



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA  
PARAÍBA- IFPB, CAMPUS JOÃO PESSOA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

**ELAYNE CRISTINA E SILVA FRANÇA**

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES DO RIO  
CABOCLO, NO MUNICÍPIO DE LUCENA-PB**

**JOÃO PESSOA-PB**

**2021**

ELAYNE CRISTINA E SILVA FRANÇA

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES DO RIO  
CABOCLO, NO MUNICÍPIO DE LUCENA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito à obtenção do título de Tecnóloga em Gestão de Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Homero Jorge  
Matos de Carvalho

JOÃO PESSOA-PB

2021



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP  
Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *Campus* João Pessoa

F814a França, Elayne Cristina e Silva.

Avaliação do risco de enchentes e inundações do Rio Caboclo, no município de Lucena-PB / Elayne Cristina e Silva França. – 2021.  
54 f. : il.

TCC (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal da Paraíba – IFPB / Coordenação de Tecnologia em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Homero Jorge Matos de Carvalho.

1. Gestão ambiental. 2. Impactos antrópicos. 3. Enchente. 4. Inundação. 4. Rio Caboclo – Lucena-PB. I. Título.

CDU 504.4



DECISÃO 7/2021 - CCSTGA/UA1/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB

**ELAYNE CRISTINA E SILVA FRANÇA**

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES DO RIO CABOCLO, NO MUNICÍPIO DE LUCENA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito à obtenção do título de Tecnóloga em Gestão de Ambiental.

Orientadora: Prof. Dr. Homero Jorge Matos de Carvalho

Aprovada em 10 de fevereiro de 2021

Nota de aprovação: 90

**Banca Examinadora**

Profa. Dr. Homero Jorge Matos de Carvalho (IFPB - JP) Orientador

Prof. Dra. Mirella Leôncio Motta e Costa (IFPB - JP) Examinadora

Prof. Me. Marconi Antão dos Santos (IFPB - JP) Examinador

*(assinado eletronicamente)*

JOÃO PESSOA – PB

2021

Documento assinado eletronicamente por:

- Marconi Antão dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 03/03/2021 06:55:44.
- Mirella Leôncio Motta e Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 02/03/2021 19:54:59.
- Homero Jorge Matos de Carvalho, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 02/03/2021 19:51:21.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/03/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 161667

Código de Autenticação: 77409b6299



A Deus e à minha família.  
Dedico!

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, sou grata a Deus por essa maravilhosa conquista. Agradeço a sabedoria, o discernimento, todo amor e apoio que ele me proporciona.

À minha família pela compreensão e todo apoio. Em especial agradeço aos meus pais Ioneide e Equileis por me incentivarem e acreditarem em meu potencial. Ao meu irmão Everton e minha cunhada Angelina que está sempre me motivando e me dando conselhos amigos.

Aos meus padrinhos Fátima Cristina e Afonso que sempre cuidaram de mim como se fosse sua filha.

Aos professores do meu curso de Tecnologia em Gestão Ambiental por terem colaborado diretamente com meu crescimento profissional e pessoal. Sou muito grata ao meu orientador professor Homero pelo apoio e amizade.

A todos os meus amigos do Curso de Gestão Ambiental em especial á minha turma: Allyson Noberto, Ana Patrícia, Beatriz de Moraes, Daniel Silva, Jamila Alcoforado, Jessica Ramalho, Rosa Karolina, Renata Xavier, Simielle Félix e Tainá Matos.

À minha amiga Ana Cristina e Rubia Sampaio que sempre me apoiaram em todos esses anos de amizade.

À minha psicóloga Dra. Angelli Lucena que tem sido muito importante na minha caminhada de crescimento pessoal.

À minha dentista Dra. Raquel Queiroz pelo incentivo e amizade.

“A gravidade explica os movimentos dos planetas, mas não pode explicar quem colocou os planetas em movimento. Deus governa todas as coisas e sabe tudo que é ou que pode ser feito”

Isaac Newton

## RESUMO

O rio Caboclo, localizado no Município de Lucena-PB, sofre vários impactos antrópicos que afetam diretamente o meio ambiente e a qualidade de vida da população. Há ocorrência de desastres ambientais como enchentes e inundações na área estudada que necessitam ser avaliadas para auxiliar na elaboração de medidas de gerenciamento de riscos ambientais. O objetivo geral do trabalho é avaliar o risco de enchentes e inundações em trechos do Rio Caboclo. Realizou-se visitas técnicas para identificação das ações antrópicas causadoras de impactos ambientais que predispõem o aumento dos riscos de enchentes e inundações. Em seguida, utilizou-se a metodologia proposta pelo Ministério das Cidades para avaliar o risco de enchentes e inundações. Observaram-se vários impactos ambientais oriundos de ações humanas como a presença de resíduos sólidos, desmatamento da vegetação ciliar, ocupações próximas às margens do rio, impermeabilização do solo, assoreamento e formação de vegetação não natural. A área foi classificada como de Baixo Risco, porém é importante serem avaliados os fatores ambientais e os aspectos da urbanização que predispõem ao risco de enchentes e inundações, sendo imprescindível que mais estudos sejam realizados na área. Foram levantadas algumas propostas de medidas de Gestão Integrada de riscos de enchentes e inundações sendo medidas não estruturais relacionadas a ações educativas e estímulo para a população participar do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte, identificar as áreas de risco e elaborar mapas de inundação, plano diretor, reflorestamento da vegetação ciliar, plano de gerenciamento de resíduos sólidos, tratamento de efluentes domésticos e estudos de erosão para conter o assoreamento. Todas essas medidas só serão eficazes se houver participação do Poder Público, da Sociedade e das Instituições Públicas e Privadas.

**Palavras-chave:** Rio Caboclo; Impactos; Antrópicos; Enchentes; Inundações.

## **ABSTRACT**

The Caboclo River is located in the City of Lucena-PB, it suffers several anthropic impacts that directly affect the environment and the quality of life of the population. There is occurrence of environmental disasters such as floods and inundations in the study area that need to be evaluated to assist in the preparation of environmental risk management measures. The general objective of the work is to assess the risk of floods and inundations in stretches of the Caboclo River. Technical visits were carried out to identify the anthropic actions that cause environmental impacts that predispose the increased risk of floods and inundations. Then, the methodology proposed by the Ministry of Cities was used to assess the risk of floods and floods. Several environmental impacts from human actions were observed, such as the presence of solid residues, deforestation of riparian vegetation, occupations close to the river banks, waterproofing of the soil, silting and formation of unnatural vegetation. The area was classified as Low Risk, but it is important to evaluate the environmental factors and aspects of urbanization that predispose to the risk of floods and inundations, and it is essential that further studies are carried out in the area. Some proposals for flood and inundations Integrated Management measures were raised, being non-structural measures related to educational actions and encouraging the population to participate in the North Coast Basin Committee, identify risk areas and prepare flood maps, master plan, reforestation of riparian vegetation, solid waste management plan, treatment of domestic effluents and erosion studies to contain silting. All of these measures will only be effective if there is participation of the government, society and public and private institutions.

**Keywords:** Caboclo River; Impacts; Anthropic; Floods; Inundations.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Canal Hidrometeorico .....	16
<b>Figura 2-</b> Ilustração evidenciando a diferença entre enchente e inundação .....	21
<b>Figura 3-</b> Mapa de localização com os pontos coletados no município de Lucena .....	28
<b>Figura 4-</b> Comunidade Carrapeta .....	29
<b>Figura 5-</b> Trecho do rio Caboclo interrompido pela rua David Falcão .....	29
<b>Figura 6-</b> Mapa de localização da área de estudo e suas respectivas bacias hidrográficas .....	35
<b>Figura 7-</b> Presença de Resíduos Sólidos no trecho 1 do rio Caboclo .....	36
<b>Figura 8-</b> Presença de Resíduos Sólidos no trecho 2 do rio Caboclo .....	36
<b>Figura 9-</b> Presença de Resíduos sólidos domiciliares e da construção civil nas margens do trecho 3 do Rio Caboclo .....	37
<b>Figura 10-</b> Resíduos sólidos domésticos nas margens do trecho 4 do rio Caboclo .....	37
<b>Figura 11-</b> Supressão da vegetação ciliar próxima a área das casas na Comunidade “Carrapeta” e presença de vegetação não natural.....	38
<b>Figura 12-</b> Ausência de vegetação ciliar e sinais de assoreamento no trecho 2 do rio Caboclo.....	39
<b>Figura 13-</b> Visualização de compressão do rio devido ao assoreamento no trecho 4 do rio Caboclo .....	39
<b>Figura 14-</b> Casas próximas as margens no trecho 1 do rio Caboclo Comunidade Carrapeta.....	40
<b>Figura 15-</b> Casas nas margens trecho 2 do rio Caboclo.....	41
<b>Figura 16-</b> Presença de construções próximas as margens do trecho 3 do Rio Caboclo.....	41
<b>Figura 17-</b> Área urbanizada nas margens do trecho 4 do rio Caboclo.....	42
<b>Figura 18-</b> Presença de vegetação aquática no trecho 2 do rio Caboclo .....	43
<b>Figura 19-</b> Vegetação aquática no trecho 4 do rio Caboclo.....	43
<b>Figura 20-</b> Aspecto turvo da água no trecho 3 do rio Caboclo.....	44
<b>Figura 21-</b> Presença de porco doméstico ingerindo água no trecho 2 do rio Caboclo... ..	44
<b>Figura 22-</b> Pessoas pescando no trecho 2 do rio Caboclo .....	45
<b>Figura 23-</b> Pluviosidade média mensal Novembro e Dezembro de 2020 do município de Lucena-PB .....	46
<b>Figura 24-</b> Pluviosidade média anual do município de Lucena-PB .....	47

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1-</b> Grau de risco preliminar segundo arranjo entre cenários hidrológicos e vulnerabilidade das habitações .....	31
<b>Quadro 2-</b> Grau de risco final segundo arranjo considerando os cenários hidrológicos, vulnerabilidade das habitações e periculosidade do processo segundo a distância das moradias do eixo de drenagem .....	32
<b>Quadro 3-</b> Grau de risco final segundo arranjo considerando os cenários hidrológicos, vulnerabilidade das habitações e periculosidade do processo segundo a distância das moradias ao eixo de drenagem .....	47

## **LISTA DE SIGLAS**

APP - Áreas de Proteção Permanente

COBRADE - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática

MUNIC – Pesquisa de Informações Básicas Municipais

SCU - Sistema Clima Urbano

TGS - Teoria Geral dos Sistemas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>13</b>
3.1	TEORIA DO SISTEMA CLIMA URBANO (MONTEIRO, 1975)	13
3.1.1	Subsistema Hidrometeorico	15
3.2	RISCOS E DESASTRES SOCIOAMBIENTAIS	17
3.3	MARCO DE SENDAÍ	18
3.4	RISCOS HIDROLÓGICOS E SEUS ASPECTOS CONCEITUAIS	19
3.5	IMPACTOS ANTRÓPICOS NOS RECURSOS HÍDRICOS	22
3.6	ZONEAMENTO AMBIENTAL	26
3.7	MAPEAMENTO DE RISCOS DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES	27
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
4.1	CLASSIFICAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA	27
4.2	ÁREA DO ESTUDO	27
4.3	IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS ANTRÓPICOS NA ÁREA DE ESTUDO	28
4.4	ANÁLISE DO RISCO DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES DO RIO CABOCLO	30
4.5	GESTÃO INTEGRADA DE RISCO AS INUNDAÇÕES	34
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
5.1	ÁREA DO ESTUDO	34
5.2	ANÁLISE DE RISCOS DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES DO RIO CABOCLO	45

5.3	GESTÃO INTEGRADA DO RISCO DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES URBANAS	47
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O planejamento urbano e territorial é definido como um processo de tomada de decisão que visa alcançar metas econômicas, sociais, culturais e ambientais, através do desenvolvimento de visões, estratégias e planos territoriais e da aplicação de um conjunto de políticas, ferramentas, mecanismos institucionais e participativos (PROGRAMA, 2015). São várias as consequências negativas decorrentes da falta de planejamento urbano, destacando-se os desastres socioambientais, como os alagamentos, enchentes, inundações e os movimentos de massa (deslizamentos) que influenciam diretamente na qualidade de vida da população.

Analisando-se os aspectos da urbanização brasileira, nota-se que esta ocorreu sem um planejamento ordenado, tendo em vista que a maioria das cidades sequer têm um plano diretor. A falta de planejamento e de políticas públicas, que não oferecem moradia digna a todas as pessoas, como também a ausência de uma estrutura administrativa eficiente de fiscalização, possibilita a ocupação irregular de áreas impróprias, tais como as margens de rios e lagoas.

As ocupações irregulares próximas dos limites da área da bacia hidrográfica contribuem para o desmatamento, erosão hídrica e impermeabilidade do solo que conseqüentemente, dificultam a infiltração e aceleram o escoamento superficial das chuvas. Esses fatores associados podem tornar a área vulnerável a enchentes e inundações como relatado no Município de Lucena- PB.

O município de Lucena foi criado em 1961 quando teve sua emancipação do município de Santa Rita-PB, e está inserido na Mesorregião da Mata Paraibana. Em um estudo sobre a temática abordada (SANTOS e CARVALHO, 2017) realizaram um mapeamento dos municípios paraibanos afetados por enchentes e inundações utilizando dados do MUNIC (Pesquisa de Informações Básicas Municipais) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2013), e constataram que o município de Lucena, na Paraíba, é o 23º mais atingido por enchentes ou inundações graduais nos últimos cinco anos e o 12º mais acometido por enchentes ou inundações bruscas. Deste modo, essa pesquisa tem como questão de investigação: *Há risco de enchentes e inundações no Rio Caboclo?*

Segundo o Código Florestal Brasileiro Lei Federal nº12.651/2012 todas as margens de cursos d'água são consideradas áreas de proteção permanente (APP), sendo responsáveis pela preservação dos recursos hídricos, estabilidade geológica,

biodiversidade, e bem estar das populações, devido à sua importância para o ecossistema, é proibida a ocupação dessas áreas. Para a realização deste trabalho, foram realizadas visitas técnicas visando apontar os impactos antrópicos na área de estudo e utilizando a metodologia proposta pelo Ministério das Cidades realizou-se a análise de riscos de enchentes e inundações de trechos do rio Caboclo.

Esse trabalho justifica-se pela necessidade de se realizar uma avaliação de risco de enchentes e inundações no Município de Lucena-PB diante da vulnerabilidade de ocorrência desses eventos, além da escassez de estudos acadêmicos sobre a temática na área de estudo.

Essa pesquisa visa contribuir com a elaboração de medidas preventivas para as áreas identificadas e avaliadas com grau de risco para enchentes e inundações, as informações obtidas poderão ser utilizadas pelos órgãos gestores para melhor tomada de decisão como também de auxílio para futuros estudos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o risco de enchentes e inundações em trechos do Rio Caboclo, localizado no município de Lucena-PB.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar os impactos antrópicos na área de estudo;
- Correlacionar os impactos ambientais encontrados e suas repercussões na área de estudo;
- Analisar o risco de enchentes e inundações na área;
- Propor medidas de gestão integrada de risco as enchentes e inundações;

## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 TEORIA DO SISTEMA CLIMA URBANO (MONTEIRO, 1975)**

A preocupação com a baixa da qualidade ambiental urbana se fez presente no Brasil a partir das décadas de 1950 e 1960, com a intensificação do processo de urbanização, impulsionando o desenvolvimento dos primeiros estudos de clima urbano.

No Brasil um dos pioneiros no estudo do clima urbano foi do professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, que desenvolveu pela 1ª vez em sua tese o Sistema Clima Urbano - SCU, concluída em 1975 e publicada em 1976.

A teoria do Sistema Clima Urbano marcou uma nova etapa nos estudos da climatologia no contexto geográfico, pois possibilitou a utilização de novos métodos, ressaltando que os trabalhos sobre análises climáticas urbanas não devem ser restritos apenas às médias dos dados meteorológicos, havendo a necessidade de compreensão dos ritmos climáticos em sua complexidade (MUNIZ; CARACRISTI, 2015).

O sistema proposto por Monteiro é subdividido em três subsistemas: termodinâmico, o qual tem relação com o conforto térmico ambiental, o físico-químico que trata da qualidade do ar sobre a cidade e o hidrodinâmico que se refere ao impacto meteórico (MONTEIRO, 1976).

Os três subsistemas são assim caracterizados:

- I. **Subsistema Termodinâmico**, canal de conforto térmico: Engloba todos os componentes termodinâmicos e suas relações, que se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um subsistema perceptivo e significativo, pois afeta a todos permanentemente. Considerado um assunto de investigação crescente na climatologia médica e na tecnologia habitacional.
- II. **Subsistema Físico-Químico**, canal da qualidade do ar: A poluição é um dos males do século, causando grandes danos a população é uma das áreas que mais atraem atenção. Associada às outras formas de poluição (água, solo, etc.), a poluição do ar é uma que merece destaque na qualidade ambiente urbana.
- III. **Subsistema Hidrometeórico**, canal de impacto meteórico: São agrupadas todas as formas meteóricas, hídricas (chuva, neve, nevoeiros), mecânicas, (tornados) e elétricas (tempestades) que, assumindo, ocasionalmente, manifestações de intensidade, podem causar impactos na vida da cidade, prejudicando ou desorganizando a circulação e serviços (MONTEIRO, 1976, p.100).

Segundo Monteiro (1976, 2003) o Sistema Clima Urbano (SCU) composto por 4 (quatro) fases distintas, sendo Importação (de energia ao sistema), Transformação (de energia dentro do sistema), Incorporação (da energia transformada no sistema) e Exportação (regresso da energia transformada no sistema), com 3 (três) canais de percepção, sendo eles o Físico-Químico (qualidade do ar), o Hidrometeorológico (impacto meteorológico) e o Termodinâmico conforto térmico.

Com o objetivo de auxiliar na compreensão do presente trabalho, será dada ênfase ao funcionamento do subsistema hidrometeorológico.

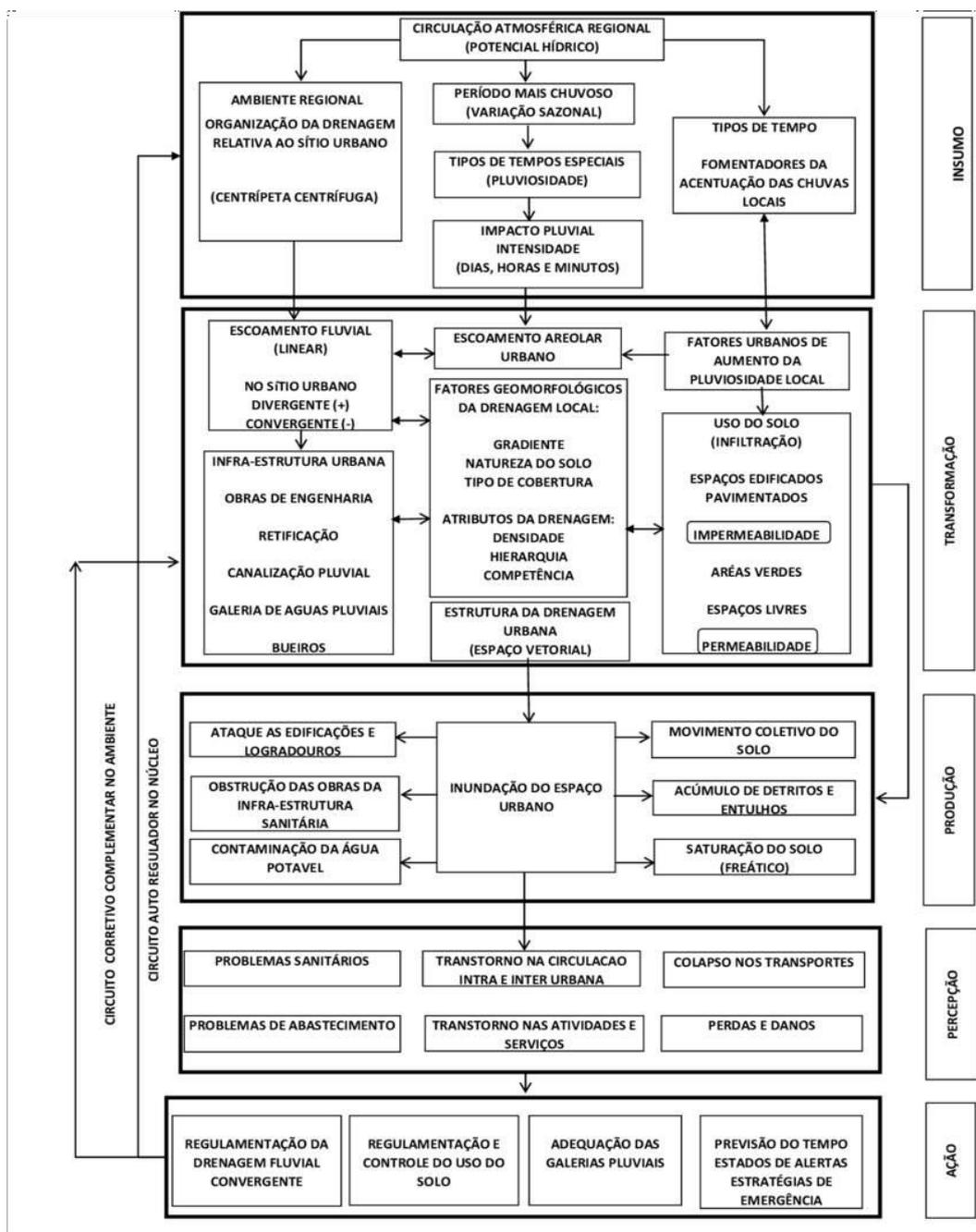
### 3.1.1 Subsistema Hidrometeorológico

A partir da década de 1990 os estudos sobre o Subsistema Hidrometeorológico intensificaram-se em virtude da urbanização das cidades brasileiras. Essas cidades passaram a ter graves problemas relacionados aos impactos pluviométricos extremos, com alagamentos nas áreas de alta impermeabilização e escassa infraestrutura nos sistemas de drenagem e com inundações em ambientes localizados próximos aos cursos d'água, principalmente rios e lagoas (ZANELLA; MOURA, 2013).

A seguir, será apresentado canal hidrometeorológico (figura 3) com todos os seus aspectos e correlações. Os aspectos do subsistema hidrometeorológico são: insumos, transformação, produção, percepção e ação. Os insumos são originados da circulação atmosférica associado ao ambiente regional e à organização da drenagem urbana, às variações climáticas sazonais e ainda aos tipos de tempo atuantes (LIMA, 2010)

As denominadas transformações no subsistema são os efeitos provenientes da ação antrópica sobre áreas urbanas, principalmente aquelas relacionadas às alterações na drenagem e escoamento superficial urbano e a origem de fatores capazes de provocar o aumento da pluviosidade local. Na produção do Subsistema são verificados os impactos provocados pelos episódios de inundações e alagamentos no ambiente urbano deflagrados pela precipitação (LIMA, 2010).

**Figura 1- Canal Hidrometeorico**



Fonte: MONTEIRO, (2003).

A percepção dos transtornos gerados pelas enchentes urbanas é proveniente do desordenamento do funcionamento da cidade e do colapso das redes urbanas e suas atividades. As ações consideradas dentro do subsistema hidrometeorico são ações de planejamento relativas à prevenção, como controle e regulamentação do uso e ocupação do solo, gestão emergencial durante a ocorrência desses episódios, além de medidas mitigatórias aos transtornos (LIMA, 2010).

### 3.2 RISCOS E DESASTRES SOCIOAMBIENTAIS

O risco é conceituado como a probabilidade de que um evento (esperado ou não esperado) se torne realidade. O risco está associado a uma situação de perigo, ou seja, a materialização de um evento indesejado (SÁNCHEZ, 2013). Pode ser definido matematicamente por:  $R = P \times C$  onde R = Risco; P = Possibilidade de ocorrência de um evento adverso e C = Consequência gerada pelo evento adverso (CERRI; AMARAL, 1998).

Os riscos naturais são aqueles oriundos das relações entre sociedade e natureza, referindo-se a uma situação probabilística em que se agregam no espaço e no tempo um perigo natural, uma superfície terrestre com características particulares e um sistema social frágil. A noção de risco natural relaciona-se com as ciências da natureza e ciências sociais, dessa forma há uma abordagem dual e de forte interação entre o ser humano e seu ambiente (SOUZA; ZANELLA, 2009).

O risco natural é originado da própria instabilidade dos sistemas, tais como os deslizamentos de encostas e inundações, sendo objetivamente relacionado “a processos e eventos de origem natural ou induzida por ações humanas” (CASTRO; PEIXOTO; RIO 2005, p. 22).

Para avaliação dos riscos Egler (1996) propôs uma metodologia que considerava três aspectos sendo estes:

- a) a vulnerabilidade dos sistemas naturais, compreendida como o patamar entre a estabilidade dos processos biofísicos e situações instáveis onde existem perdas substantivas de produtividade primária;
- b) a densidade e o potencial de expansão da estrutura produtiva, que procura expressar os fluxos e os fluxos econômicos em uma determinada porção do território em uma concepção dinâmica;
- c) o grau de criticidade das condições de habitabilidade, vista como a defasagem entre as atuais condições de vida e os mínimos requeridos para o pleno desenvolvimento humano (EGLER, 1996, p. 35).

Para se ter melhor compreensão sobre o método de avaliação de riscos ambientais é importante conceituar a vulnerabilidade ambiental. Segundo Tagliani (2002) a vulnerabilidade ambiental é a susceptibilidade do ambiente a um impacto provocado por um uso antrópico. Santos e Caldeyro (2007) definem a vulnerabilidade como a resposta do meio às ações humanas, variando conforme suas características naturais e antropogênicas, afetando diretamente a estabilidade do meio, bem como sua qualidade ambiental.

O risco de desastre é definido como os potenciais perdas por desastre, em vidas, saúde, status, meios de subsistência, bens e serviços que podem ocorrer a uma comunidade em particular ou a uma sociedade durante algum período futuro. As múltiplas perdas são difíceis de serem quantificadas, porém com o conhecimento dos riscos prevalentes e os padrões socioeconômicos da população, os riscos de desastres podem ser mapeados e avaliados (CERRD, 2009).

Os desastres ambientais são resultantes das combinações dos riscos ambientais, vulnerabilidade e da insuficiente capacidade ou medidas para reduzir as consequências negativas desses riscos. Nos últimos anos, o Brasil assistiu a desastres ambientais que trouxeram grandes prejuízos, tais como o rompimento da barragem de rejeitos Fundão, localizada na cidade de Mariana, em Minas Gerais ocorrido em 2015 e o rompimento de outra barragem de rejeitos denominada de Mina do Feijão, no município de Brumadinho também em Minas Gerais ocorrido em 2019, causando inúmeras mortes e poluição em todo o trajeto percorrido pela lama de rejeitos principalmente no rio Doce.

### 3.3 MARCO DE SENDAI

O quarto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 2007) ressaltou a importância do aumento na intensidade e na frequência dos desastres naturais que podem ser observados de maneira global por meio de diversos episódios catastróficos que geram prejuízos para a toda sociedade.

Em 2005, foi aprovado o marco de Hyogo, no Japão, representou uma ferramenta importante para o aumento da consciência governamental e institucional contribuindo com estratégias para redução dos riscos visando alcançar as metas do desenvolvimento sustentável, porém era fundamental que lacunas fossem preenchidas já que mais pessoas estavam sendo atingidas pelos desastres ambientais (CEERD, 2015).

Diante da necessidade de implementação de ações efetivas para auxiliar os países no enfrentamento aos riscos de desastres que durante a Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres, realizada em 2015, em Sendai, Miyagi, no Japão foi adotado um acordo entre as nações denominado marco de Sendai (CEERD, 2015).

A partir da experiência adquirida com a implementação do marco de ação de Hyogo e buscando o resultado e o alcance dos objetivos esperados, existe a necessidade de uma ação focada nos âmbitos intra- e interssetorial, pelos Estados nos níveis local,

nacional, regional e global que é abordada no marco de Sendai, nas quatro áreas prioritárias a seguir:

1. Compreensão do risco de desastres;
2. Fortalecimento da governança do risco de desastres para gerenciar o risco de desastres;
3. Investimento na redução do risco de desastres para a resiliência;
4. Melhoria na preparação para desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e de reconstruir melhor em recuperação, reabilitação e reconstrução (CEERD,2015, p.9).

A gestão ambiental contribui diretamente no planejamento urbano, através da realização de avaliações de impactos ambientais, uso dos instrumentos de zoneamento ambiental, elaboração de projetos de educação ambiental, com o objetivo de conhecer a área estudada, compreender os atores envolvidos no processo e os fatores que se articulam na produção dos riscos, e assim auxiliar a gestão pública a tomar as medidas mais eficazes para minimizar os efeitos dos desastres socioambientais.

### 3.4 RISCOS HIDROLÓGICOS E SEUS ASPECTOS CONCEITUAIS

As tipologias de desastres e riscos estão relacionadas com o tipo de ameaça, de forma que os desastres e riscos hidrológicos são qualificados pela presença de ameaças de natureza hidrológica, ou seja, a água age diretamente na instalação do risco. Essa categoria de desastre atinge muitas comunidades em zonas rurais e urbanas causando danos diretos e indiretos.

As enxurradas, alagamentos, enchentes e inundações são fenômenos hidrometeorológicos que compõem a dinâmica natural e ocorrem frequentemente por meio de chuvas rápidas e fortes como também chuvas intensas de longa duração, degelo nas montanhas e outros eventos climáticos, tais como furacões e tornados, porém são acentuados devido às atividades antrópicas que causam modificações ambientais e urbanas, através da impermeabilização do solo, retificação dos cursos d'água e redução no escoamento dos canais devido a obras ou por assoreamento (BRASIL, 2007).

Em seguida, serão conceituados alguns termos importantes para melhor compreensão desta pesquisa.

#### I. Enchentes

As enchentes ou cheias podem ser definidas como a elevação temporária do nível d'água em relação a um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga (BRASIL,2007). As enchentes são processos decorrentes do aumento dos picos de cheia, provenientes do maior volume do escoamento superficial direto, devido ao comportamento natural dos rios ou pela urbanização, na drenagem urbana, resultado da impermeabilização do solo, canalização ou obstruções ao escoamento (TUCCI; BERTONI, 2003; TUCCI; MENDES, 2006).

## II. Inundações

As inundações podem ser definidas como o fenômeno de extravasamento das águas do canal de drenagem que passam a ocupar as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio). À proporção que o solo é impermeabilizado, o escoamento através dos condutos e canais acelera, fazendo com que o volume de água que adentra no sistema de drenagem seja superior à sua capacidade de escoamento provocando assim as inundações (TUCCI; BERTONI, 2003).

Segundo Kron (2002), ocorrem diversos tipos de inundações, das quais as mais comuns são as inundações costeiras, graduais e bruscas. As inundações costeiras como o próprio nome sugere são específicas da zona costeira enquanto que as demais podem ocorrer em quaisquer locais e se relacionam com a velocidade do fenômeno.

As inundações graduais são aquelas que, que ocorrem gradualmente, ou seja, a elevação do nível das águas e conseqüentemente o transbordamento ocorrem de forma lenta. Devido a esta elevação gradual das águas, a ocorrência de mortes é menor comparada a uma inundação brusca, contudo, devido a sua área de abrangência, a quantidade total de danos acaba sendo elevada (GOERL; KOBİYAMA, 2005).

Já as inundações bruscas são aquelas que ocorrem repentinamente, ou seja, no tempo próximo ao momento da ocorrência do evento que as causam por se desenvolverem bruscamente, geralmente atingem as áreas susceptíveis de surpresa, não tendo tempo hábil para os moradores tomar os devidos procedimentos para se protegerem ou salvar os seus bens (GOERL; KOBİYAMA, 2005). Em seguida, é visualizada na figura 2 a diferença entre enchente e inundação.

**Figura 2-** Ilustração evidenciando a diferença entre enchente e inundação



Fonte: BRASIL, 2007

### III. Vazão

A vazão é definida como a quantidade de água que passa por uma dada seção em um canal de drenagem em um determinado período de tempo. A vazão depende da velocidade de escoamento e da área da seção transversal (BRASIL, 2007).

### IV. Planície de Inundação

As planícies de inundação são unidades homogêneas da paisagem que margeiam os canais fluviais e constituem o leito maior de um curso d'água. A morfologia das planícies está relacionada com o desenvolvimento do canal principal que lhe deu origem e com processos de deposição e erosão, ocorridos na sua gênese. Dentro do sistema fluvial, a planície está localizada na zona de deposição dos sedimentos transportados pelos rios, onde a declividade do terreno e a velocidade do fluxo diminuem (HUGGETT 2007; CHARLTON, 2008).

Ocasionalmente, as planícies de inundação recebem o excesso de água que extravasam do canal de drenagem. O canal de drenagem de uma bacia hidrográfica é denominado de leito menor, enquanto que a planície de inundação representa o leito maior. Já o termo várzea é utilizado para identificar a planície de inundação de um canal natural de drenagem (BRASIL, 2007).

### V. Alagamentos

Os alagamentos são definidos pelo acúmulo momentâneo de águas em uma determinada área ocasionados pela deficiência do sistema de drenagem, podendo ou não serem associados a problemas de natureza fluvia (BRASIL, 2007).

Para a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) os alagamentos são definidos como a: “Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas (COBRADE, 2012, p.2).

## VI.Enxurradas

As enxurradas são provenientes do escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. Geralmente ocorrem ao longo de vias implantadas sobre antigos cursos d'água com alto gradiente hidráulico em terrenos com alta declividade natural BRASIL,2007).

Segundo o COBRADE as enxurradas são definidas como:

Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo (COBRADE, 2012, p.2).

## 3.5 IMPACTOS ANTRÓPICOS NOS RECURSOS HÍDRICOS

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na resolução nº 001/86 o impacto ambiental é considerado como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Para Genz e Tucci (1995) os principais impactos ocasionados do desenvolvimento de uma área urbana sobre os processos hidrológicos, estão relacionados à forma de ocupação da terra, e também aos aumentos das superfícies impermeáveis na

maioria das bacias que se localizam próximas a zonas de expansão urbana ou inseridas no perímetro urbano.

Segundo Almeida *et al.* (2010) os impactos ambientais decorrentes das ações antrópicas:

Podem determinar o desequilíbrio no sistema, desestabilizando o meio ambiente. A amplitude dessa desestabilização depende do grau de interferência que o meio sofre. Em se tratando de bacia hidrográfica, seja de grande ou pequeno porte não é diferente, pois, os cursos da água natural e toda a unidade fisiográfica da área de sua abrangência têm representatividade essencial para a vida silvestre (ALMEIDA *et al.*, p.2.).

Em seguida, serão descritos os principais impactos antrópicos presentes nos corpos hídricos urbanos que são: o uso indevido do solo, supressão da vegetação ciliar, eutrofização e o assoreamento.

#### I. Uso indevido do solo

A ocupação desordenada do solo ocasiona uma diversidade de problemas. Segundo Andreoli *et al.*, (2003), os problemas podem ser por planejamento inadequado, inexistência de planejamento ou omissão do poder público, definindo como resultados:

- Alteração do regime de produção: a impermeabilização do solo que dificulta a infiltração da água, agravando os problemas da erosão urbana e aumentando os picos de cheia;
- Minimização da recarga nos solos, restringe a disponibilidade de água nos períodos de baixa precipitação;
- Ausência de infraestrutura básica: a falta de coleta e tratamento de esgotos e a disposição inadequada de resíduos transporta contaminantes aos rios, que têm a qualidade da água comprometida, o que dificulta a potabilidade da água;
- Desperdício: diferentes usos da água associados ao baixo custo e a disponibilidade aparentemente abundante torna o recurso natural negligenciado, mal administrado e desperdiçado pelo homem.

#### II. Supressão da vegetação ciliar

Mata ciliar, ripária ou ripícola é aquela que margeia os corpos de água, a exemplos de rios, riachos e lagoas, são comumente de porte arbóreo ou arbustivo em ambientes não perturbados (GALVÃO, 2000).

Segundo Valente e Gomes (2005) a vegetação ciliar compreende uma faixa de proteção de curso de água que tem como funções, contribuir como habitat para vários componentes da fauna silvestre, diminuir a temperatura da água, dentre outros.

O desaparecimento das matas ciliares leva à perda da biodiversidade terrestre e aquática, além de outros impactos ecológicos, sociais e econômicos, como a intensificação dos processos erosivos com o surgimento de sulcos e voçorocas e o assoreamento de reservatórios, nascentes e cursos d'água, redução da produtividade do solo e do aumento da emissão dos gases do efeito estufa (RICARDO, 2008).

### III. Eutrofização

A eutrofização é um processo proveniente da adição de nutrientes inorgânicos e de matéria orgânica que aumenta a fotossíntese e a respiração nos corpos hídricos, é uma condição para um processamento de energia de alto metabolismo (BEYERS; ODUM, 1993).

Segundo Braga *et al.*, (2005), as atividades antrópicas são as principais responsáveis pela diminuição da qualidade da água, pois o desenvolvimento urbano promove entre outros impactos ambientais, a eutrofização dos rios. A eutrofização artificial ou cultural é assim denominada para diferenciar a ação do homem, daquela causada na evolução dos ambientes aquáticos, ou seja, a eutrofização causada por um influxo nutritivo natural (HENRY, *et al.*, 1983).

A eutrofização ocorre devido ao aumento excessivo de nutrientes na água, podendo ser causada por drenagem de fertilizantes agrícolas, águas pluviais de cidades, detergentes, resíduos de minas, drenagem de dejetos humanos, entre outros.

As principais consequências da eutrofização nos sistemas aquáticos são: aumento da biomassa e da produção primária do fitoplâncton diminuição de diversidade de espécies; diminuição da concentração de oxigênio dissolvido; diminuição na concentração de íons; aumento do fósforo total no sedimento; aumento da frequência do florescimento de cianofíceas (TUNDISI, 1986).

#### IV Erosão e assoreamento

O termo erosão é definido como sendo um grupo de processos sob os quais o material terroso ou rochoso é desagregado, decomposto e removido de alguma parte da superfície terrestre sendo um processo natural de exposição das rochas a condições diferentes das de sua formação (SILVA, 1995). A erodibilidade varia com a textura do solo, a estabilidade de agregados, a força de cisalhamento, a capacidade de infiltração e com o conteúdo químico e orgânico (MORGAN, 2005).

A erosão do solo pode ser classificada como geológica e acelerada (antrópica). A erosão geológica ocorre no ambiente pela atuação do clima e da vegetação, sem sofrer a influência do homem é controlada somente por fatores naturais, que podem ser ativos ou passivos (GUERRA, 1999). Já a erosão acelerada ou induzida é o processo de desagregação e transporte acelerado das partículas do solo provocado pela água e pelo vento, principalmente pelas mudanças no uso da terra causada pelo homem (CHECCHIA, 2005).

Destaca-se no Brasil o alto índice de erosão hídrica que Segundo Lima (2010), é oriunda do destacamento das partículas do solo pela ação da precipitação e do escoamento, acarretando o transporte das partículas para jusante onde se depositam podendo ser novamente destacadas.

Na medida em que o manejo do solo, nas diversas atividades humanas, elimina a cobertura vegetal, sua superfície fica mais exposta à ação do impacto das gotas de chuva e da enxurrada. Logo, tanto o impacto das gotas de chuva quanto a enxurrada favorecem modificações nas condições físicas da superfície do solo, transformando a rugosidade superficial, a porosidade e a taxa de infiltração de água (ALBUQUERQUE *et al.*, 2002).

O estágio inicial e mais importante da erosão hídrica é composto a partir do desagregamento ou desprendimento das partículas que é ocasionado pelo efeito integrado da energia de impacto das gotas de água e da força cisalhante do escoamento superficial (BAHIA *et al.*, 1992). O arraste, ou transporte das partículas, ocorre pela ação do vento e, em maior escala, pelo escoamento superficial da água. O estágio final do processo, a deposição de partículas, normalmente culmina nos corpos de água, resultando no assoreamento dos leitos dos rios.

O assoreamento ocorre devido ao processo erosivo, possui vários fatores como água, vento, processos químicos, antrópicos e físicos que desagregam os solos e rochas

formando sedimentos que são transportados e depositados para áreas mais baixas do relevo (ALVES, 2008).

Segundo o DICIONÁRIO PRO (2011), as consequências do assoreamento em lagos, lagoas, baías e golfos são:

- Elevação do fundo do corpo hídrico, inutilizando a navegação e diminuindo a lâmina d'água, o que provoca seu maior aquecimento e menor capacidade de dissolver oxigênio;
- Mudança da circulação e dos fluxos das correntes internas, comprometendo a vegetação da orla (manguezais) e as zonas pesqueiras;
- O material fino em suspensão na coluna d'água (turbidez) é um obstáculo à penetração dos raios solares, prejudicando a biota que realiza fotossíntese e consequentemente diminuindo a taxa de oxigênio dissolvido(OD) na água

### 3.6 ZONEAMENTO AMBIENTAL

O zoneamento Ambiental é definido como sendo a delimitação de setores ou zonas em um município, com objetivos de conceder uma diretriz para regulamentar os usos dos espaços, proporcionando meios e as condições para que aconteça a ocupação de maneira adequada (DA SILVA; MACIEL; MOREIRA, 2013).

Segundo Silva (2009) evidencia que entre o zoneamento urbano e ambiental, do ponto de vista técnico, não se vê diferença, já que ambos se destinam à repartição do uso do solo. O Zoneamento Ambiental é mais amplo que o urbano e tem como objetivo primordial a proteção do meio ambiente. O zoneamento ambiental foi previsto como um dos instrumentos da PNMA (Política Nacional do Meio Ambiente) – Lei 6.938/81. Embora , o zoneamento ambiental seja resultado de um processo político administrativo, os conhecimentos técnicos e científicos bem como a participação dos setores privados e da sociedade civil são primordiais para que ele seja adequado à realidade ambiental e socioeconômica da área a ser zoneada e também para que o mesmo seja passível de ser executado em sua plenitude (DE SOUZA, 2013).

A PNMA estabelece, além de o zoneamento ambiental, outros 12 instrumentos a serem utilizados de forma articulada, estando entre eles a Avaliação de Impactos Ambientais, o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras e a criação de espaços territoriais especialmente protegidos. O zoneamento ambiental está

relacionado à determinação da capacidade de suporte do meio, o que permite sua ligação com a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), instrumento responsável por analisar a viabilidade ambiental de PPPP – Políticas, Planos, Programas e Projetos (MONTAÑO et al., 2005).

### 3.7 MAPEAMENTO DE RISCOS DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES

A cartografia auxilia na identificação e diagnóstico de áreas de risco sendo muito difundida em diversas cidades brasileiras, surgindo então várias metodologias, que de forma geral, têm como base a combinação de dados e informações referentes a aspectos geológicos (litologia), geomorfológicos (declividade, hipsometria) e de uso do solo (tipologias de ocupação, tipos de vegetação) e outras variáveis dependendo do objeto de estudo (HORA; GOMES, 2009).

Segundo Tucci (2005) os mapas de inundação de cidades podem ser de dois tipos: mapas de planejamento e mapas de alerta. Os mapas de planejamento definem as áreas atingidas por cheias de tempo de retorno escolhidos. Já os mapas de alerta são preparados com valores de cotas em cada extremidade da área de risco permitindo o acompanhamento da enchente pelos moradores, com base nas observações do nível de água em relação às réguas.

O mapeamento de áreas de risco de inundação é uma ferramenta auxiliar muito importante no controle e prevenção das inundações (ENOMOTO, 2004). Segundo Marcelino ;NUNES; KOBAYAMA ; 2006) argumentam que um dos instrumentos de análise de risco mais eficiente é o mapeamento de áreas de risco.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 CLASSIFICAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA

Neste trabalho, foi realizada uma pesquisa de campo, exploratória e aplicada.

### 4.2 ÁREA DO ESTUDO

O município de Lucena está localizado nas coordenadas geográficas de Lat: 6°53' 57" S e Long: 34°52'9" W. Sua área de unidade territorial é de 93,800 km<sup>2</sup>, pertence a Mesorregião da Mata Paraibana e da Microrregião de João Pessoa. Seu bioma é de Mata Atlântica (IBGE, 2019). Sua população estimada é de 13.214 (IBGE, 2020) e densidade demográfica estimada é 131,88 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).



**Figura 4-** Comunidade Carrapeta



Fonte: Autoria própria (2020).

**Figura 5-** Trecho do rio Caboclo interrompido pela rua David Falcão



Fonte: Autoria própria (2020).

#### 4.4 ANÁLISE DO RISCO DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES DO RIO CABOCLO

Adotou-se os critérios de análise e de classificação de riscos para ocupações urbanas submetidas a processos de enchentes e inundações do Ministério das Cidades (BRASIL, 2007).

Os três critérios analisados serão descritos abaixo:

##### I. Análise dos cenários de risco e potencial destrutivo dos processos hidrológicos ocorrentes.

O primeiro critério de análise refere-se à identificação do cenário hidrológico presente em cada área a ser investigada.

Nesse sentido, e de forma orientativa, podem-se considerar as tipologias de processos hidrológicos referentes aos respectivos cenários de risco anteriormente descritos:

- a) Processo hidrológico 1: enchente e inundação lenta de planícies fluviais - C1;
- b) Processo hidrológico 2: enchente e inundação com alta energia cinética - C2;
- c) Processo hidrológico 3: enchente e inundação com alta energia de escoamento e capacidade de transporte de material sólido - C3.

Cada um dos processos hidrológicos comumente ocorrentes será utilizado como critério de análise e de periculosidade na medida em que consistem em processos com diferente capacidade destrutiva e potencial de danos sociais e econômicos em função da sua magnitude, energia de escoamento, raio de alcance lateral e extensão e impacto destrutivo.

##### II. Vulnerabilidade da ocupação urbana

O segundo critério para análise de risco refere-se à vulnerabilidade da ocupação urbana presente em cada área de risco. A avaliação da vulnerabilidade compreende a análise do padrão construtivo considerando basicamente duas tipologias construtivas:

- a) alta vulnerabilidade de acidentes (V1): baixo padrão construtivo onde predominam moradias construídas com madeira, madeirite e restos de material com baixa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos;

b) baixa vulnerabilidade de acidentes (V2): médio a bom padrão construtivo onde predominam moradias construídas em alvenaria com boa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.

### III. Distância das moradias ao eixo da drenagem

O terceiro critério para análise de risco refere-se à distância das moradias ao eixo da drenagem, logicamente considerando o tipo de processo ocorrente na área e o raio de alcance desse processo. Intrinsecamente neste critério há embutida a frequência de ocorrência: fenômenos com maior raio de alcance estão associados a eventos de maior magnitude e de menor tempo de retorno em termos estatísticos tendo as chuvas como agente deflagrador do processo.

a) alta periculosidade (P1): alta possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo;

b) baixa periculosidade (P2): baixa possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo.

### IV. Definição de Níveis de Risco

A definição de níveis relativos de risco considerando os 3 critérios e parâmetros de análise de risco pode ser desenvolvida considerando diferentes arranjos entre os mesmos. São definidos nessa análise 4 níveis de risco: Risco Muito Alto (Ma), Risco Alto (A), Risco Médio (M) E Risco Baixo (B). Descreve-se a seguir a análise de risco de enchentes e inundações segundo os três critérios adotados.

**Quadro 1-** Grau de risco preliminar segundo arranjo entre cenários hidrológicos e vulnerabilidade das habitações

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
<b>V1</b>	M	A	MA
<b>V2</b>	B	M	A

Fonte: CARVALHO *et al.* (2007).

**Quadro 2-** Grau de risco final segundo arranjo considerando os cenários hidrológicos, vulnerabilidade das habitações e periculosidade do processo segundo a distância das moradias do eixo de drenagem

	<b>P1</b>	<b>P2</b>
<b>C1 X V1</b>	M	B
<b>C1 X V2</b>	B	B
<b>C2 X V1</b>	A	M
<b>C2 X V2</b>	M	B
<b>C3X V1</b>	MA	A
<b>C3 X V2</b>	A	M

Fonte: CARVALHO *et al.* (2007).

No resultado final dos arranjos considerando os três critérios tem-se:

**Cenário de risco muito alto (MA) – Risco R4:**

- a) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C3) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1).

**Cenário de risco alto (A) – Risco R3:**

a) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C3) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

b) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C3) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);

c) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1).

**Cenário de risco médio (M) – Risco R2:**

a) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C3) atingindo moradias de bom

padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

b) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P2);

c) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);

d) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1).

#### **Cenário de risco baixo – Risco R1:**

a) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);

b) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

c) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

d) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2).

Com base nos níveis de risco segundo o arranjo analisado para os critérios adotados, pode-se fazer a pré-setorização espacial de risco, em fotos aéreas de baixa altitude ou em bases cartográficas de grande escala.

Após a realização da setorização preliminar iniciam-se os levantamentos de campo para análise mais detalhada dos processos hidrológicos ocorrentes, vulnerabilidade das moradias e periculosidade da área ocupada. Tais critérios e outros dados de interesse, bem como a indicação do grau de risco, fazem parte do conteúdo das fichas de cadastro.

Com os dados do levantamento de campo faz-se a síntese final da setorização de risco dos setores de baixada, com a delimitação dos compartimentos com os diferentes graus de risco de enchentes e inundações.

#### 4.5 GESTÃO INTEGRADA DE RISCO AS INUNDAÇÕES

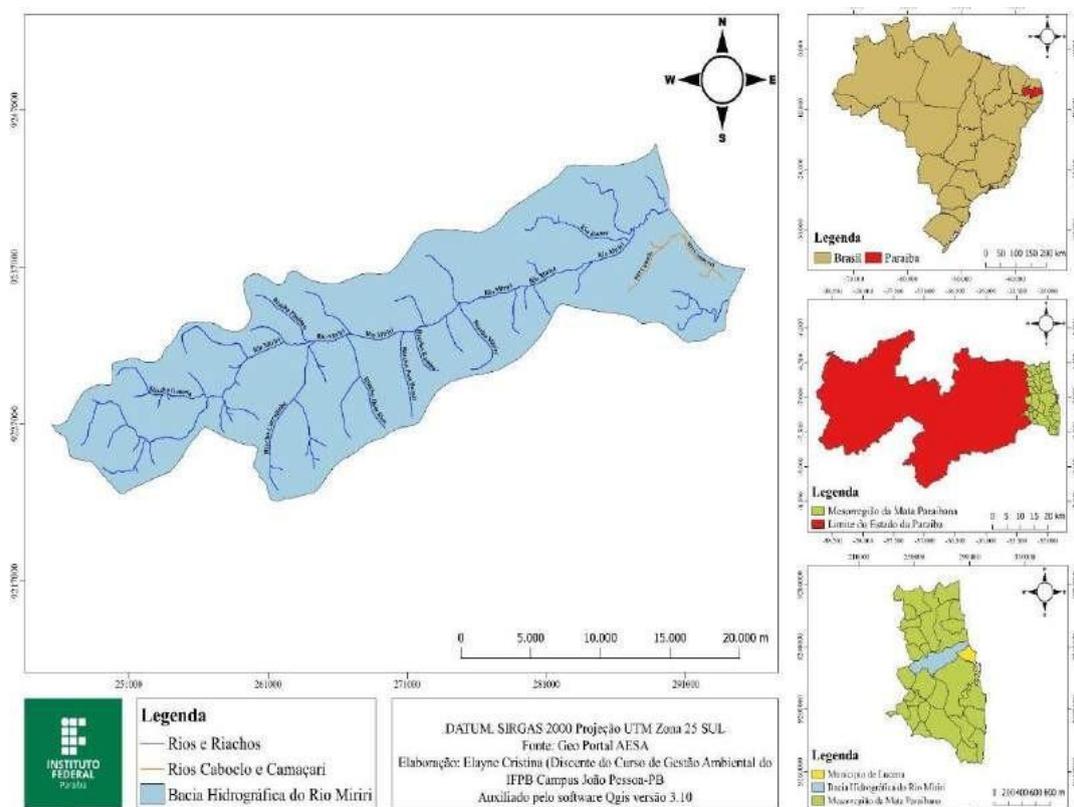
Esse trabalho utilizou como base para elaboração de propostas de gestão integrada de risco as inundações o folheto virtual intitulado Cidades e Inundações: Um Guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI um resumo para os formuladores de políticas (JHA; BLOCK; LAMOND, 2012). Esse guia relata vários eventos de inundações globais e experiências de enfrentamento do problema. Também foram lidos artigos científicos que auxiliaram no conhecimento necessário para o desenvolvimento deste item.

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 ÁREA DO ESTUDO

A bacia hidrográfica do Miriri distribui-se completa e parcialmente nos Municípios de: Capim, Lucena, Rio Tinto e Santa Rita. Um dos afluentes da bacia Miriri é o rio Caboclo e o rio Camaçari que percorrem todo o território do Município de Lucena-PB. O rio Caboclo possui classe de enquadramento de ordem 2 (AESAs, 2013). O comprimento do rio Caboclo é 6.019.756 km. E o comprimento do rio Camaçari é 4.127318 km. Logo, abaixo temos na figura 4 um mapa de localização da área de estudo com suas respectivas bacias hidrográficas.

**Figura 6-** Mapa de localização da área de estudo e suas respectivas bacias hidrográficas



Fonte: Autoria própria (2021).

O rio Caboclo sofre vários impactos ambientais de origem antrópica, oriundas principalmente da urbanização. Em todos os trechos (P1, P2, P3 e P4) são observados resíduos sólidos dentro e ao redor da bacia. Na área de estudo há deficiência no gerenciamento dos resíduos sólidos conforme pode ser visualizado nas figuras 6, 7, 8 e 9 e das políticas de educação ambiental. A população utiliza essa água para abastecimento, balneabilidade, irrigação e pesca.

**Figura 7-** Presença de Resíduos Sólidos no trecho 1 do rio Caboclo



Fonte: Autoria própria (2020)

**Figura 8-** Presença de Resíduos Sólidos no trecho 2 do rio Caboclo



Fonte: Autoria própria (2020)

**Figura 9-** Presença de Resíduos sólidos domiciliares e da construção civil nas margens do trecho 3 do Rio Caboclo



Fonte: Aatoria própria (2020).

**Figura 10-** Resíduos sólidos domésticos nas margens do trecho 4 do rio Caboclo



Fonte: Aatoria própria (2020).

O uso indevido do solo resultante da ocupação irregular nas margens do rio Caboclo ocasionou a supressão da vegetação ciliar. A mata ciliar é muito importante para diminuir o processo de erosão das margens e conseqüentemente o assoreamento. A deposição de sedimentos e nutrientes pode levar a formação de uma vegetação não natural que provocará a diminuição da largura do rio diminuindo a seção transversal, comprimindo-o em alguns trechos, dessa forma aumenta o risco de enchentes.

O depósito de sedimentos no fundo da rede de drenagem do rio é acentuado pelas chuvas e pela ausência da vegetação ciliar. A associação entre o assoreamento do leito com a formação da vegetação não natural que reduz ainda mais a seção potencializa a ocorrência de enchentes e inundações na área do estudo.

**Figura 11-** Supressão da vegetação ciliar próxima a área das casas na Comunidade “Carrapeta” e presença de vegetação não natural



Fonte: Autoria própria (2020)

**Figura 12-** Ausência de vegetação ciliar e sinais de assoreamento no trecho 2 do rio Caboclo



Fonte: Autoria própria (2020).

**Figura 13-** Visualização de compressão do rio devido ao assoreamento no trecho 4 do rio Caboclo



Fonte: Autoria própria (2020).

Em todos os trechos do rio Caboclo que foram analisados, observou-se que há grande interferência da urbanização, devido a presença de residências, estabelecimentos comerciais e ruas, como visualizados nas figuras 10,11, 12 seguintes.

Segundo Tucci (2008), o Brasil atravessa um processo de urbanização, que acarreta problemas relacionados com a infraestrutura de água no ambiente urbano, destacando: a falta de tratamento de esgoto; ocupação do leito de inundação ribeirinha; impermeabilização e canalização dos rios urbanos com aumento da vazão de cheia e sua frequência; aumento da carga de resíduos sólidos e da qualidade da água pluvial sobre os rios próximos das áreas urbanas; e deterioração da qualidade da água por falta de tratamento dos efluentes.

Outro problema que é evidenciado é a insuficiência de sistema de esgotamento sanitário, muitas casas apresentam sistema de fossa para tratamento dos efluentes domésticos. Há criação de animais que acessam e ingerem a água do rio e de pessoas que pescam que também são prejudicadas pela deficiência na qualidade da água.

**Figura 14-** Casas próximas as margens no trecho 1 do rio Caboclo Comunidade Carrapeta



Fonte: Autoria própria (2020).

**Figura 15-** Casas nas margens trecho 2 do rio Caboclo



Fonte: Autoria própria (2020).

**Figura 16-** Presença de construções próximas as margens do trecho 3 do Rio Caboclo



Fonte: Autoria própria (2020).

**Figura 17-** Área urbanizada nas margens do trecho 4 do rio Caboclo



Fonte: Autoria própria (2020).

Foram visualizadas a presença de vegetação aquática e aspecto esverdeado da cor da água em alguns trechos, sugerindo que pode haver sinais de eutrofização. Porém, para essa confirmação seria fundamental a realização de análises laboratoriais para avaliar a ocorrência desse fenômeno. No período do estudo, houve certas limitações de acesso aos laboratórios da Instituição de Ensino devido a pandemia da COVID-19.

**Figura 18-** Presença de vegetação aquática no trecho 2 do rio Caboclo



Fonte: Autoria própria (2020).

**Figura 19-** Vegetação aquática no trecho 4 do rio Caboclo



Fonte: Autoria própria (2020).

**Figura 20-** Aspecto turvo da água no trecho 3 do rio Caboclo



Fonte: Autoria própria (2020).

**Figura 21-** Presença de porco doméstico ingerindo água no trecho 2 do rio Caboclo



Fonte: Autoria própria (2020).

**Figura 22-** Pessoas pescando no trecho 2 do rio Caboclo



Fonte: Aatoria própria (2020).

Nas imagens anteriores 17, 18 ,19, 20 e 21 nota-se que o rio Caboclo está sofrendo grande processo de degradação devido urbanização desordenada. As baixas condições de qualidade do rio afetam diretamente a saúde pública e a vida aquática.

## 5.2 ANÁLISE DE RISCOS DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES DO RIO CABOCLO

Segundo a metodologia do Ministério das Cidades para análise e classificação de riscos para ocupações urbanas submetidas a processos de enchentes e inundações, primeiramente são analisados 3 critérios para em seguida serem definidos os níveis de risco.

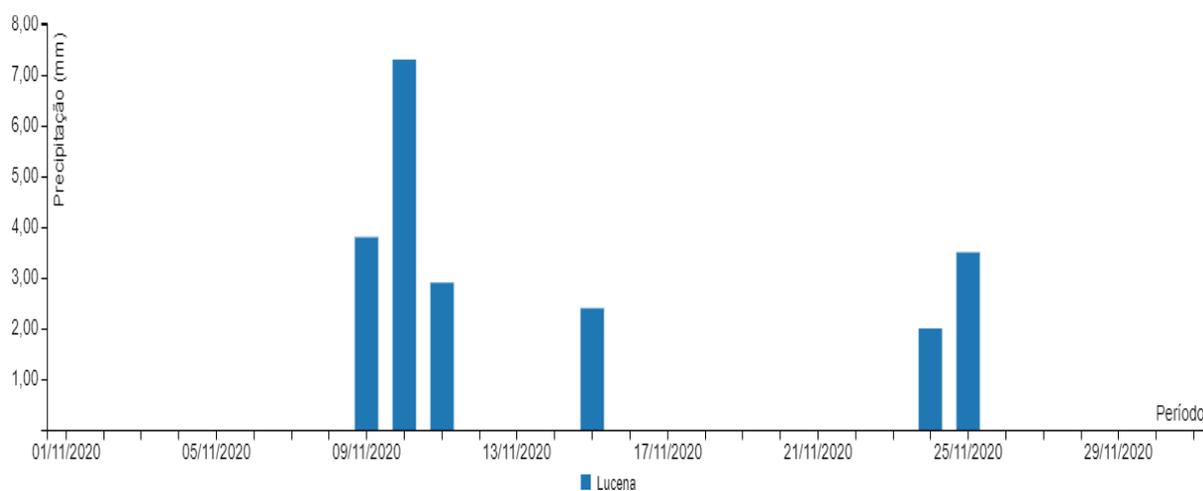
Em relação ao 1 ° critério denominado análise dos cenários de risco e potencial destrutivo dos processos hidrológicos ocorrentes, a área de estudo foi classificada como processo hidrológico 1: enchente e inundação lenta de planícies fluviais- C1. O segundo critério é a vulnerabilidade da ocupação urbana que foi classificada como sendo de baixa

vulnerabilidade de acidentes (V2) representadas pelas casas de média a bom padrão construtivo (alvenaria).

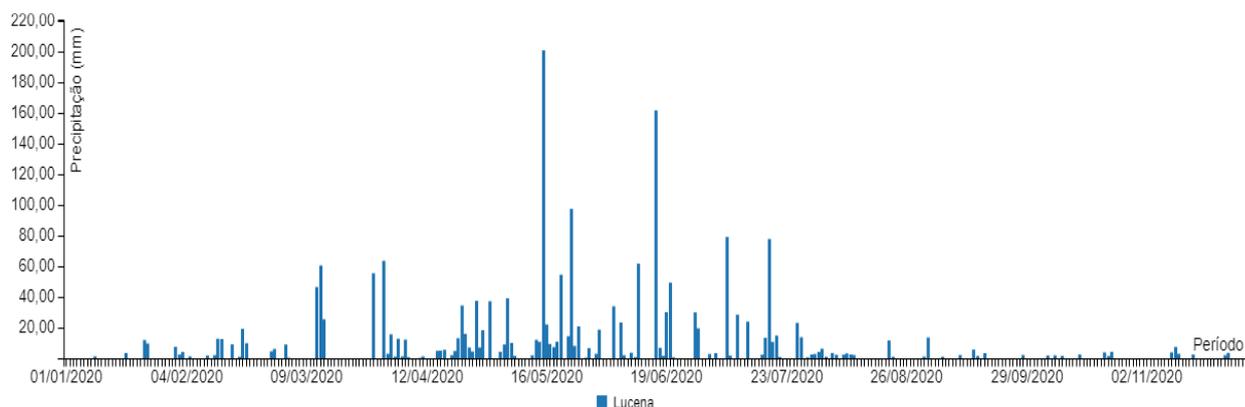
O terceiro critério representa a distância das moradias ao eixo de drenagem sendo classificado como de alta periculosidade (P1), onde há alta possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo.

Em relação a definição dos níveis de risco de acordo com o quadro abaixo, a área de estudo foi classificada como sendo de risco baixo- Risco R1. Porém, deve-se levar em consideração a morfologia do relevo da área (planície), a alta pluviosidade, como pode ser visualizado nos gráficos de precipitação média mensal e anual nas figuras 22 e 23, os aspectos da urbanização como a impermeabilização do solo que dificulta a infiltração pluvial, facilitando o escoamento superficial das águas como também todos os impactos antrópicos listados anteriormente principalmente a supressão da vegetação ciliar e o assoreamento que contribuem diretamente na ocorrência de enchentes e inundações na área.

**Figura 23-** Pluviosidade média mensal Novembro e Dezembro de 2020 do município de Lucena-PB



Fonte: AESA , (2020)

**Figura 24-** Pluviosidade média anual do município de Lucena-PB

Fonte: AESA (2020).

**Quadro 3–** Grau de risco final segundo arranjo considerando os cenários hidrológicos, vulnerabilidade das habitações e periculosidade do processo segundo a distância das moradias ao eixo de drenagem.

	<b>P1</b>	<b>P2</b>
<b>C1 X V1</b>	M	B
<b>C1 X V2</b>	B	B
<b>C2 X V1</b>	A	M
<b>C2 X V2</b>	M	B
<b>C3X V1</b>	MA	A
<b>C3 X V2</b>	A	M

Fonte: CARVALHO *et al.* (2007).

### 5.3 GESTÃO INTEGRADA DO RISCO DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES

#### URBANAS

As medidas de gestão de inundação são descritas principalmente como estruturais e não estruturais. As medidas estruturais, como o próprio nome sugere são “medidas construtivas” (represas, melhoramento do canal do rio, reservatórios de retenção). Elas visam diminuir o risco de inundação controlando o fluxo de água tanto fora quanto dentro dos assentamentos urbanos. Já as medidas não estruturais são aquelas que buscam reduzir os danos ou as consequências das inundações, através da elaboração de normas, regulamentos e programas que englobem a gestão do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem (MACHADO; POLEZA, 2017).

A abordagem integrada da gestão dos riscos a inundações tem se mostrado mais eficaz, pois abrange várias medidas (estruturais e não estruturais) além de levar em consideração o tempo (curto, médio e longo prazo) para cada ação que deverá ser tomada. No município de Lucena-PB o histórico de enchentes e inundações é recorrente devido as características geográficas, mau planejamento urbano e os impactos ambientais que influenciam a ocorrência desse fenômeno.

Para elaboração de medidas estruturais são imprescindíveis estudos mais aprofundados e técnicos da área de Engenharia para avaliar as particularidades e recursos que serão necessários do município. Analisando os aspectos socioambientais da área foram levantadas como possibilidades de ação as seguintes medidas não estruturais:

- Ações educacionais para conscientizar a população das causas e como prepará-los para enfrentar as enchentes. Auxiliar na compreensão do seu papel no processo de ocorrência do problema e de que forma podem contribuir no combate às enchentes. Estimular sua participação no Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte.
- Identificar as áreas de risco a inundações através da elaboração de mapas de inundações;
- Planejamento do uso e ocupação do solo;
- Plano Municipal de Saneamento Básico;
- Previsão de cheia e Plano de evacuação;
- Reflorestamento da vegetação ciliar;
- Tratamento de Efluentes domésticos;
- Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos;
- Estudos para controle de erosão e do assoreamento do rio;
- Educação ambiental;
- Zoneamento;
- Avaliação de retirada de construções irregulares .

Para que essas medidas sejam tomadas é muito importante a participação do Poder Público Municipal e Estadual, da Sociedade Civil e das Instituições de Ensino e Pesquisa. Um dos principais obstáculos é a escassez de estudos na bacia estudada e também desinteresse da gestão pública nas questões ambientais. Uma boa parte da população não tem conhecimento do poder de reivindicação de seus direitos e se torna passiva “acostumando-se” a essa realidade.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de planejamento urbano e territorial acarreta inúmeros problemas socioambientais, sendo o zoneamento das áreas urbanas uma importante ferramenta para diminuir os riscos de desastres socioambientais. As ações antrópicas influenciam diretamente na ocorrência de desastres ambientais como os deslizamentos, as enchentes e as inundações. O problema da pesquisa foi avaliar se há riscos de enchentes e inundações no rio Caboclo, localizado no Município de Lucena-PB, visto que a área de estudo apresenta fatores ambientais predisponentes para esses eventos.

Os resultados obtidos deste estudo são importantes para o meio acadêmico devido à escassez de informações na área estudada, além de contribuir para a sociedade que é a principal afetada pelos riscos ambientais. Nesta pesquisa, foram identificados os impactos antrópicos sendo estes: presença de resíduos sólidos dentro e ao redor do rio Caboclo, uso indevido do solo que pode ser visualizado pela presença de casas próximas as margens do rio, ruas e estradas que desviam o percurso natural do rio, desmatamento da vegetação ciliar (vegetação natural que fica às as margens do rio), assoreamento e formação de vegetação não natural. Essas ações humanas contribuem para ocorrência de enchentes e inundações no Município.

Após a identificação dos impactos antrópicos foi realizada a análise dos riscos de enchentes e inundações seguindo a metodologia do Ministério das Cidades, que resultou em Baixo Risco. Mesmo sendo classificada como área de Baixo Risco deve-se considerar os fatores ambientais que potencializam esses riscos e a falta de planejamento da gestão pública para enfrentamento do problema. Essa pesquisa, apesar de ter tido limitações devido a Pandemia da COVID-19 alcançou seus objetivos. São necessários que mais estudos sejam realizados na área para auxiliar na elaboração de medidas de gestão integrada de riscos de enchentes e inundações mais eficazes.

## REFERÊNCIAS

- AESA, **Agência Executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba**. 2013. Disponível em: [www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/litoral-norte/](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/litoral-norte/). Acesso em: 02 out. 2020.
- ALBUQUERQUE, A. W. LOMBARDI, F.N ; SRINIVASAN, S.V; SANTOS,J.R Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 136-. 141, jan./abr. 2002
- ALMEIDA, J. W. L.; SANTOS, I. S.; VELOSO, G. A.; LEITE, M. E. **Geotecnologias aplicadas ao uso do solo: estudo de caso bacia do Vieira no município de Montes Claros**. In: XVI Encontro Nacional de Geógrafos, 2010, Porto Alegre - RS. Anais do XVI Encontro de Geógrafos Brasileiros, Porto Alegre, 2010. p. 1-11.
- ALVES, E.D. S. **Influência da expansão urbana no desenvolvimento de processos erosivos na cidade de Bauru**. 2008.
- ANDREOLI, Cleverson V. *et al.* **A crise da água e os mananciais de abastecimento – a disponibilidade de água na RM de Curitiba**. In: ANDREOLI, C.V. (org.) Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão – Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba: Sanepar, Finep, 2003. p. 35-84.
- BAHIA, V.G.; CURI, N.; CARMO, D.; MARQUES, J.J.G.S.M. Fundamentos de erosão do solo. **Informe agropecuário**. Belo Horizonte, v.16, n.176, p.25-31, 1992.
- BEYERS, R.J.; ODUM, H.T. **Ecological Microcosms**. Springer Verlag, New York, NY, 557 p.1993
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.**
- CARVALHO, C. S. *et al.* **Gestão e Mapeamento de Riscos Socioambientais. Ministério das Cidades Curso de Capacitação**, p. 1-193, 2007. Gestão e Mapeamento de Riscos Socioambientais.
- CASTRO, C. M; PEIXOTO, M. N. O; RIO, G. A. P. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 11-30, 2005.

CHARLTON, R. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. New York: Taylor & Francis, 2008.

CERRD. Centro de Excelência para a Redução do Risco de Desastres da UNISDR. **Terceira Conferência das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres, 2015, Sendai. Síntese e Resultados**. Sendai: United Nations International Strategy for Disaster Reduction – UNISDR, 2015. Disponível em: <<https://unisdr-cerrd.wikispaces.com>. Acesso em: 05 mar .2020.

CERRI e, L. E. S; AMARAL, C. P. **Riscos Geológicos. In: Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

CHECCHIA, T. **Avaliação de Perda de Solo por Erosão Hídrica e Estudo da Energia na Bacia do Rio Caeté**, Alfredo Wagner - Santa Catarina. Florianópolis, 2005. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina.

COBRADE, **Codificação e classificação Brasileira de Desastres**. 2012. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf> Acesso em: 14 de fev.2020.

DA SILVA, Marcos Roberto Alves; MACIEL, Luciana Santos da Costa; MOREIRA, Márcia de Freitas. Zoneamento Ambiental- Um estudo de caso do Processo de Uso e Ocupação do solo no município de Uberlândia. **Revista Geografia em Atos**, Presidente Prudente, ano 2013, v. 1, ed. 13, p. 66-87, 2013. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/1735>. Acesso em: 8 mar. 2021.

DE SOUZA, Carina Siqueira. O papel do Zoneamento Ambiental no Planejamento Municipal. **PIDCC**, Aracaju, ano 2013, n. 4, p. 154-175, 2013. Disponível em: [http://pidcc.com.br/artigos/042013/042013\\_11.pdf](http://pidcc.com.br/artigos/042013/042013_11.pdf). Acesso em: 8 mar. 2021.

DICIONÁRIO PRO. **Assoreamento**. 2011. Disponível em: <http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Assoreamento>. Acesso em: 01 jun 2019.

EGLER, C. A. G. **Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à zona costeira brasileira**. In: Revista Território. v. 1. Rio de Janeiro: LAGET/UFRJ, 1996.

ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná**. Curitiba. dissertação (Mestrado em Eng. de Recursos Hídricos). Universidade Federal do Paraná , 122 f. 2004.

GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de tecnologia; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000.

GENZ, F.; TUCCI, C. E. M. Infiltração em Superfícies Urbanas. **Revista Brasileira de Engenharia**. Caderno de Recursos Hídricos, v. 13, n. 1, p. 105- 124, jun. 1995.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. **Considerações sobre as inundações no Brasil**. UFSC, 2005. Disponível em: [http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABRH2005\\_inundacoes.pdf](http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABRH2005_inundacoes.pdf). Acesso em: 2 fev. 2021.

GUERRA, A. J. T. **O Início do Processo Erosivo** In: Botelho, R. G. M.; Guerra, A. J. T.; Silva, A. S. Erosão e Conservação do Solo: Conceitos Tema e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

HORA, Silmara Borges da; GOMES, Ronaldo Lima. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. **Sociedade e Natureza** (Online), Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 57-75, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a05v21n2.pdf> Acesso em: 17 fev. 2020.

HENRY, R., TUNDISI, J.G., CURI, P.R. Fertilidade Potencial em Ecossistemas Aquáticos: Estimativa através de Experimentos de Eutrofização Artificial. **Ciência e Cultura**. v.35, n.6, p.789-800, 1983.

HUGGETT, R. J. **Fundamental of geomorphology**. 2. ed. New York: Taylor & Francis, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Informações sobre Densidade Demográfica do Município de Lucena-PB**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/lucena>. Acesso em: 01 fev. 2021

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. **Informações sobre Bioma do Município de Lucena-PB**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/lucena>. Acesso em: 01 fev. 2021

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. **Informações Populacionais do Município de Lucena-PB** Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/lucena>. Acesso em: 01 fev. 2021

IPCC, **INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE** - 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: 5 de mar. 2020

JHA, A. K; BLOCH, R.; LAMOND, J. **Cidades e inundações Um guia para Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o século XXI: Um Resumo para os Formuladores de Políticas**. Washington: Banco Mundial, 2012. 54 p. Disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacaoe/s/cidades\\_e\\_inundacoes.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacaoe/s/cidades_e_inundacoes.pdf). Acesso em: 6 jan. 2021.

KRON, W. **Keynote lecture: Flood risk = hazard x exposure x vulnerability.** **Proceedings of Second International Symposium of Flood Defense**, Beijing, pp 82-97, 2002.

LIMA, Herlander Mata. **Introdução à Modelação Ambiental: Erosão Hídrica.** Funchal (Portugal), 2010.

LIMA, N. R.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, C. Clima urbano no Brasil: Análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. **Revista Geonorte**. V. 2, n. 5, p. 626-638, 2012.

MACHADO, O. J.; POLEZA, M. M. **Medidas Estruturais e Não Estruturais implementadas para minimizar impactos com as Inundações no Município de Taió.** Artigo publicado pelo Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí (UNIDAVI). 2017. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wpcontent/uploads/2017/09/Orli-Jos%C3%A9-Machado.pdf>. Acesso em: 06 jan.2021

MARCELINO, E. V., NUNES, L. H., KOBIYAMA, M. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. **Caminhos da Geografia** (UFU), Uberlândia, v.7, n.17, p.72-84, 2006.

MONTAÑO, M. et al. A necessidade de incorporação do zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e gestão territorial urbana. In: **International Congress on Environmental Planning and Management**, 2005, Brasília. **Proceedings...** Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2005. p. 1 – 22.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano.** São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, 25).

MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion and Conservation.** 3ª ed. BlackWell, 2005. 304p.

MUNIZ, F. G. L; CARACRISTI, I. Urbanização, conforto térmico e Análise sazonal microclimática da Cidade de Sobral (CE). **Revista Casa da Geografia de Sobral**, Sobral CE, v. 17, ed. 1, p. 4-17, 2015. Disponível em: cesso em: 9 set. 2020.

PROGRAMA das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos ONU HABITAT. 1. ed. Nairóbi GPO ,Quênia: UNO HABITAT For a Better Urban Future, 2015. Guia. Disponível em: [https://urbanismo.mppr.mp.br/arquivos/File/DIRETRIZES\\_ONU\\_PLANEJAMENTO\\_URBANO\\_E\\_TERRITORIAL\\_Portuguese.pdf](https://urbanismo.mppr.mp.br/arquivos/File/DIRETRIZES_ONU_PLANEJAMENTO_URBANO_E_TERRITORIAL_Portuguese.pdf). Acesso em: 5 out. 2020.

RICARDO, V .P. **Projeto de Recuperação das Matas Ciliares.** 2008. Monografia (Para obtenção de título em Bacharel em Administração) - Faculdade Centro Paulista de Ibitinga, Ibitinga-SP, 2008. Disponível em: <<https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio>>. Acesso em: 21 maio 2019.

SÁNCHEZ, L.H. **valiação de impacto ambiental: Conceitos e métodos.** 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos. 583p.2013

SANTOS, R. F; CALDEYRO, V. S. **Vulnerabilidade Ambiental: desastres ambientais ou fenômenos induzidos?** In: SANTOS, R. F.(Org.) Brasília: MMA, cap. 2, p. 13-212007

SANTOS, Ana Carolina Nogueira; CARVALHO, Luiz Eugênio Pereira. Mapeamento dos Municípios Paraibanos atingidos por Enchentes/Inundações e Levantamento dos Instrumentos e/ou Medidas de Gestão de Riscos: Uma interpretação a partir do MUNIC/IBGE/2013. **Revista GeoSertões**, Campina Grande-PB, v. 2, n. 3, p. 51-74, jan/jun.2017. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/geosertoes/index>. Acesso em: 24 set. 2020.

SILVA, M. S. L. da. **Estudos da erosão**. EMBRAPA-CPATSA, 1995.

SILVA, José Afonso da. Direito ambiental constitucional. São Paulo: Malheiros, 2009.

SOUZA, L. B; ZANELLA, M. E. **Percepções de Riscos Ambientais: teorias e aplicações**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

TAGLIANI, C. R. A. **A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado**. UFRS, Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 252f. 2002.

TUCCI, C. E. M. **Gestão das inundações urbanas. Global Water Partnership**. Edição em arquivo digital. Brasília, 2005.

TUCCI, C.E.M ; BERTONI, JC.(Org) 2003. Inundações Urbanas na América do Sul. 1ª Ed; Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre -RS.

TUCCI, C.E.M. Águas urbanas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 97 – 112. 2008.

TUNDISI, J.G. Ambiente, Represas e Barragens. **Revista Ciência Hoje**. v.5, n.27, p. 48-54, 1986

VALENTE, Osvaldo Ferreira; GOMES, Marcos Antônio. **Conservação de Nascentes: Hidrologia e Manejo de Bacias Hidrográficas de Cabeceiras**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005.

ZANELLA, M. E.; MOURA, M. O. **O clima das cidades do Nordeste brasileiro: contribuições no planejamento e gestão urbana**. *Revista da ANPEGE*, v. 9, p. 75- 89, 2013. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/viewFile/6493/3474>. Acesso em 23 fev. 2020.