrological disasters; Estrada Nova Watershed; Multicriteria Analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova em Belém-PA.....	17
Figura 2 – Localização da sub-bacia 1 da Estrada Nova em Belém-PA.....	18
Figura 3 – Organograma da Metodologia.....	19
Figura 4 – Organização dos Critérios de acordo com a problemática.....	21
Figura 5 – Sobreposição de arquivos rasters dos critérios escolhidos.....	25
Figura 6 – Mapa de Declividade.....	27
Figura 7 – Mapa de Hipsometria.....	28
Figura 8 – Mapa de Pedologia.....	29
Figura 9 - Mapa de Pluviometria.....	30
Figura 10 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo.....	31
Figura 11 - Mapa de Inundação da BHEN: Sub-bacia 1.....	33

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Escala Fundamental elaborada por Saaty.....	21
Quadro 2 - Estações Pluviométricas Utilizadas.....	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de Declividade.....	23
Tabela 2 - Matriz de Julgamento.....	26
Tabela 3 - Matriz normalizada.....	26
Tabela 4 - Pesos de cada critério.....	32
Tabela 5 - Notas para os subcritérios.....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água e Saneamento Básico
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
BH	Bacia Hidrográfica
BHEN	Bacia Hidrográfica da Estrada Nova
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PD	Plano Diretor
PDB	Plano Diretor de Belém
PROMABEN	Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
UNESCO	<i>United Nation Educational, Scientific and Cultural Organizativo</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>8</b>
1.1.1 Objetivo Geral.....	8
1.1.2 Objetivos Específicos.....	9
<b>ARTIGO CIENTÍFICO: Mapeamento das zonas de Risco de Inundações da sub- bacia 1 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova em Belém-PA.....</b>	<b>10</b>
ABSTRACT.....	11
RESUMO.....	11
INTRODUÇÃO.....	13
MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
Área de Estudo.....	16
Metodologia.....	19
Revisão Bibliográfica.....	19
Análise Multicritério.....	20
Metodologia dos Mapas dos Critérios.....	22
Mapa de Risco.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
Análise Multicritério.....	27
Mapa de Risco de Inundação.....	32
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	36
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Em 2015, surgiram os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) pela Organização das Nações Unidas (ONU) como uma resposta aos desafios globais, como a pobreza e os desastres naturais. Um desses objetivos é o número 11, intitulado "Cidades e Comunidades Sustentáveis", que aborda os desafios urbanos, afim de proporcionar um desenvolvimento igualitário, moradias seguras e a redução no número de pessoas afetadas por desastres. O Brasil, por exemplo, tem a meta de diminuir as mortes e as pessoas impactadas por desastres naturais relacionados a eventos hidrometeorológicos e climatológicos (Nações Unidas, 2022).

Em vista disso, os desastres são os resultados de acontecimentos danosos sobre uma área vulnerável, causando prejuízos aos bens materiais, meio ambiente e aos seres vivos, onde a expressão "desastre natural" remete que a razão do evento é de origem natural, com destaque para os desastres hidrológicos, como inundações e alagamentos, que atingem cada vez mais as construções e sistemas socioeconômicos, uma vez que a urbanização aumentou os elementos expostos aos impactos desses desastres (Miguez; Di Gregorio; Vérol, 2018).

Para os estudos de desastres hidrológicos em zonas urbanas, é utilizado como delimitação as bacias hidrográficas – BH, pois são classificadas como unidades de planejamento e gestão (Pereira *et al.*, 2015), elas são definidas como uma área determinada geograficamente que compreende uma rede de drenagem, com um rio central e seus afluentes, de modo que as águas precipitadas se encaminhem para uma só saída (Silva, 2015).

A Lei 10.257 de 2001, intitulada de Estatuto da Cidade, determina as diretrizes da distribuição de responsabilidades urbanas igualitárias pelo Estado, em benefício ao conforto da sociedade e da estabilidade ambiental. Com isso, esta lei assegura para a comunidade o chamado município sustentável, garantido os direitos básicos para a qualidade de vida, como, por exemplo, disponibilizar saneamento básico e lazer. Sendo necessário haver planejamento urbano, onde considera-se as BHs e o Plano Diretor – PD, que orienta o desenvolvimento e crescimento urbano, a fim de estabelecer regras e fiscalização para que não tenha malefícios para a população e para o meio ambiente.

Conforme Hoffmann, Miguel e Pedroso (2011), o plano diretor é um recurso que procura desenvolver características internas do município, para que assim haja organização e progresso sustentável em sua infraestrutura, ocasionando aumento na qualidade de vida de sua população. Toda cidade com mais de 20 mil habitantes, por lei, deve dispor de um PD, com o intuito de ter um guia singular das ações e decisões necessárias para o planejamento urbano e seu desenvolvimento sustentável.

Para isso, existe as análises multicritérios, que acrescentam grande relevância para as tomadas decisões, pois admitem tratar assuntos complexos que não seriam debatidos de forma conjunta e transparente, sendo necessário para esse método ter um objetivo, um tomador de decisão, critérios e um produto (Freitas; Marins; Souza, 2006). Januzzi, Miranda e Silva (2009) apresentam que a Gestão Pública do Brasil passou um forte desenvolvimento técnico nos últimos anos, com a inclusão de novos procedimentos e instrumentos para a realização de análises e determinações de locais que precisam de intermédio, com isso, a análise multicritério é um dos métodos mais adequados, pois pode listar os critérios técnicos de modo objetivo e claro, julgando-os de maneira intrínseca e consoante com a individualidade do lugar.

Neste contexto, Belém, capital do estado do Pará, está localizada em uma área de baixas altitudes e terrenos planos, o que a torna muito vulnerável a problemas de drenagem, que em conjunto com as chuvas frequentes e intensas, típicas da região amazônica, faz com que a cidade enfrente problemas com alagamentos, enchentes e para escoar as águas pluviais (Mansur *et al.*, 2017).

Moreira *et al.* (2019) também aborda essas questões, destacando que Belém é especialmente vulnerável a desastres hidrológicos devido às suas condições climáticas e topográficas, em que a cidade apresenta áreas de várzea e enfrenta altos índices de precipitação, o que, combinado com as mudanças causadas pela urbanização, aumenta os riscos de inundações e alagamentos.

Para Brandão (2016), o município de Belém possui um precário saneamento e uma insuficiente gestão ambiental, causando problemas graves para a qualidade de vida da população. O Instituto Trata Brasil (ITB), no relatório de 2024, apresenta que Belém está há 10 anos entre as 20 cidades com os piores índices de

saneamento básico do Brasil, afetando diretamente o bem-estar dos seus habitantes.

O Plano Diretor de Belém – PDB, definido em 2008, é um instrumento fundamental para o ordenamento e gestão urbana, onde há a abordagem de um dos temas mais críticos da cidade, os eventos de cunho hidrológicos. No PDB, trata-se que cada BH deve ter um plano diretor de drenagem e um plano de controle de águas pluviais e enchentes, além de aumentar as áreas verdes permeáveis, o controle do uso e ocupação das margens dos cursos d'água e medidas de prevenção para as inundações, como o combate ao desmatamento e controle da erosão. Porém, a revisão mais recente do Plano Diretor, iniciada em 2024, busca incorporar a participação popular e de especialistas para debater as adversidades no planejamento urbano, incluindo novas medidas contra as enchentes, inundações e alagamentos (Belém, 2008).

Nessas condições, Belém possui 47 bacias hidrográficas (Belém, 2020) e a Bacia Hidrográfica da Estrada Nova – BHEN é a quinta maior BH do município e com mais de 70% de sua área inundável (Ferreira *et al.*, 2024). Segundo Pantoja (2022), o desenvolvimento urbano na região da BHEN foi complicado, em razão de sua vulnerabilidade social e ambiental em conjunto com a ineficaz gestão de resíduos sólidos que são lançados de modo indevido nos cursos d'água, gerando prejuízos para o meio ambiente e sociedade, por esse motivo houve a fragmentação da BHEN em quatro sub-bacias, sendo elas enumeradas de 1 à 4.

Ainda de acordo com Pantoja (2022), a sub-bacia 1 da BHEN recebeu diversas modificações, principalmente por causa do Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova – PROMABEN, e com isso vem sendo almejada por grandes empreendimentos, porém apresenta em sua área zonas periféricas, que contrastam com as zonas nobres, com a necessidade de um estudo interdisciplinar para que entender a dinâmica dessa região.

Dessa forma, tendo em vista que a sub-bacia 1 da Estrada Nova possui em sua extensão áreas consideradas nobres e periféricas, mostrando o contraste da urbanização, além de ser um espaço altamente inundável e com poucos estudos, foi a área escolhida para esta pesquisa.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar e mapear as áreas com maior suscetibilidade de inundações na sub-bacia 1 da bacia hidrográfica da Estrada Nova em Belém do Pará.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar mapas de fatores que favorecem as inundações através de geoprocessamento e sensoriamento remoto;
- Avaliar o grau de influência dos mapas confeccionados para as inundações do local de pesquisa, utilizando análise multicritério;
- Desenvolver um mapa de risco de inundações para a área pesquisada.

**ARTIGO CIENTÍFICO:** Mapeamento das zonas de Risco de Inundações da sub-bacia 1 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova em Belém-PA.

**Revista:** Concilium (A2 – Interdisciplinar)

---

## Mapping flood hazard zones from the subwatershed 1 of Estrada Nova watershed in Belém-PA

### Mapeamento das zonas de Risco de Inundações da sub-bacia 1 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova em Belém-PA

Received: 2024-00-00 | Accepted: 2024-00-00 | Published: 2024-00-00

#### **Viviane Gomes de Alencar**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8977-9538>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: [vivianegomesdealencar@gmail.com](mailto:vivianegomesdealencar@gmail.com)

#### **Alberto Carlos de Melo Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8752-7432>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: [acmlima@uepa.br](mailto:acmlima@uepa.br)

#### **Marco Valério de Albuquerque Vinagre**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7650-9204>

Universidade da Amazônia, Brasil

E-mail: [valeriovinagre@gmail.com](mailto:valeriovinagre@gmail.com)

#### **Vitor William Batista Martins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4891-8630>

Universidade do Estado do Pará

E-mail: [vitor.martins@uepa.br](mailto:vitor.martins@uepa.br)

#### **Lindemberg Lima Fernandes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1806-4670>

Universidade Federal do Pará

Email: [linlimfer@gmail.com](mailto:linlimfer@gmail.com)

---

## ABSTRACT

Hydrological disasters such as floods and floods normally have a natural origin, and urbanization has increased the risk of these extreme events occurring, due to interference in river basins. According to the United Nations, floods affected around 103 million people around the world, and this same entity also has 17 sustainable development goals (SDGs), where SDG number 11 aims to combat and alleviate the damage and losses caused by this type of flood. adversity, therefore, this study evaluated and mapped the flood risk areas in subwatershed 1 of the Estrada Nova watershed in Belém/PA, using geotechnology and multi-criteria analysis. Five maps were prepared for the factors that contribute to floods, namely slope maps, hypsometry, pedology, pluviometry and land use and occupation. From this, the flood risk map was obtained, which presented the area of study with serious vulnerability to flooding, with 98% of its area floodable and with a tendency to accumulate water, in other words, flooding. Therefore, effective actions are needed considering structural and non-structural measures.

---

**Keywords:** multicriteria analysis; flooding; geotechnologies; hydrological disasters.

## RESUMO

Os desastres hidrológicos como as inundações e alagamentos possuem, normalmente, origem natural, e a urbanização aumentou os riscos de ocorrência desses eventos extremos, devido as interferências nas bacias hidrográficas. Segundo as Nações Unidas, as inundações atingiram cerca de 103 milhões de pessoas no mundo, e essa mesma entidade ainda possui 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável (ODS), onde o ODS número 11 visa combater e amenizar os danos e prejuízos causados por esse tipo adversidade, com isso, este estudo avaliou e mapeou as áreas de riscos de inundações na sub-bacia 1 da bacia hidrográfica da Estrada Nova em Belém/PA, utilizando geotecnologias e análise multicritério. Elaborou-se cinco mapas para os fatores que contribuem para as inundações, sendo eles os mapas de declividade, hipsometria, pedologia, pluviometria e uso e ocupação do solo, a partir disso houve a obtenção do mapa de riscos de inundações, que apresentou a área de estudo com grave vulnerabilidade para as inundações, com 98% de sua área inundável e com tendência para acumular água, ou seja, alagamentos. Portanto, necessita-se de ações efetivas considerando medidas estruturais e não estruturais.

**Palavras-chave:** Análise Multicritério; Alagamentos; Geotecnologias; Desastres Hidrológicos.

---

---

## INTRODUÇÃO

“Desastre natural” refere-se à causa de origem natural do evento, como, por exemplo, as inundações e alagamentos. O aumento na urbanização no período pós-Revolução Industrial, principalmente em países menos desenvolvidos, trouxe mais elementos estruturais, ambientais e humanos expostos às consequências desses desastres, aumentando seus efeitos, que em sua maioria, causam circunstâncias críticas que afetam os sistemas socioeconômicos, ambientais e patrimoniais provocando diversos danos, com perdas e prejuízos expressivos (Miguez; Di Gregorio; Vérol, 2018).

Segundo a *United Nation Educational, Scientific and Cultural organizativo* (UNESCO), em seu Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2021), as inundações aumentaram no mundo, com o crescimento sendo maior que 50% na última década. E entre os anos de 2009 e 2019 as inundações atingiram cerca de 103 milhões de pessoas, ocasionando 55 mil mortes e US\$ 78,6 bilhões em prejuízos econômicos.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), na Agenda de 2030 que apresenta 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que “são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade”, dessa forma entre os ODS temos o objetivo 11, que menciona a necessidade de reduzir os prejuízos econômicos no produto interno bruto global ocasionado por desastres, afim de preservar os pobres e pessoas vulneráveis, além de diminuir as mortes e pessoas atingidas por esses eventos extremos (Nações Unidas, 2022).

Debortoli *et al.* (2017), afirma que os eventos de cunho hidrometeorológico são os que mais causam danos para o Brasil, principalmente por ser localizado em uma região tropical, por suas interferências antrópicas e a carência de pesquisas para compreender os impactos que esses episódios de inundações possuem para sociedade, o que ocasiona uma insuficiente gestão de riscos e desastres. Saito *et al.* (2019), aponta que a documentação dos impactos socioeconômicos das inundações se repete diversas

---

vezes, sendo imprescindível e urgente a integração desse tópico no programa de políticas públicas, para que haja evolução na gestão de riscos e planejamento urbano.

Para a gestão e planejamento urbano, utiliza-se as bacias hidrográficas (BH) como demarcação de território e setor de estudos e gestão ambiental, levando em conta os diversos componentes da área e suas interferências no meio, sendo sua delimitação feita com base nos seus divisores de águas e instituída pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 11.445 de 2007, como unidades de planejamento. Onde, suas análises devem ser constituídas com todas as características econômicas, sociais e físicas da localidade da BH, com a visão interdisciplinar (Carvalho, 2020).

Miguez, Di Gregorio e Vérol (2018), relatam que a falta de planejamento territorial na urbanização altera o ciclo hidrológico e a BH, aumentando os riscos de desastres hidrológicos devido a intensificação do escoamento superficial. Tucci (2001), afirma que o uso e ocupação do solo pela população em uma BH necessita de duas atenções específicas, uma é o impacto do meio sobre a população (através do processo de enchentes) e outra é o impacto dos seres humanos sobre a BH, portanto, é essencial o poder público compreender que a importância do planejamento e desenvolvimento dos usos e ocupações do solo.

Conforme Espíndola e Ribeiro (2020), para que ocorra o planejamento urbano é necessário diretrizes e reexaminar o que se tem como base de conhecimento da cidade, para que se observe se as noções conceituais e o cenário abordado estão contemplando as necessidades do município, para que isso seja realizado temos o plano diretor, uma ferramenta básica para guiar as políticas urbanas, implementada pelo Estatuto da Cidade, Lei 10.257 de 10 de julho de 2001.

Sendo assim, o Plano diretor é para determinar regras de ordem pública e de importância social, que estabelecem a utilização da propriedade urbana em benefício geral da população e do equilíbrio ambiental, onde, o município tem competência para fazer o planejamento e controle do uso e ocupação do solo, para cidades que possuem mais de vinte mil habitantes o plano diretor é o instrumento básico e obrigatório para o

desenvolvimento e expansão das cidades, levando em consideração as diretrizes gerais de interesse nacional e os interesses regionais, como o Estado e as Bacias Hidrográficas (Brasil, 2001).

Para auxiliar nas tomadas de decisões, em relação ao planejamento e gestão de riscos e desastres, temos as análises multicritérios, que são utilizadas quando há necessidade de integrar diversas variáveis (Rodrigues, 2019). De acordo com Pimenta *et al.* (2019), na análise multicritério é necessário avaliar os critérios selecionados, atribuindo pesos para cada critério e notas para os subcritérios, assim montando uma hierarquia, priorizando os com maiores pesos.

Moreira *et al.* (2019), expõe que a cidade de Belém, no Pará, possui características que a coloca em situação de vulnerabilidade, pois possui áreas de várzeas, grandes precipitações e falta de planejamento urbano. Brandão (2016), declara que Belém dispõe de uma insatisfatória gestão ambiental e sanitária, que causa para a população diversos problemas, como inundações e alagamentos. O Instituto Trata Brasil (2024), expõe que Belém está há 10 anos entre as 20 cidades com os piores índices de saneamento básico do Brasil, interferindo na qualidade de vida de seus moradores.

O Plano Diretor de Belém (PDB), estabelecido em 2008, é um instrumento essencial para o ordenamento e gestão urbana da cidade, abordando, entre outros aspectos críticos, os eventos hidrológicos. O PDB estabelece que cada bacia hidrográfica deve ter um plano diretor de drenagem e um plano de controle de águas pluviais e enchentes. Além disso, prevê o aumento de áreas verdes permeáveis, o controle do uso e ocupação das margens dos cursos d'água e medidas preventivas contra inundações, como o combate ao desmatamento e o controle da erosão. A revisão mais recente do Plano Diretor, iniciada em 2024, busca incorporar a participação popular e de especialistas para debater as adversidades no planejamento urbano, incluindo novas medidas para combater enchentes, inundações e alagamentos.

Belém tem 47 bacias hidrográficas (Belém, 2020), no qual a Bacia da Estrada Nova (BHEN) (que possui áreas nobres e carentes em sua extensão) mostra as

diferentes realidades em relação a qualidade de vida, onde as regiões mais afetadas pelas inundações são os espaços estruturais fixos e com alto fluxo de tráfego, fazendo essa localidade sofrer graves prejuízos por causa dos desastres hidrológicos (Brandão, 2016).

Segundo Pantoja (2022), o desenvolvimento urbano na região da BHEN enfrentou complicações devido à sua vulnerabilidade social e ambiental, combinada com uma gestão ineficaz dos resíduos sólidos, que são indevidamente despejados nos cursos d'água, causando prejuízos ao meio ambiente e à sociedade. Em resposta a esses desafios, a BHEN foi fragmentada em quatro sub-bacias, numeradas de 1 a 4. A sub-bacia 1 passou por diversas modificações, principalmente devido ao Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova (PROMABEN), tornando-se alvo de grandes empreendimentos. No entanto, essa área ainda apresenta zonas periféricas que contrastam com as áreas nobres, ressaltando a necessidade de um estudo interdisciplinar para compreender a dinâmica dessa região.

Sendo assim, este trabalho tem como principal objetivo mapear as áreas de riscos de inundações, através de geotecnologias e análise multicritério, da sub-bacia 1 da bacia hidrográfica da Estrada Nova em Belém do Pará.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

A área de aplicação desse estudo localiza-se no município de Belém, capital do estado do Pará, compreendida ao sul do Rio Guamá e a oeste da Baía do Guajará. A cidade de Belém/PA tem uma população estimada de 1.506.420 pessoas (IBGE, 2021) e território de 1.059,466 km<sup>2</sup> (IBGE, 2021), sendo considerada, segundo Silva e Lima (2021), a segunda maior capital da Amazônia Legal.

Segundo Serrão, Belato e Dias (2019), Belém/PA possui sempre altas temperaturas, enorme umidade e grande convecção, o que é propício para formações de chuvas convectivas ou chuvas de verão, com altas intensidades. Tendo aspectos de regime de precipitação do tipo continental. Penteado (1968), relata que o crescimento



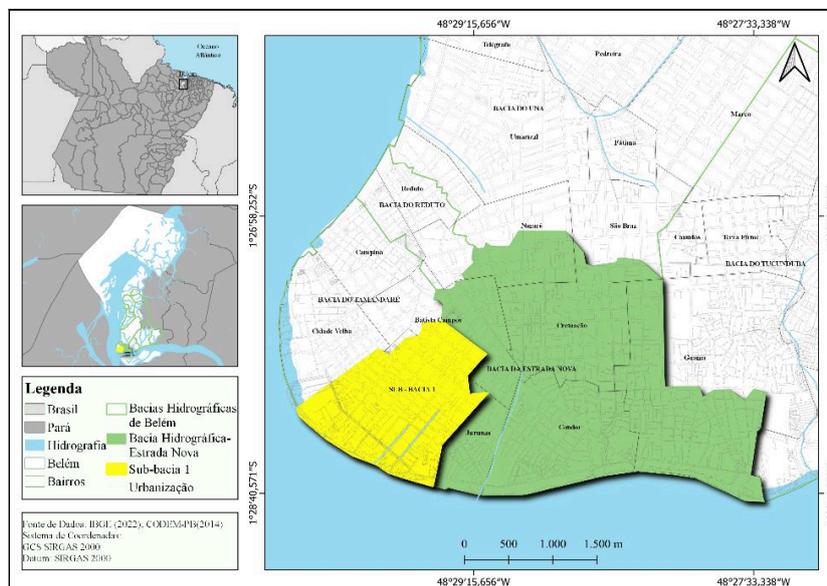
---

Para as ações do planejamento urbano, a BHEN foi fragmentada em quatro sub-bacias, enumeradas e denominadas de 1 à 4. Onde a sub-bacia 1 apresenta grandes desafios de inundações devido à sua baixa altitude e alta porcentagem de áreas inundáveis. O PROMABEN propôs melhorar a drenagem, o saneamento, a urbanização e a revitalização ambiental, beneficiando bairros como Jurunas, Batista Campos e entre outros, ou seja, a sub-bacia 1 da BHEN (Cruz, 2012).

Porém, conforme Farias *et al.* (2023), após intervenções do PROMABEN na sub-bacia 1 da BHEN houve diversas adversidades socioambientais identificadas, como a saída da população da área e o início do capital imobiliário na região, sendo que ainda há problemas com o saneamento básico, principalmente na destinação adequada dos resíduos sólidos, onde são lançados nos cursos d'água. Além disso, os autores mencionam que as demais sub-bacias apresentam consequências indiretas pelas obras realizadas na sub-bacia 1, sobretudo por causa dos resíduos nas margens dos canais, aumentando o risco de inundações.

Cruz e Alves (2016), afirmaram que a região da sub-bacia 1 da BHEN, Figura 2, possui poucos estudos e desatenção do poder público, e, por esse motivo foi o local escolhido para a aplicação desta pesquisa. Com isso, a área de estudo possui uma área de 2,2 km<sup>2</sup> e exibe em sua extensão áreas nobres e periféricas que abrangem os bairros de Jurunas e Batista Campos.

Figura 2 – Localização da sub-bacia 1 da Estrada Nova em Belém-PA



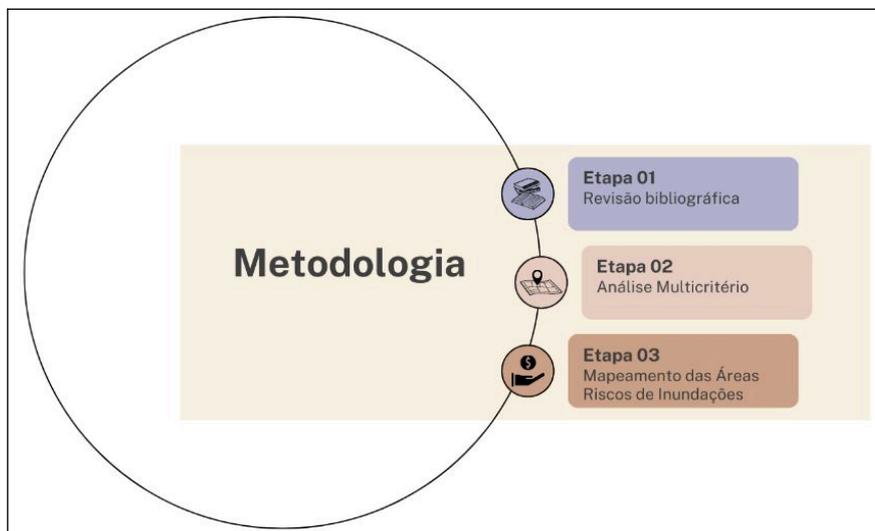
Fonte: Autores (2024)

## Metodologia

A presente pesquisa é de abordagem quantitativa, de natureza aplicada e quanto aos objetivos sendo descritiva e exploratória, e em relação aos procedimentos metodológicos como pesquisa e estudo de caso.

Segundo Gil (2022) estudo de caso é uma modalidade de pesquisa amplamente utilizada nas ciências sociais e consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos casos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento e será seguido este caminho nesta pesquisa. Assim, para melhor compreensão dos procedimentos metodológicos adotados no presente trabalho apresenta-se o organograma, Figura 3, onde mostra as etapas iniciais a serem construídas para alcance dos objetivos propostos.

Figura 3 – Organograma da Metodologia



Fonte: Autores (2024)

### Revisão Bibliográfica

A Primeira etapa consiste na busca e construção bibliográfica do estudo, para ter base para a obtenção e discussão dos resultados, onde deverá ser pesquisado na literatura da área e em plataformas como “Periódicos” da CAPES (Ministério da Educação), “Web Of Science” e “Elsevier”, usando as palavras chaves “Inundação”, “Prejuízos Econômicos”, “Economia”, “Análise Multicritério” e “Desastres Hidrológicos”, nas línguas portuguesa e inglesa, em conjunto com os operadores booleanos “And” e “Or”.

### Análise Multicritério

A segunda etapa compreende a parte inicial e primordial da elaboração do mapa com as áreas de risco de inundações dentro da sub-bacia 1 da BHEN, onde utiliza-se as geotecnologias e análise multicritério, que colabora para tomadas de decisões que abrangem distintas variáveis. Uma vez que, a análise multicritério realizada em âmbito computacional é um procedimento que converte e integra dados geográficos e valores de decisão para obter respostas espaciais para o problema em questão, apoiando seu planejamento e gestão (Mota *et al.*, 2024).

---

Já as geotecnologias, para Aragão, Pereira e Silva (2022), são a união de tecnologias que objetivam guardar e processar informações geográficas, como o sensoriamento remoto, que possibilita recolher de maneira remota os dados da superfície terrestre. E temos também o Sistema de Informação Geográfica (SIG), que em conjunto com uma base de dados geográficos, efetuam o tratamento e manuseio de informações geoespaciais para a criação de mapas digitais.

Para a presente pesquisa foi selecionado o método multicritério *Analytic Hierarchy Process* ou Processo Analítico Hierárquico (AHP). Segundo Chai, Liu e Ngai (2013), depois de verificar 123 artigos, constataram que o AHP é a análise multicritério mais aplicada desde a sua origem em 1977 por Thomas Saaty, sendo adaptável para se incluir em diversas técnicas, portanto, podendo ser empregado em distintas áreas do conhecimento.

Além de ser um método descomplicado e fácil de trabalhar, o AHP é o melhor para a estruturação de problema, para as comparações par a par, para inclusão de dados quantitativos e qualitativos, transparência dos dados e possui uma maior consistência comprovada a partir de equações matemáticas. Ela ainda pode ser executada em diversos contextos e em conjunto com as geotecnologias se apresenta com maior exatidão, assim dando mais suporte e embasamento para o tomador de decisão (Fernandes *et al.*, 2019).

Nesta pesquisa aplicou-se o AHP para a elaboração do mapa de risco de inundação, com o julgamento dos critérios considerando o método empírico, com base em conhecimentos científicos e literatura especializada, sendo que o AHP possui três fases em seu processo: (i) estruturação do problema; (ii) como será feita a comparação; e (iii) como será feita a análise das prioridades.

Para a escolha dos critérios, primeira fase, levou-se em consideração que é uma área localizada em zona urbana, que amplia os fatores de risco de inundação (Rezende. Marques; Oliveira, 2017). Os critérios escolhidos são: Declividade; Hipsometria; Pedologia; Pluviometria; e Uso e Ocupação do Solo. Como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Organização dos Critérios de acordo com a problemática



Fonte: Autores (2024)

Serão desenvolvidos mapas dos critérios mencionados utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, para que seja elaborado uma hierarquia afim de julgar os pesos de cada um para a elaboração do mapa de inundação, sendo essa a segunda fase, onde os pesos seguirão a Escala Fundamental feita por Saaty (Quadro 1), com o parecer sendo embasado teoricamente em literatura científica, em que os maiores pesos devem ser dados as classes com maiores riscos de inundações (terceira fase).

Quadro 1 - Escala Fundamental elaborada por Saaty

Intensidade da Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	A experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em vez de outra.
5	Forte importância	A experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em vez de outra.
7	Essencial ou de importância muito forte	Uma atividade é muito fortemente favorecida sobre outra, onde sua dominação é demonstrada na prática.
9	Extrema importância	A evidência que favorece uma atividade sobre outra é a de maior afirmação possível.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários entre os acima	Quando há necessidade de intermediar duas atividades.

Fonte: Adaptado de Saaty (1994)

## Metodologia dos Mapas dos Critérios

Neste item são previamente descritos os procedimentos de confecção dos mapas produzidos:

### Declividade

De acordo com Silva (2015), a declividade controla a velocidade do escoamento superficial, atuando no tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, erosão e hidrogramas, influenciando os eventos de inundações. Sendo a declividade o tamanho do grau do ângulo de um objeto quanto a uma superfície horizontal, podendo ser em graus ou em porcentagem.

O mapa deste parâmetro apresenta os diferentes declives da área, elaborado a partir de modelos digitais de elevação (MDEs) com resolução espacial de 30 metros adquirido através do satélite Copernicus DEM (Digital Elevation Model), com as malhas municipais obtidas no site do IBGE e com o MDE recortado conforme a área de estudo.

As classificações dos declives foram geradas com base no MDE e com a utilização do software QGis, com ajustes de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (Santos, 2018), que mostra que as declividades podem ser classificadas em seis classes de relevo, descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de Declividade

CLASSES DE RELEVO	DECLIVIDADE
Plano	0% – 3%
Suave ondulado	3% – 8%
Ondulado	8% – 20%
Forte ondulado	20% – 45%
Montanhoso	45% – 75%
Escarpado	Superior a 75%

Fonte: EMBRAPA (2018)

### Hipsometria

Segundo Rodrigues, Carleto e Santos (2020), o mapa de hipsometria é representação das altitudes, relevo e demais formas. Assim, elaborou-se o mapa de acordo com os MDEs com resolução espacial de 30 metros, pelo satélite Copernicus DEM, com malhas municipais do IBGE e com o MDE recortado conforme a área de estudo. As altitudes produzidas foram classificadas com a amplitude de classe de tamanho 4, uma vez que não há padrão a ser seguido ou normas pré-estabelecidas, dessa forma, a dimensão da classe foi escolhida para melhor visualização e distribuição, distinguido a partir das suas cores.

### Pedologia

Neste tópico o objeto de estudo é o solo, no qual Queiroz Neto (1982) disserta como o solo possui características individuais que o distingue dos outros constituintes da natureza. Deste modo, o mapa pedológico expressa quais classes de solo uma área possui, sendo que para ser confeccionado precisa-se de dados vetoriais que são obtidos no banco de dados da EMBRAPA, no portal de mapas de solos do Brasil (GEOINFO). Esses dados foram processados e espacializados no software QGis, dessa forma as classes de solos foram identificadas.

### Pluviometria

Para Collischonn e Dornelles (2013) e Tucci (2001), a precipitação é toda forma da água oriunda da atmosfera que cai sobre a superfície terrestre, como a neve, granizo, orvalho, neblina e chuva. É de grande importância para parâmetros de controle de inundações, pois a precipitação é a principal entrada de água em uma bacia hidrográfica. O mais comum no Brasil é a precipitação em estado líquido, ou seja, chuva.

Para o mapa, foi realizada a espacialização das chuvas no mapa de isoietas com a interpolação Inverso da Distância à Potência – IDW, através de pontos amostrais, nesse caso as duas estações pluviométricas descritas no Quadro 2, cada uma possui 30

anos contínuos de dados de pluviometria (entre os anos de 1990-2021). A elaboração do mapa considerou as médias anuais do acumulado da chuva, visualmente ilustrado com o aumento da coloração (Marcuzzo; Goularte, 2013).

Quadro 2 - Estações Pluviométricas Utilizadas

NOME	CÓDIGO	RESPONSÁVEL
BELÉM	82191	INMET
MOSQUEIRO	14812	CPRM

Fonte: Adaptado pelos autores (2024)

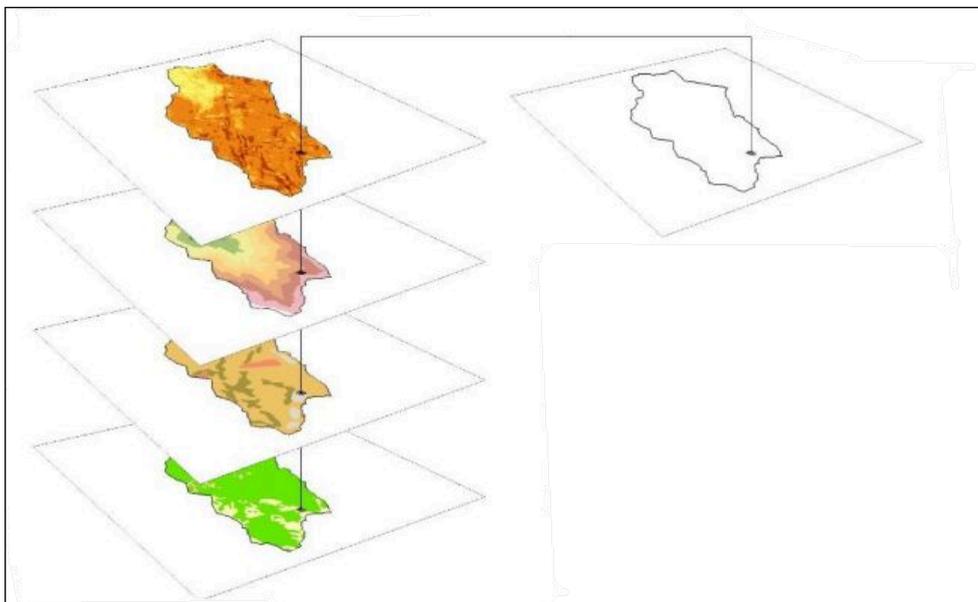
### Uso e Ocupação do Solo

O uso e ocupação do solo teve início com a industrialização e o crescimento da urbanização, sendo o solo o alicerce para os ecossistemas e as dinâmicas humanas, assim, é de grande importância para os estudos de gestão e planejamento urbano (Santos, 2004). Segundo Tucci (2001), a ocupação feita pela população em uma bacia hidrográfica (BH) ocasiona duas preocupações principais, uma é o impacto do ambiente sobre a população por meio das enchentes e outra é o impacto dos seres humanos sobre a BH.

É o critério que irá avaliar como funciona o dinamismo e desenvolvimento de uma área, a metodologia utilizada para a confecção do mapa de uso e ocupação do solo foi a do mapbiomas, formado por diversas instituições de pesquisa, afim de dar mais acessibilidade para os estudos do solo. Utiliza-se o satélite Sentinel-2 com resolução espacial de 10 metros. Em seu site é disponibilizado diversos arquivos a distribuição do uso e cobertura do solo, dessa forma, utilizou-se suas classes e seu banco de dados para elaborar o mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia 1 da BHEN.

### Mapa de Risco

Para o mapa de risco, a elaboração será a partir de uma sobreposição de arquivos *rasters* dos critérios escolhidos, com os seus pesos e suas notas distribuídos de acordo como o mencionado no subitem anterior, feito no software QGis, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Sobreposição de arquivos *rasters* dos critérios escolhidos

Fonte: Prochmann (2014)

O peso é obtido através de julgamentos baseados em literatura científica e comparações de relevância entre dois critérios, considerando a escala feita por Saaty (1994). Assim, formando uma matriz quadrada de ordem  $n$ , onde  $n$  é o número de critérios, ou seja, matriz quadrada deste trabalho é de ordem 5, com sua diagonal principal sempre igual a 1, pois é a comparação de um critério com ele mesmo (Prochmann, 2014).

A Tabela 2 mostra a matriz formada, após várias suposições, sendo a linha comparada com a coluna, como por exemplo, a declividade (linha) comparada com a declividade (coluna) tem valor 1 que significa, pela Tabela de Saaty, que possuem pesos iguais, o que se repete para hipsometria, já que são critérios topográficos. Já, declividade com a pluviometria tem o peso correspondente a 0,14 após normalização, porém pluviometria em relação a declividade é de “essencial importância”, uma vez que a área possui muita influência das chuvas. O menor valor é o de pedologia, já que posteriormente a urbanização a maior parte do solo foi impermeabilizada.

Tabela 2 - Matriz de Julgamento

CRITÉRIO	Declividade	Hipsometria	Pluviometria	Pedologia	Uso e Ocupação do Solo
<b>Declividade</b>	1,00	1,00	0,14	2,00	0,33
<b>Hipsometria</b>	1,00	1,00	0,14	2,00	0,33
<b>Pluviometria</b>	7,00	7,00	1,00	9,00	5,00
<b>Pedologia</b>	0,50	0,50	0,11	1,00	0,25
<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	3,00	3,00	0,20	4,00	1,00

Após a estruturação da matriz é feita a sua normalização, em que há a divisão de cada item da coluna pela somatória da própria coluna. Em seguida, é realizado a média de cada linha, no intuito de obter os pesos dos itens já estruturados hierarquicamente (Santos, 2010), como expõe a Tabela 3.

Tabela 3 - Matriz normalizada

CRITÉRIO	Declividade	Hipsometria	Pluviometria	Pedologia	Uso e Ocupação do Solo	Média
<b>Declividade</b>	0,08	0,08	0,09	0,11	0,05	0,0818
<b>Hipsometria</b>	0,08	0,08	0,09	0,11	0,05	0,0818
<b>Pluviometria</b>	0,56	0,56	0,63	0,50	0,72	0,5938
<b>Pedologia</b>	0,04	0,04	0,07	0,06	0,04	0,0483
<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	0,24	0,24	0,13	0,22	0,14	0,1944

Para a verificação da consistência do julgamento dos pesos, é necessário índices matemáticos (equações complexas e com elementos singulares), que podem simplificados por modelos prontos, dessa forma, utilizou-se para a obtenção da razão de consistência a “Calculadora Prioritária AHP” (Goepel, 2022), no qual, segundo Saaty (1994), o resultado não pode ultrapassar 10%.

Haja em vista que os critérios possuem subcritérios, há também a necessidade de classificá-los e atribuir notas a eles, sem necessidade de cálculos, somente do julgamento considerando a escala de Saaty, Quadro 1, essas notas fazem que todos os

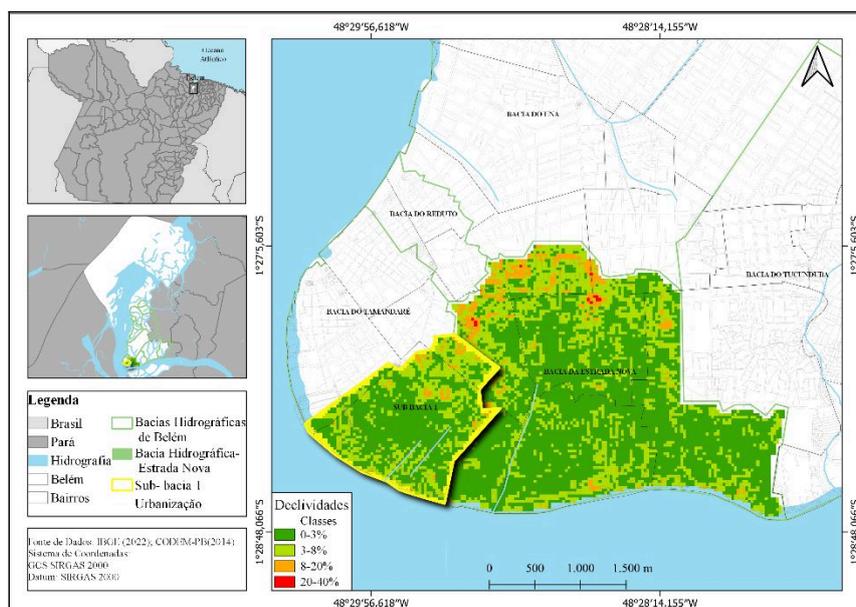
componentes nos mapas dos critérios selecionados sejam lidos pelo programa de processamento de dados, o QGis.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Análise Multicritério

É visto que, na Figura 6 é apresentado o mapa de declividade, observa-se que as declividades que prevalecem na área de estudo são os decliveis plano em 61% da área e o suave ondulado em 35% da área, no qual a declividade plana fica mais centralizada e a declividade suave ondulado ao seu redor, onde conforme Rodrigues (2019), isso favorece as cheias, ou seja, as inundações.

Figura 6 – Mapa de Declividade

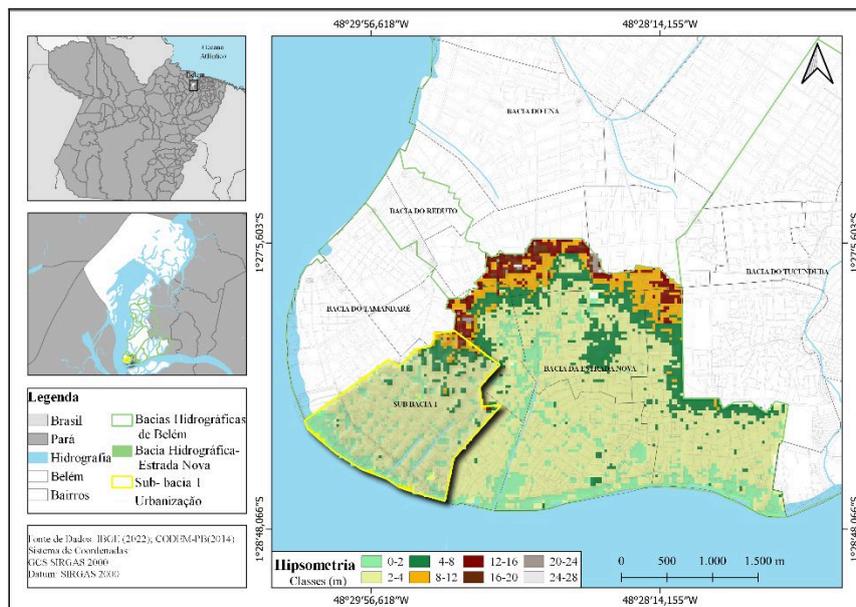


Fonte: Autores (2024)

Com o mapa de hipsometria, Figura 7, complementar ao de declividade, onde Rodrigues (2019) asseverou que as menores altitudes são as mais suscetíveis a inundações. Podemos verificar que as áreas em verde claro são as mais passíveis de cheias, essa área possui altitudes entre 2 e 4 metros e é a predominante na sub-bacia 1 da BHEN, abrangendo 68% da área, o que favorece as inundações. De acordo com Araújo Júnior e Azevedo (2022), a região da pesquisa possui baixas altitudes e que no

período quaternário holocênico constituiu uma área de depósitos fluviais e planícies inundáveis, potencializando os eventos extremos de inundações e alagamentos.

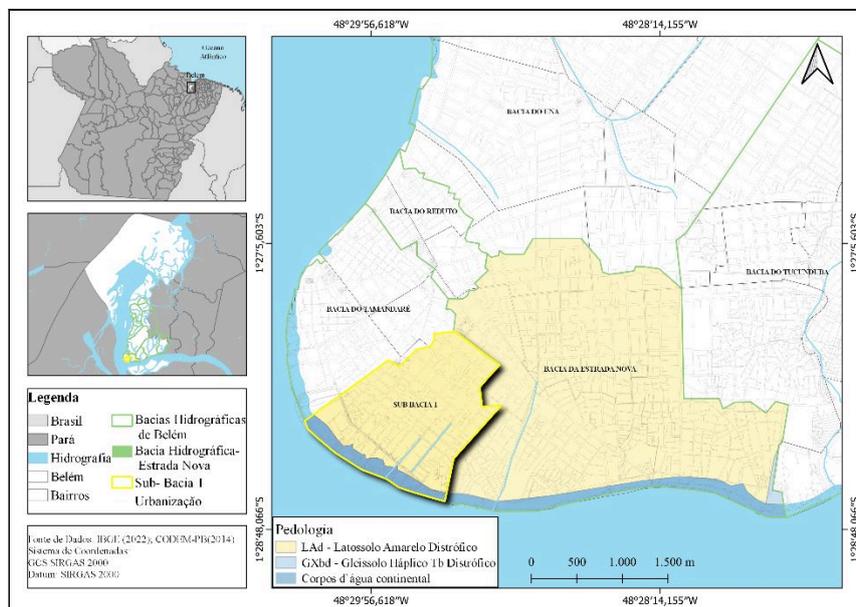
Figura 7 – Mapa de Hipsometria



Fonte: Autores (2024)

Já no mapa de pedologia, Figura 8, observa-se que o solo da sub-bacia 1 da BHEN é o latossolo amarelo distrófico, de acordo com Rodrigues (2019), esse tipo de solo é típico de áreas de relevo plano e suave ondulado. Segundo a Embrapa (Santos, 2018), os latossolos são constituídos por algum mineral e em grau avançado de intemperismo, que pode ser ocasionado pelo clima e relevo, intercalando entre fortemente e bem drenados, com a textura média ou arenosa, com isso possuindo boa infiltração.

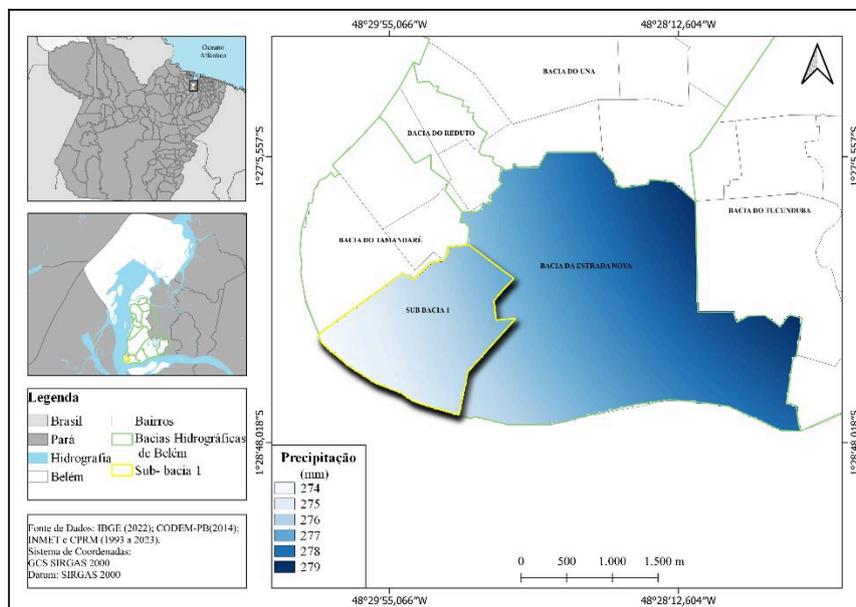
Figura 8 – Mapa de Pedologia



Fonte: Autores (2024)

Observa-se na Figura 9, o mapa de pluviometria, onde a sub-bacia 1 da BHEN é a que possui menores chuvas se comparado com o restante da BHEN, com médias entre 274 e 276 milímetros de chuvas anuais. Silva Junior e Galvani (2020), discorrem sobre a produção de estudos sobre o ambiente natural para verificar os impactos que o homem tem no meio ambiente, demonstrando que o mapa de pluviometria é imprescindível para conhecer a dinâmica de uma bacia hidrográfica, assim essencial para conhecer o fluxo de inundações, e fundamental para o planejamento ambiental. Com isso, podemos ver que as chuvas na BHEN têm sua crescente da área mais próxima do rio para a área mais centralizada do meio urbano.

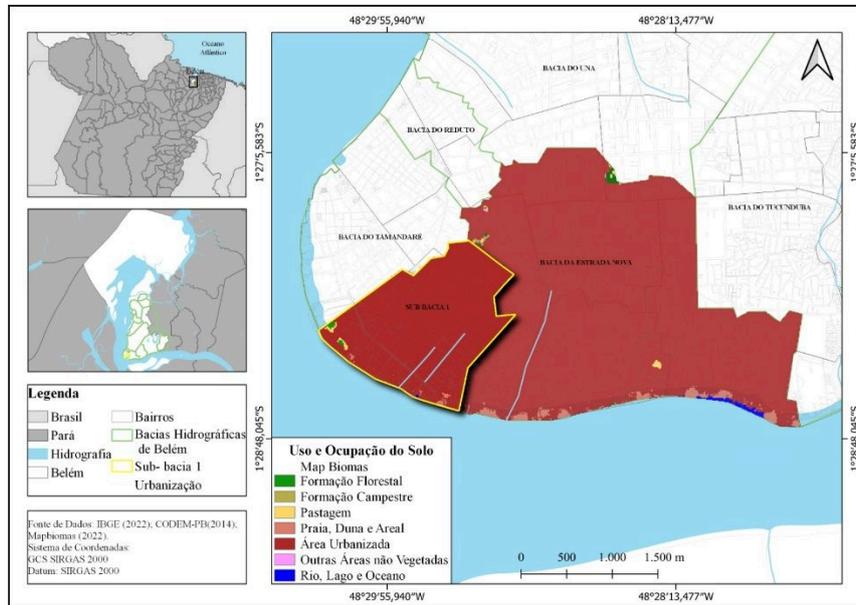
Figura 9 - Mapa de Pluviometria



Fonte: Autores (2024)

Na Figura 10, é visto o mapa de uso e ocupação do solo. Pode-se observar que 98% da área de interesse é classificada como urbanizada, quase sem solo exposto (0,04%), isso acontece por ser um território densamente povoado, próximo do rio, pois sabe-se que a população cresceu em volta do rio para garantir sua sobrevivência (Costa, 2014). Considera-se os espaços impermeabilizados mais suscetíveis a inundações e alagamentos, logo, para esta área e para este critério, há grande suscetibilidade para esse tipo de desastre hidrológico.

Figura 10 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo



Fonte: Autores (2024)

Portanto, nas análises, é observado que a pluviometria, apesar da área ser com a menor incidência de chuvas dentro da BHEN (levando em consideração que o ponto fixo de referência é a BHEN), é o fator mais importante devido a dinâmica da bacia da região estudada, seguida do uso e ocupação do solo, que mostra o fluxo da impermeabilização do solo, por causa da dinâmica de urbanização que houve na referida BH. Declividade e Hipsometria são critérios com o mesmo grau de importância dentro da topografia, em vista que houve modificações que tiveram mais importância dentro do escoamento, logo, o último é o tipo de solo, no qual o seu conhecimento é significativo para verificar a infiltração nas áreas que ainda são permeáveis.

Tendo em vista que, fortes chuvas e maior impermeabilização resultam em maiores pontos de atenção devido ao fácil acúmulo de águas pluviais, como a análise multicritério leva em consideração a ponderação de notas e pesos, respeitando as singularidades da região amazônica e principalmente do estado do Pará, pode-se verificar na Tabela 4 o resultado dos pesos distribuídos, em ordem, para a elaboração do mapa de risco.

Tabela 4 - Pesos de cada critério

FATOR	PESO (%)	PESO	CLASSIFICAÇÃO
Pluviometria	59,38%	0,5938	1
Uso e Ocupação do Solo	19,44%	0,1944	2
Declividade	8,18%	0,0818	3
Hipsometria	8,18%	0,0818	3
Pedologia	4,82%	0,0483	5

Fonte: Autores (2024)

A consistência ficou dentro dos 10% de tolerância, sendo o seu resultado igual a 2,3%, mostrando que a análise dos critérios foi coerente. Já as notas dos subcritérios, Tabela 5, foram atribuídas de acordo com o grau de suscetibilidade para as inundações que possuem na literatura científica, seguindo a escala de Saaty (1994).

Tabela 5 - Notas para os subcritérios

DECLIVIDADE	Nota	HIPSOMETRI A	Nota	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	Nota	PLUVIOMETRI A (mm)	Nota	PEDOLOGI A	Nota
0-3%	9	0 a 2	9	F. Florestal	1	274	5	Latossolo Amarelo Distrófico	2
3-8%	8	2 a 4	8	F. Campestre	1	275	5		
8-20%	5	4 a 8	8	Pastagem	2	276	7		
20-40%	4	8 a 12	6	Praia, duna e areal	6	277	7		
		12 a 16	6	Área urbanizada	9	278	9		
		16 a 20	5	Outras áreas não vegetadas	8	279	9		
		20 a 24	4	rio, lago e oceano	7				
		24 a 28	4						

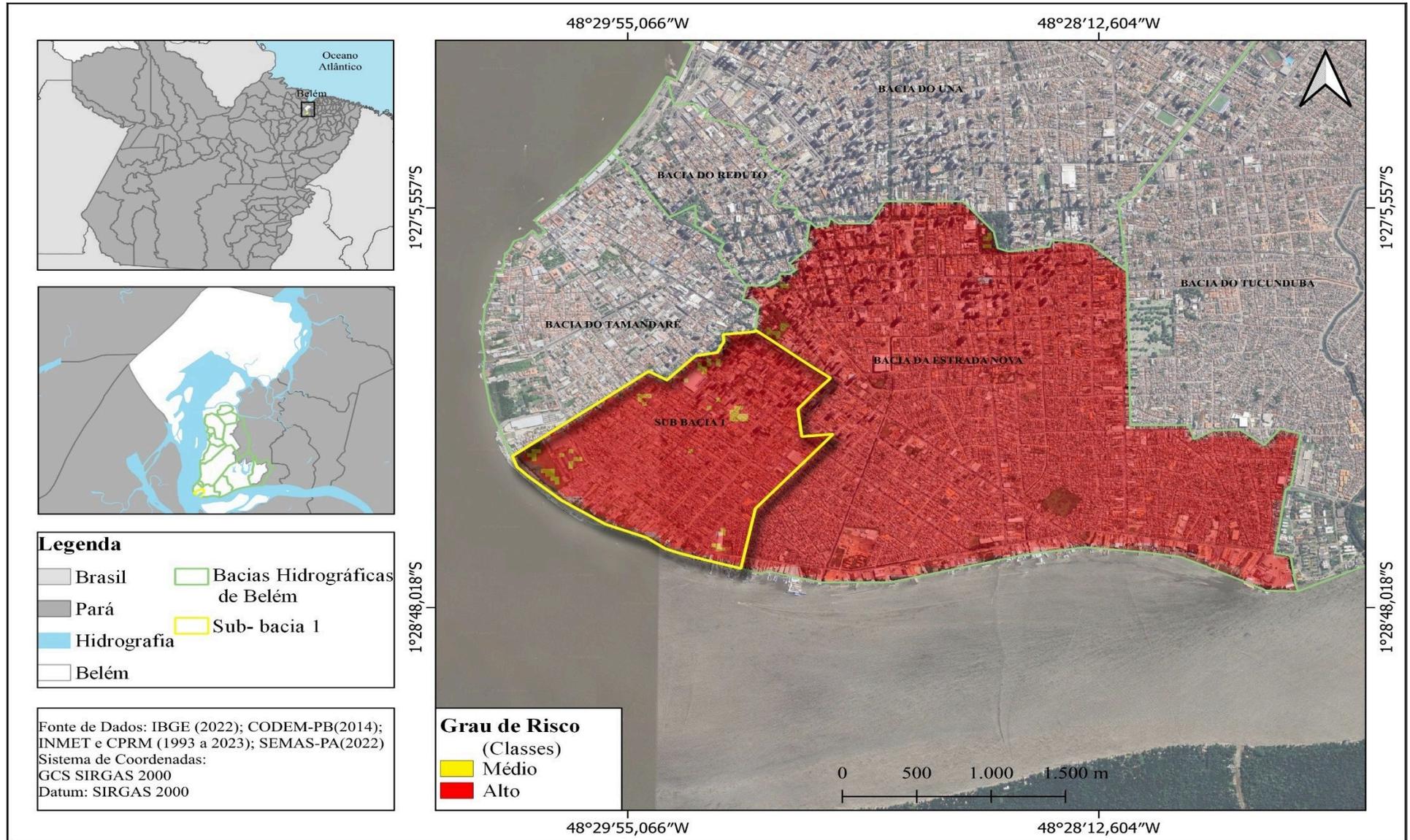
Fonte: Autores (2024)

### Mapa de Risco de Inundação

O mapa de inundações (Figura 11), apresenta a Sub-bacia 1 da BHEN em sua totalidade com suscetibilidade a inundações, onde 98% da área é de alto grau de risco de inundações, sendo que as áreas com grau médio são os pontos mais altos da bacia, como

pode ser observado nos mapas relacionados a topografia (declividade e hipsometria). Com isso podemos concluir que a sub-bacia 1 da BHEN é vulnerável e necessita de atenção do Estado.

Figura 11 - Mapa de Inundação da BHEN: Sub-bacia 1



Fonte: Autores (2024)

De acordo com Araújo Júnior e Azevedo (2022), a área estudada já foi considerada uma planície inundável, além de depósito fluvial, ou seja, possuindo maior suscetibilidade a inundações próximo aos cursos d'água, principalmente devido a interferência da maré. Os mesmos autores mencionaram que a urbanização proporcionou a ocupação desse território, e que o planejamento urbano não pondera os fatores sociais em conjunto com os físicos.

Araújo Júnior (2013) mostraram que em 60 anos (1950-2010) houve um aumento de 83,85% na população de Belém, sendo que 20% dessa população habita na BHEN. Onde a maior concentração populacional fica no Jurunas, considerada uma “baixada”, com inúmeros alagamentos e inundações.

O poder público possui obras de macrodrenagem para a área de pesquisa, porém, com o deslocamento da população próximos as calhas dos rios, o andamento da execução dos projetos fica estagnado, devido aos processos de desapropriação e indenizações, além das recusas da população em sair do local (Leão, 2014).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, pode-se concluir que a sub-bacia 1 da BHEN possui diversas vulnerabilidades, haja vista que o mapa de declividades e hipsometria (mapas topográficos) mostram uma área com declives planos e altitudes baixas, sendo mais vulnerável e suscetível a inundações. No mapa de pedologia é observado a área de estudo com um solo com boa infiltração, porém em uma região muito populosa e urbanizada, como é apresentado no mapa de uso e ocupação do solo. Já no mapa de pluviometria é verificado que a sub-bacia 1 da BHEN é a área que menos possui chuvas intensas, porém seu nível ainda é alto.

O mapa de inundações mostrou pequenas áreas dentro do local de estudo com grau médio risco de inundações, são as áreas mais altas nos mapas topográficos. Como sua planície é inundável, declives planos, alta incidência de chuvas e solo impermeabilizado, 98% da área da sub-bacia 1 da BHEN possui alta suscetibilidade a inundações e alagamentos.

É necessário considerar que as medidas tomadas para evitar os desastres hidrológicos devem ser interdisciplinares, que ao decorrer da pesquisa verificou-se que ações já realizadas

não foram efetivas, sendo a necessário rever o plano diretor e intercalar as ações estruturais, como as obras de infraestrutura, a exemplo de bacias de amortecimento, e as não estruturais, como a educação ambiental por meio de conscientização para a redução e até eliminação do descarte inadequados em canais e cursos d'água.

---

## REFERÊNCIAS

ARAGÃO, H. G.; PEREIRA, V. A.; SILVA, R. F. Geotecnologias livres e gratuitas aplicadas na gestão do Saneamento básico: um estudo de caso na empresa baiana de águas e saneamento. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v. 16, n. 2, p. 1-16, 2022.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R. Fatores de risco de inundação na bacia hidrográfica da Estrada Nova Belém – PA. **Revista Geografia (Londrina)**, v. 22, n. 02, p. 57-78, maio/ago. 2013.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R.; AZEVEDO, A. K. A. DE. BACIA HIDROGRÁFICA DA ESTRADA NOVA: DINÂMICA FÍSICA E SOCIAL EM BELÉM (PA). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 5, p. 2178, 2022.

BELÉM. Lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém. **Prefeitura Municipal de Belém**, Belém, PA.

BELÉM. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB): Caracterização Geral do município de Belém. **Unidade Coordenadora do Programa: Programa de saneamento básico da estrada nova (UPC – PROMABEN)**, Belém, Pará, 2020.

BRANDÃO, A. J. D. N. **Entre os rios e as favelas: O PAC nas baixadas da Bacia da Estrada Nova e da Comunidade Taboquinha – Belém (PA)**. 2016. 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. DOI: 10.11606/D.16.2017.tde-16022017-125547.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Institui as diretrizes gerais da política urbana. **Casa Civil**, Brasília, DF.

CARVALHO, A. T. F. Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento: Discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 42, p. 140-161, jan./jun., 2020. ISSN: 2176-5774.

---

CHAI, J.; LIU, J. NK; NGAI, E. WT. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. **Expert systems with applications**, v. 40, n. 10, p. 3872-3885, 2013.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia**: para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre, 2013. 350 p.

COSTA, T. O. **Eventos de Precipitação Extrema Associados às Inundações na área urbana de Bragança-PA**. 2014. 199 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 24 de novembro de 2014.

CRUZ, S. H. R. **Grandes projetos urbanos, segregação social e condições da moradia em Belém e Manaus**. 2012. 317. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico úmido) – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos – NAEA, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 27 de junho de 2012.

CRUZ, S. H. R.; ALVES, E. S. Regularização fundiária e ações insurgentes na cidade de Belém: o caso Estrada Nova. **R. Katál**, Florianópolis, SC, v. 19, n. 2, p. 214-223, jul./set., 2016.

DEBORTOLI, N. S. *et al.* An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. **Nat Hazards**, p. 557-582, 2017. DOI:10.1007/s11069-016-2705-2.

ESPÍNDOLA, I. B.; RIBEIRO, W. C. Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. **Cad. Metrop.**, São Paulo, SP, v. 22, n. 48, p. 365-395, maio/ago. 2020. DOI: 10.1590/2236-9996.2020-4802.

FARIAS, A. *et al.* Grandes projetos urbanos e distribuição desigual dos danos e riscos na Amazônia: o caso da macrodrenagem da bacia da estrada nova, em Belém (PA). **Revista OKARA: Geografia em debate**, João Pessoa, PB, v. 17, n. 2, p. 368-379, 2023. ISSN: 1982-3878.

FERNANDES, J. C. *et al.* Análise multicritério com uso da AHP para avaliação temporal na vulnerabilidade ambiental estudo de caso na bacia hidrográfica do Uberabinha, MG. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 141-158, jul./set., 2019. DOI: 10.19177/rgsa.v8e32019141-158.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. [s.l.] Editora Atlas Ltda, 2022.

---

GOEPEL, K. D. Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, V. 10 Issue 3 2022, p. 469-487.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**: Belém, Pará. código: 1501402.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil de 2024 (SNIS 2022)**. 20 de março de 2024.

LEÃO, M. B. M. **MACRODRENAGEM E URBANIZAÇÃO NA BACIA DA ESTRADA NOVA: CONFLITOS ENTRE APP URBANA E REASSENTAMENTO EM BAIXADAS DE BELÉM/PA**. In: 3º Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo, Belém, 2014.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. Caracterização do Ano Hidrológico e Mapeamento Espacial das Chuvas nos Períodos Úmido e Seco do Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 1, p. 091, 2013.

MOREIRA, F. DA S. DE A. *et al.* Efeitos da precipitação e topografia para o risco de inundações na cidade de Belém-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 7, p. 2716–2728, 2019.

MOTA, L. F. *et al.* Análise Multicritério em Ambiente SIG na Indicação de Áreas Adequadas à Piscicultura no Nordeste do Estado do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.17, n.2, p. 1200-1212, 2024. ISSN: 1984-2295.

MIGUEZ, M. G.; DI GREGORIO, L. T.; VERÓL, A. P. **Gestão de Riscos e Desastres Hidrológicos**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 340 p. E-book Amazon. ISBN: 978-85-352-8799-8.

NAÇÕES UNIDAS. Nações Unidas do Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2022.

PANTOJA, L. M. **Impactos socioambientais de Grandes Projetos urbanos na Amazônia: Ecologia política e cartografia para gestão de recursos naturais na bacia da Estrada Nova, Belém/PA.** 2022. 137 p. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) – Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2022.

PEGADO, R. S. *et al.* Risco de Cheia e Vulnerabilidade: Uma Abordagem às Inundações Urbanas de Belém/Pará no Brasil. **Territorium**, v. 21, p. 71-76, 2014.

PENTEADO, A. R. **Belém – Estudo de Geografia Urbana.** Universidade Federal do Pará, v. 1, 1968.

PIMENTA, L. B. *et al.* Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 20, n. 2, p. 407-420, abr./jun. 2019.

PROCHMANN, J. R. **Análise Espacial da Susceptibilidade à Inundações na Bacia Hidrográfica do Córrego Grande, Florianópolis – SC.** 2014. 88 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, dezembro de 2014.

QUEIROZ NETO, J. P. **Pedologia: Conceito, Método e Aplicações.** Universidade de São Paulo – USP, Departamento de Geografia, 1982.

REZENDE, P. S. MARQUES, D. V. OLIVEIRA, L. A. Construção de Modelo e utilização do Método de Processo Analítico Hierárquico – AHP para Mapeamento de Risco à Inundação em Área Urbana. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.18, n. 61, p. 01-18, mar. 2017.

RODRIGUES, F. C. C.; FONSECA, M. F. Produção e Organização do Espaço Urbano: Impactos Socioambientais na Orla da Estrada Nova de Belém. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 2, n. 7, jul./dez., 2016.

RODRIGUES, G. A. CARLETO, N. SANTOS, G. O. Geração um de Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica de Taquaritinga/SP. **Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 492-504, 2020.

RODRIGUES, P. R. S. **Análise Espacial De Suscetibilidade À Inundação Da Bacia Hidrográfica Do Tucunduba – Belém-Pa.** Nov. 2019. 83 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental & Energias Renováveis), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 14 de novembro de 2019.

---

SAITO, S. M. *et al.* População urbana exposta aos riscos de deslizamentos, inundações e enxurradas no Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v. 31, p. 1-25, 2019. DOI: 10.14393/SN-v31-2019-46320.

SAATY, T. L. **How To Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process**. University of Pittsburgh, 1994.

SANTOS, H. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Brasília: EMBRAPA, 5 ed. 2018. 355 p.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2004.

SANTOS, R. J. **MATRIZES, VETORES E GEOMETRIA ANALÍTICA**. [s.l.] Departamento de Matemática-ICEEx ' Universidade Federal de Minas Gerais, MARÇO 2010.

SERRÃO, S. L. C; BELATO, L. S.; DIAS, R. P. A vulnerabilidade natural e ambiental do município de Belém (PA). **Nature and Conservation**, v. 12, n. 1, p. 36-45, 2019. DOI: DOI: 10.6008/CBPC2318-2881.2019.001.0004.

SILVA JÚNIOR, C. V.; GALVANI, E. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Tapajós. **Revista Presença Geográfica**, v. 07, n. 03, p. 52–66, 2020.

SILVA, L. P. **Hidrologia: Engenharia e meio ambiente**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 542 p. E-book Amazon.  
Silva junior

SILVA, M. V. S.; LIMA, A. M. M. Reconstituição espaço-temporal do Alagado do Piry de Jussara, Belém-PA: evolução e impacto na urbanização. **Revista Cerrados**, Montes Claros, MG, v. 19, n. 1, p. 113-139, jan./jun., 2021.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. nº 2. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001. p. 939.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **O Valor da Água**. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, 2021.

VINAGRE, M. V. A. *et al.* Hierarquização multicritério de alternativas de macrodrenagem urbana na bacia hidrográfica da Estrada Nova em Belém-PA, Amazônia, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i11.19352.



DOI: XXX | TAXA ATÉ 4 AUTORES E 15 PGS: R\$ 999,90 | TEMPLATE Nº JUN24

---

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS**

Concluiu-se que a sub-bacia 1 da BHEN possui grande vulnerabilidade em relação a inundações. Os resultados indicaram que as características de declividade e hipsometria favorecem esses desastres hidrológicos, com a presença de declives planos e suavemente ondulados, além de altitudes baixas. A alta incidência de chuvas, que aumentam sua intensidade em direção ao centro mais urbanizado da área, agrava ainda mais a situação. Quanto à pedologia, constatou-se que o solo apresenta ótima capacidade de infiltração. No entanto, essa característica exerce mínima influência na região estudada, pois o mapa de uso e ocupação do solo revela que a maior parte da área está impermeabilizada devido à urbanização.

A cidade de Belém (PA) tem um vasto histórico de inundações e alagamentos, tornando essencial o planejamento e a gestão de riscos e desastres. Em função disso, é fundamental que os trabalhos acadêmicos contribuam para a sociedade. No entanto, foi constatado que a sub-bacia 1 da BHEN possui poucos estudos específicos sobre a problemática das inundações, enfrentando obstáculos no levantamento e na disponibilidade de dados, como a escassez de estações pluviométricas de livre acesso na região estudada.

Portanto, a sub-bacia 1, apesar de ter sido contemplada com projetos de melhorias de drenagem urbana, é preterida em estudos quando comparada com as outras sub-bacias da BHEN, como supracitado. Sendo que sem pesquisas não há apoio para o planejamento e gestão urbana, com isso, nesta avaliação verificou-se a necessidade de medidas estruturais, mas essencialmente de medidas não estruturais para a conscientização da população para o não descarte de resíduos em cursos d'água e em canais.

Para complementação da pesquisa, deixa-se como sugestão de trabalhos futuros a quantificação dos prejuízos socioeconômicos e o mapeamento da vulnerabilidade social da sub-bacia 1 da BHEN, pois esses dados em conjunto com o mapa de riscos darão mais embasamento científico para a relevância de um planejamento e gestão de riscos e desastres efetivo e específico para a área mencionada.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R. Fatores de risco de inundação na bacia hidrográfica da Estrada Nova Belém – PA. **Revista Geografia (Londrina)**, v. 22, n. 02, p. 57-78, maio/ago. 2013.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R.; AZEVEDO, A. K. A. DE. BACIA HIDROGRÁFICA DA ESTRADA NOVA: DINÂMICA FÍSICA E SOCIAL EM BELÉM (PA). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 5, p. 2178, 2022.

BELÉM. Lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém. **Prefeitura Municipal de Belém**, Belém, PA.

BELÉM. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB): Caracterização Geral do município de Belém. **Unidade Coordenadora do Programa: Programa de saneamento básico da estrada nova (UPC – PROMABEN)**, Belém, Pará, 2020.

BRANDÃO, A. J. D. N. **Entre os rios e as favelas: O PAC nas baixadas da Bacia da Estrada Nova e da Comunidade Taboquinha – Belém (PA)**. 2016. 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. DOI: 10.11606/D.16.2017.tde-16022017-125547.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Institui as diretrizes gerais da política urbana. **Casa Civil**, Brasília, DF.

CHAI, J.; LIU, J. NK; NGAI, E. WT. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. **Expert systems with applications**, v. 40, n. 10, p. 3872-3885, 2013.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia**: para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre, 2013. 350 p.

COSTA, T. O. **Eventos de Precipitação Extrema Associados às Inundações na área urbana de Bragança-PA**. 2014. 199 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 24 de novembro de 2014.

CRUZ, S. H. R; ALVES, E. S. Regularização fundiária e ações insurgentes na cidade de Belém: o caso Estrada Nova. **R. Katál**, Florianópolis, SC, v. 19, n. 2, p. 214-223, jul./set., 2016.

DEBORTOLI, N. S. *et al.* An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. **Nat Hazards**, p. 557-582, 2017. DOI:10.1007/s11069-016-2705-2.

ESPÍNDOLA, I. B.; RIBEIRO, W. C. Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. **Cad. Metrop.**, São Paulo, SP, v. 22, n. 48, p. 365-395, maio/ago. 2020. DOI: 10.1590/2236-9996.2020-4802.

FERREIRA, H. F. *et al.* Análise de risco a eventos ligados as mudanças climáticas na bacia hidrográfica da Estrada Nova, em Belém-PA. **Revista Foco**, Curitiba, PR, v. 17, n. 3, p. 01-12, 2024.

FREITAS, A. L. P.; MARINS, C. S.; SOUZA, D. O. A metodologia de multicritério como ferramenta para a tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso. **Revista GEPROS – Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, n. 2, p. 51-60, jul. 2006. DOI: <https://doi.org/10.15675/gepros.v0i2.116>.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. [s.l.] Editora Atlas Ltda, 2022.

GOPEL, K. D. Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, V. 10 Issue 3 2022, p. 469-487.

HOFFMANN, R. C.; MIGUEL, R. A. D.; PEDROSO, D. C. A Importância do Planejamento Urbano e da Gestão Ambiental para o crescimento ordenado das cidades. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 70–81, dez. 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**: Belém, Pará. código: 1501402.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil de 2024 (SNIS 2022)**. 20 de março de 2024.

JANNUZZI, P. M.; MIRANDA, W. L.; SILVA, D. S. G. Análise Multicritério e Tomada de Decisão em Políticas Públicas: Aspectos Metodológicos, Aplicativo Operacional e Aplicações. **Informática Pública**, n. 1, p. 69-87, ano 11, 2009.

LEÃO, M. B. M. **MACRODRENAGEM E URBANIZAÇÃO NA BACIA DA ESTRADA NOVA: CONFLITOS ENTRE APP URBANA E REASSENTAMENTO EM BAIXADAS DE BELÉM/PA.** In: 3º Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo, Belém, 2014.

Mansur, A.V. *et al.* Adapting to urban challenges in the Amazon: flood risk and infrastructure deficiencies in Belém, Brazil. **Reg Environ Change**, v. 18, p. 1411–1426, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1269-3>.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. Caracterização do Ano Hidrológico e Mapeamento Espacial das Chuvas nos Períodos Úmido e Seco do Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 1, p. 091, 2013.

MOREIRA, F. DA S. DE A. *et al.* Efeitos da precipitação e topografia para o risco de inundações na cidade de Belém-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 7, p. 2716–2728, 2019.

MIGUEZ, M. G.; DI GREGORIO, L. T.; VERÓL, A. P. **Gestão de Riscos e Desastres Hidrológicos.** 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 340 p. E-book Amazon. ISBN: 978-85-352-8799-8.

NAÇÕES UNIDAS. Nações Unidas do Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** 2022.

PANTOJA, L. M. **Impactos socioambientais de Grandes Projetos urbanos na Amazônia: Ecologia política e cartografia para gestão de recursos naturais na bacia da Estrada Nova, Belém/PA.** 2022. 137 p. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) – Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2022.

PEGADO, R. S. *et al.* Risco de Cheia e Vulnerabilidade: Uma Abordagem às Inundações Urbanas de Belém/Pará no Brasil. **Territorium**, v. 21, p. 71-76, 2014.

PENTEADO, A. R. **Belém – Estudo de Geografia Urbana**. Universidade Federal do Pará, v. 1, 1968.

PEREIRA, B. W. F. et al. Geotecnologias com apoio de Índices Morfométricos para a Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, v. 11, n. 22, 2015.

PIMENTA, L. B. *et al.* Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 20, n. 2, p. 407-420, abr./jun. 2019.

PROCHMANN, J. R. **Análise Espacial da Susceptibilidade à Inundações na Bacia Hidrográfica do Córrego Grande, Florianópolis – SC**. 2014. 88 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, dezembro de 2014.

QUEIROZ NETO, J. P. **Pedologia: Conceito, Método e Aplicações**. Universidade de São Paulo – USP, Departamento de Geografia, 1982.

REZENDE, P. S. MARQUES, D. V. OLIVEIRA, L. A. Construção de Modelo e utilização do Método de Processo Analítico Hierárquico – AHP para Mapeamento de Risco à Inundação em Área Urbana. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.18, n. 61, p. 01-18, mar. 2017.

RODRIGUES, G. A. CARLETO, N. SANTOS, G. O. Geração um de Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica de Taquaritinga/SP. **Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 492-504, 2020.

RODRIGUES, P. R. S. **Análise Espacial De Suscetibilidade À Inundação Da Bacia Hidrográfica Do Tucunduba – Belém-Pa**. Nov. 2019. 83 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental & Energias Renováveis), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 14 de novembro de 2019.

SAITO, S. M. *et al.* População urbana exposta aos riscos de deslizamentos, inundações e enxurradas no Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v. 31, p. 1-25, 2019. DOI: 10.14393/SN-v31-2019-46320.

SAATY, T. L. **How To Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process**. University of Pittsburgh, 1994.

SANTOS, H. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Brasília: EMBRAPA, 5 ed. 2018. 355 p.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2004.

SANTOS, R. J. **MATRIZES, VETORES E GEOMETRIA ANALÍTICA**. [s.l.] Departamento de Matemática-ICEx ' Universidade Federal de Minas Gerais, MARÇO 2010.

SERRÃO, S. L. C; BELATO, L. S.; DIAS, R. P. A vulnerabilidade natural e ambiental do município de Belém (PA). **Nature and Conservation**, v. 12, n. 1, p. 36-45, 2019. DOI: DOI: 10.6008/CBPC2318-2881.2019.001.0004.

SILVA JÚNIOR, C. V.; GALVANI, E. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Tapajós. **Revista Presença Geográfica**, v. 07, n. 03, p. 52–66, 2020.

SILVA, L. P. **Hidrologia: Engenharia e meio ambiente**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 542 p. E-book Amazon.

Silva junior

SILVA, M. V. S.; LIMA, A. M. M. Reconstituição espaço-temporal do Alagado do Piry de Jussara, Belém-PA: evolução e impacto na urbanização. **Revista Cerrados**, Montes Claros, MG, v. 19, n. 1, p. 113-139, jan./jun., 2021.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. nº 2. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001. p. 939.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **O Valor da Água**. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, 2021.

VINAGRE, M. V. A. *et al.* Hierarquização multicritério de alternativas de macrodrenagem urbana na bacia hidrográfica da Estrada Nova em Belém-PA,

Amazônia, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, 2021. DOI:  
10.33448/rsd-v10i11.19352.



Universidade do Estado do Pará  
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e  
Sustentabilidade na Amazônia PPGTEC – Mestrado  
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100  
<http://ccnt.uepa.br/ppgtec/>



CCNT  
CCNT