



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

CAIO YAN PORFIRIO DE BRITO

VALDINEY ABREU COSTA

**A OCUPAÇÃO DE ÁREAS A JUSANTE DE BARRAGENS: UMA ANÁLISE DA  
VULNERABILIDADE POPULACIONAL NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA,  
BRASIL**

TUCURUÍ  
2021

CAIO YAN PORFIRIO DE BRITO

VALDINEY ABREU COSTA

**A OCUPAÇÃO DE ÁREAS A JUSANTE DE BARRAGENS: UMA ANÁLISE DA  
VULNERABILIDADE POPULACIONAL NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA,  
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Dr. Júnior Hiroyuki Ishihara

TUCURUÍ  
2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

B862o Brito, Caio Yan Porfirio de.  
A ocupação de áreas a jusante de barragens: uma análise da vulnerabilidade populacional no município de Tucuruí-Pa, Brasil / Caio Yan Porfirio de Brito, Valdiney Abreu Costa . — 2021.  
89 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Júnior Hiroyuki Ishihara  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2021.

1. Ruptura de barragens. 2. Ocupação urbana. 3. Vulnerabilidade populacional. I. Título.

CDD 620.8

---

CAIO YAN PORFIRIO DE BRITO

VALDINEY ABREU COSTA

**A OCUPAÇÃO DE ÁREAS A JUSANTE DE BARRAGENS: UMA ANÁLISE DA  
VULNERABILIDADE POPULACIONAL NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA,  
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da aprovação: 14/12/2021

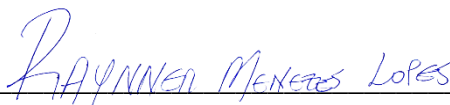
Conceito: Excelente

**BANCA EXAMINADORA**



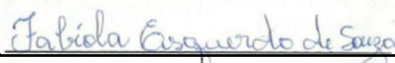
---

Prof. Dr. Júnior Hiroyuki Ishihara -  
FAESA-NDAE-UFGA (Orientador)



---

Prof. Dr. Raynner Menezes Lopes -  
FAESA-CAMTUC-UFGA (Examinador Interno)



---

Prof.<sup>a</sup> Esp. Fabíola Esquerdo de Souza -  
CETAM (Examinador Externo)

À nossa família e amigos que nos apoiaram durante esta jornada e também a todos aqueles que residem em vale a jusante de barragens.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e a nossa senhora de Nazaré por ter me dado forças, paciência e sabedoria ao longo dessa caminhada que não foi nada fácil e sem ajuda divina eu jamais conseguiria.

Aos meus pais, Francisco Gae (Chicuta) e a minha mãe Francisca Francineide, que foram essenciais para mim durante essa jornada e não mediram esforços para que pudesse realizar esse sonho, serei grato eternamente por tudo que os dois fizeram por mim.

Ao meu irmão Victor Hugo que nunca deixou de acreditar em mim, mesmo quando estava para baixo achando que nada estava dando certo ele me apoiava falando que isso era apenas uma fase ruim e eu iria conseguir.

À minha noiva Tamires Aguiar que é uma mulher maravilhosa que conheci durante a graduação e até hoje é meu ponto de equilíbrio, meu porto seguro sendo uma pessoa que posso contar para tudo.

Ao meu amigo de pesquisa, Valdiney Abreu que se tornou um irmão para mim durante a graduação.

A todos professores da faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental que contribuíram para meu aprendizado, em especial ao professor Júnior que nos orientou da melhor forma possível nesta pesquisa.

E a toda minha família que de alguma forma sempre contribuíram e torceram pelo meu sucesso então sou grato a todos.

Caio Yan Porfirio de Brito

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que sempre me concedeu sabedoria, forças, paciência, por todas as bênçãos e proteção divina.

À minha mãe, Zilma Abreu, que nunca mediu esforços pela minha educação e nada do que eu escrever aqui será o suficiente para descrever o quão eu sou grato por ter uma mãe tão incrível.

Ao melhor professor de matemática do mundo, Rogério, por acreditar em mim, pelos conselhos e incentivos para eu não desistir da engenharia.

Aos meus melhores amigos do ensino médio - Tauana, Vanessa, Karina e Lucas -, que mesmo a quilômetros de distância sempre estiveram presentes.

À minha irmã Jéssica que é meu porto seguro em Tucuruí.

Aos meus tios, Zilnete, Antônio, Joelma, Maria Divina, José Cavalcante e Gilmar que se tornaram meus pais em Tucuruí ao longo desses anos.

Às minhas amigas de faculdade, Viviane e Heloísa, por todo o apoio durante os momentos turbulentos dessa graduação, sem elas eu não teria conseguido.

Ao meu parceiro de pesquisa, Caio Yan, que se tornou um irmão ao decorrer da graduação.

À todos os professores da faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental do Camtuc, em especial, a professora Aline, por todos os ensinamentos e paciência e, ao professor Júnior por toda a orientação durante esta pesquisa.

À minha família e a todos que sempre me ajudaram durante esta caminhada.

Valdiney Abreu Costa

“Dificuldades preparam pessoas comuns para destinos extraordinários.”

**C. S. Lewis**

## RESUMO

Os acidentes por rupturas de barragens causam grandes prejuízos ao vale a jusante do empreendimento. Apesar da evolução dos métodos de construção, sabe-se que é impossível obter-se uma situação de risco nulo em qualquer área de atividade social. Em relação a segurança da sociedade, é necessário considerar que estas infraestruturas são, na maioria das vezes, localizadas em regiões com ocupações urbanas e rurais de seu vale a jusante. Dessa forma, as consequências da ruptura de uma barragem podem ser muito graves, acarretando em problemas econômicos, sociais e ambientais. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo analisar a ocupação urbana a jusante da UHE-Tucuruí presente nas Zonas de Autossalvamento (ZAS) e estimar os Índices de Vulnerabilidade (IV) populacional ao riscos tecnológicos em uma situação de evento adverso, Perigo Estimado (PE) e Índices de Riscos (IR) no município de Tucuruí-Pa. Para atingir o objetivo, foi utilizado nesta pesquisa os metadados (*shapefiles*) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) com intuito de identificar as zonas urbanas, assim como os dados socioeconômicos do último Censo Demográfico, ano de 2010, para estimar os índices de vulnerabilidade social. Os resultados indicam que as ZAS são constituídas tanto por áreas com alta densidade de edificações (bairros consolidados do município), como também por baixa densidade de edificações (setores em expansão urbanística). Os altos índices de IV, PE e IR se concentram nos bairros periféricos localizados nas proximidades do rio Tocantins. Logo, com base nos resultados, é perceptível que uma parcela considerável da população de Tucuruí será impactada diretamente em uma situação de emergência de pior cenário e com o crescimento da malha urbana os índices de pessoas vulneráveis tendem a elevar-se com o passar dos anos.

**Palavras Chaves:** Ruptura de barragens. Ocupação urbana. Vulnerabilidade populacional.

## ABSTRACT

Accidents caused by dam break cause great damage to the valley downstream of the project. Despite the evolution of construction methods, it is known that it is impossible to obtain a zero risk situation in any area of social activity. Regarding the security of society, it is necessary to consider that these infrastructures are, in most cases, located in regions with urban and rural occupations of their downstream valleys. Thus, the consequences of a dam failure can be very serious, causing economic, social and environmental problems. In this sense, the work aims to analyze the urban occupation downstream of the UHE-Tucuruí present in the Autosalvamento Zones (ZAS) and the population Vulnerability Index (IV) to technological risks in an adverse event situation, Estimated Hazard (PE) , Risk Index (RI) in the city of Tucuruí-Pa. In order to achieve the objective, metadata (shapefiles) from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) were used in this research to identify urban areas and socioeconomic data from the last Demographic Census, year 2010, to estimate social vulnerability indices. The results indicate that the ZAS are constituted by areas with high density of buildings (consolidated neighborhoods of the municipality) and low density of buildings (sectors in urban expansion). The high rates of IV, PE and IR are concentrated in the peripheral neighborhoods located near the Tocantins River. Therefore, based on the results, it is noticeable that a considerable portion of the population of Tucuruí will be directly impacted in a worst-case emergency situation and with the growth of the urban fabric, the rates of vulnerable people tend to rise over the years.

**Keywords:** Dam break. Urban occupation. Population vulnerability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Barragem Sadd - El - Karafa, no Egito.....	26
Figura 2 - Municípios à Montante e Jusante na Área de Influência da UHE-Tucuruí.....	31
Figura 3 - Esquema de gestão compartilhada para segurança de barragens.....	34
Figura 4 - Localização Município de Tucuruí-Pa.....	41
Figura 5 - Zonas de Autossalvamento no município de Tucuruí.....	42
Figura 6 - Evolução Urbana de Tucuruí de 1970 a 2000.....	43
Figura 7 - Fluxograma metodológico de pesquisa.....	45
Figura 8 - Estrutura do corpus de pesquisa.....	47
Figura 9 - Situação dos setores censitários urbano e rural de Tucuruí-Pa.....	56
Figura 10 - Acessos rodoviários ao município de Tucuruí-Pa.....	58
Figura 11 - Cais do porto no município de Tucuruí-Pa.....	60
Figura 12 - Supermercado em Tucuruí.....	61
Figura 13 - Shopping center em Tucuruí.....	61
Figura 14 - Escola Municipal Dulcimar Brito.....	62
Figura 15 - Centro de Atenção Psicossocial de Tucuruí-Pa.....	63
Figura 16 - Ocupações desordenadas na Nova Matinha.....	65
Figura 17 - Rua no conjunto habitacional Nova Matinha.....	65
Figura 18 - Estruturas de lazer próximo das eclusas da UHE-Tucuruí.....	66
Figura 19 - Trapiches na Nova Matinha próximo da eclusa.....	66
Figura 20 - Distribuição Espacial da vulnerabilidade nas ZAS de Tucuruí-Pa.....	67
Figura 21 - Distribuição espacial do Perigo Estimado nas ZAS de Tucuruí-Pa.....	70
Figura 22 - Distribuição espacial do risco nas ZAS de Tucuruí-PA.....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais órgãos fiscalizadores de barragens no Brasil .....	20
Quadro 2 - Classificação quanto ao DPA (Acumulação de água).....	22
Quadro 3 - Acidentes de barragens pós publicação da PNSB.....	24
Quadro 4 - Exemplos de características que influenciam a vulnerabilidade populacional .....	37
Quadro 5 - Delineamento estrutural de pesquisa.....	46
Quadro 6 - Categorias de setor urbano e rural utilizado pelo IBGE.....	48
Quadro 7 - Variáveis censitárias e seus respectivos parâmetros para mensurar o Índice de Vulnerabilidade (IV).....	50
Quadro 8 - Análise da distribuição espacial do IV (Figura 20).....	68
Quadro 9 - Análises do Perigo Estimado (Figura 21) .....	71
Quadro 10 - Análise do Risco (Figura 22) .....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Somatório dos índices para a classificação .....	23
Tabela 2 - Infraestruturas relativos ao transporte .....	60
Tabela 3 - Comércio de combustíveis no município de Tucuruí.....	61
Tabela 4 - Infraestruturas de lazer e pontos de aglomerações .....	63
Tabela 5 - Infraestruturas do Governo Municipal .....	64
Tabela 6 - Classificação por Desvio Quartílico.....	68

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CAFE	Comunidade Acadêmica Federada
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBDB	Comitê Brasileiro de Barragens
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CIGB	Comissão Internacional de Grandes Barragens
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CR	Categoria de Risco
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DPA	Dano Potencial Associado
ECA	Estatuto da Criança e do Adolescente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IR	Índice de Risco
IV	Índice de Vulnerabilidade
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAE	Plano de Ação Emergencial
PE	Perigo Estimado
PIB	Produto Interno Bruto
PLANCON	Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil
PNDC	Política Nacional de Defesa Civil
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PSB	Plano de Segurança de Barragem
RILT	Região de Integração do Lago de Tucuruí
RSB	Relatório de Segurança de Barragens
SNISB	Sistema Nacional de Informações de Barragens
ZAS	Zonas de Autossalvamento

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>17</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Barragens.....</b>	<b>18</b>
3.1.1 O risco e a segurança de barragens .....	18
3.1.2 Política Nacional de Segurança de Barragens .....	20
3.1.3 Acidentes com barragens no Brasil .....	23
3.1.4 Desastres tecnológicos e as barragens .....	25
<b>3.2 Ordenamento Territorial e os Grandes Empreendimentos na Amazônia .....</b>	<b>28</b>
3.2.1 A UHE-Tucuruí e a Formação de Novos Territórios.....	30
<b>3.3 Governança de Riscos e a Segurança de Barragens .....</b>	<b>33</b>
<b>3.4 Risco e a Vulnerabilidade Populacional .....</b>	<b>35</b>
3.4.1 O Planejamento do Território na Gestão de Riscos .....	38
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Área de estudo.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2 Procedimentos metodológico .....</b>	<b>44</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>54</b>
<b>5.1 Instrumentos regulatórios e gestão de segurança da UHE-Tucuruí.....</b>	<b>54</b>
<b>5.2 Identificação de ocupação urbana no entorno das ZAS no município de Tucuruí-PA conforme metadados do IBGE. ....</b>	<b>55</b>
5.2.1 Caracterização do vale a jusante no município de Tucuruí-Pa.....	58
<b>5.3 Índice de Vulnerabilidade Populacional.....</b>	<b>67</b>
5.3.1 Perigo Estimado e Índice de Risco .....	69
<b>6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os barramentos são mecanismos de infraestrutura que fazem parte do progresso econômico, social e cultural de um país, sejam eles para abastecimento de água, mineração, uso agrícola, industrial ou geração de energia. Em contrapartida, estas construções também apresentam riscos associados, os quais devem ser analisados durante o planejamento, execução, operação e também para usos futuros (BELLADONA, 2018).

Apesar dos métodos de construção, critérios de projetos e tecnologias terem se desenvolvido ao longo do tempo (CARMO, 2013), é impossível se obter uma situação de risco zero em qualquer setor de atividade social (VISEU, 2011; ICOLD, 2005). Estes riscos podem estar envoltos em complexidades, incertezas e ambiguidades, e nesse contexto, a gestão de riscos e desastres associados às barragens precisa ser ampliada em um processo de governança de risco (RENN; KLINKE; VAN ASSELT, 2011; LOUZADA; RAVENA, 2018). Sendo assim, deve-se sempre buscar identificar e aperfeiçoar a estrutura da gestão de risco pela impossibilidade de tornar o risco nulo, promovendo a busca de novas tecnologias e também o fomento à construção de uma cultura de segurança (ESCUDE-BUENO; HALPIN, 2016; RENN, 2008).

No que tange a segurança da sociedade, necessita-se ainda levar em consideração que estas infraestruturas, muitas das vezes, se localizam em regiões com ocupações urbanas e rurais de seus vales à jusante. Nestas regiões, dependendo das características e finalidade da barragem, as consequências da onda de inundação pela ruptura do barramento podem ser muito graves, acarretando em prejuízos econômicos, sociais e ambientais, além de perdas humanas (VISEU, 2011). Tal fato prescinde de medidas de planejamento territorial para adequado uso e ocupação destes espaços, visando à prevenção e redução das vulnerabilidades na região de jusante (SOUZA; SAMPAIO, 2017). Dessa forma, ações de prevenção precisam ser planejadas de forma articulada entre o agente empreendedor, entidades do Poder Público e membros da comunidade afetada pelo risco, para atuação em cenários de emergência e desastres decorrentes do rompimento de barragens.

Especificamente, para a proteção da sociedade instituiu-se a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), através da Lei nº 12.608/2012, que instituiu um conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas destinadas a evitar desastres e minimizar seus danos para a população. A PNPDEC determina que seja dever da União, dos Estados e dos Municípios atuar na prevenção de desastres, inclusive dos efeitos produzidos pelo rompimento de barragens de usinas hidrelétricas. Desse modo, o município deve estar

preparado para atender imediatamente à população atingida por qualquer tipo de desastre, reduzindo perdas ambientais, materiais e humanas (MI, 2016). A atribuição da gestão destes riscos recai sobre o município, porque os efeitos adversos de um evento são sentidos no âmbito local. Dessa forma, os municípios devem integrar os componentes da PNPDEC aos seus Planos Diretores, especificamente nas diretrizes de uso e ocupação do solo, e estas diretrizes devem ser constituintes dos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PLANCON) dos municípios situados em regiões de jusante de barragens.

No Brasil, não existem organizações específicas oficiais que planejem o regramento do território para a ocupação do solo nas zonas situadas no vale à jusante de barragens (BELLADONA, 2018) e medidas estruturais e não estruturais precisam ser elaboradas e instaladas visando a redução do risco de emergências e desastres (CARMO, 2013). Os que mais podem ser prejudicados por um rompimento de barragens são as comunidades urbanas e rurais localizadas às margens dos rios e situadas à jusante dessas construções (VALENCIO et. al, 2009; 2010). No país, existe um aparato legal que se preocupa com o risco que a barragem apresenta ao vale, mas não há uma gestão para o controle quanto ao avanço da ocupação urbana e rural dessas regiões, ou seja, mecanismos de planejamento e ordenamento do território para regular a ocupação dessas localidades (BELLADONA, 2018).

Para este estudo, o recorte espaço-territorial envolve a região urbana do município de Tucuruí, no estado Pará, o critério de seleção está associado a existência de áreas urbanas a poucos quilômetros da UHE. Estudos enfatizam que ambientes construídos próximo à jusante de barragens agravam os danos socioeconômicos e ambientais que ocorrerão na área alagada e em suas adjacências (SANTOS, 2017). Diante disso, o município possivelmente obterá grandes perdas materiais e ambientais decorrentes da propagação da onda de cheia em uma situação de quebra da barragem, considerando um evento adverso de pior cenário (LOUZADA, 2018).

Apresentando esses fatos, este estudo visa realizar uma análise da vulnerabilidade da população potencialmente atingida caso eventos de ruptura do barramento venham a ocorrer na UHE-Tucuruí.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a vulnerabilidade populacional aos riscos tecnológicos, em caso de um rompimento.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Examinar os instrumentos regulatórios e documentos relacionados a riscos de rompimento de barragens;
- Investigar a ocupação urbana a jusante da barragem no município de Tucuruí;
- Avaliar a aplicabilidade da metodologia de Goerl, Kobiyama e Peellerin (2012) em relação a vulnerabilidade populacional;
- Analisar a influência dos índices de vulnerabilidade e correlacionar com a gestão de segurança da UHE-Tucuruí.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Barragens

As barragens são definidas como barreiras artificiais com habilidades de confinar e/ou controlar o fluxo da água, ou qualquer tipo de substância líquida, sedimentos, resíduos, com intuito de armazenar ou conter, existem diversos tipos de barragens e com uma variedade de usos que vão desde as pequenas barreiras usadas em córregos em fazendas a grandes barramentos de concreto para controle de fluxo, fornecimento de energia elétrica, irrigação e entre outros usos (CBDB, 2021).

Sua estrutura é construída transversalmente ao rio e, constituída da fundação e ombreiras, retém o curso fluxo natural ao qual pode ser implantada com diferentes técnicas e materiais, tais como: aterro, concreto, alvenaria e entre outros (ANA, 2020). De acordo com o mais recente Relatório de Segurança de Barragens (RSB) publicado pela ANA, existem 21.953 barragens cadastradas, dos mais diversos usos, tamanho e finalidades (ANA, 2021).

No entanto, segundo a Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB, 2021) uma barragem é considerada de grande porte quando possui uma altura de 15 metros, independente volume do reservatório e, 10 a 15 metros com uma capacidade de armazenamento de no mínimo três milhões de metro cúbicos. Dados do Registro Mundial de Barragens afirma que existem cerca de 59.071 barragens de grande porte cadastrado no mundo, é importante mencionar que na realidade esse número pode ser superior, pois barragens sem cadastro não são contabilizadas pela base de dados (ICOLD, 2018).

##### 3.1.1 O risco e a segurança de barragens

As situações de riscos sempre estiveram presentes nas organizações sociais, porém a vulnerabilidade ao risco tem-se desenvolvido junto com a modernização da sociedade, só que o avanço do risco não está atrelado apenas às diversas situações perigosas que o meio natural e tecnológico institui às pessoas, mas também aos comportamentos sociais, nas transformações políticas e nos discursos técnicos-científicos de segurança (ALMEIDA, 2003; BECK, 2010).

Nesse sentido, o termo risco apresenta um caráter polissêmico e pode ser exposto de diferentes formas de acordo com a área de estudo (ALMEIDA 2003; AVEN, 2010). No campo das engenharias o conceito de risco está interligado a cálculos técnicos (LOUZADA; RAVENA, 2018). Então, essa área de estudo busca mensurar o risco. Guivant (1998) explica

que o conceito de risco está relacionado a um determinado evento adverso ou ação que pode ocasionar danos que são previstos ou totalizados e, assim, estimar os níveis de aceitabilidade.

Nesse contexto, o conhecimento técnico é capaz de prever a ocorrência e os danos, por outro lado, os cálculos probabilísticos apresentam limitações e surge a incerteza dentro da conceituação de risco (LOUZADA; RAVENA, 2018). Logo, dentro desse cenário, deve-se substituir as probabilidades pelas incertezas dentro do meio de gestão de riscos tradicional (STENN; AVEN, 2001; KLINKE; VAN ASSELT; RENN, 2011; AVEN, 2012).

O risco é bastante debatido na atualidade para caracterizar as sociedades no pós-modernidade, a sociedade de risco evidencia a presença de incertezas e mudanças nas características na estrutura social (ALMEIDA, 2003). Essa nova sociedade busca reflexões diante das incertezas produzidas pelo desenvolvimento tecnológico originado pelo progresso (LOUZADA; RAVENA 2018). E nesse sentido uma categoria de risco bastante discutida são as possibilidades de eventos adversos envolvendo grandes barramentos, característica presente no Brasil (SORIANO; VALENCIO, 2012). Sendo o risco de ruptura de um barramento considerado um acidente tecnológico com potenciais significativos para a região que se encontra a jusante do empreendimento (VISEU; ALMEIDA, 2011).

Nesse sentido a ANA define a Segurança de Barragens como:

uma condição que visa a manter a sua integridade estrutural e operacional, de modo a minimizar o risco de incidentes ou acidentes, para que cumpra sua finalidade e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente. Uma barragem segura é uma barragem bem cuidada, na qual esforços, energia, atenção, recursos e profissionais capacitados são direcionados para uma boa concepção, um bom projeto, uma construção que siga as boas práticas da engenharia e para as etapas posteriores à construção: primeiro enchimento, manutenção, operação e desativação (ANA, 2020).

As reflexões acerca da segurança de barramentos no Brasil surgiram em 1963, no Segundo Seminário Nacional de Grandes Barragens, realizado em São Paulo, na qual a pauta sobre segurança de barragens surge sob a temática de Acidentes em Barragens, e as reflexões se manteve nos seminários seguintes (BELLADONA, 2018). Vale ressaltar que até a década passada os debates referentes a segurança de barragens no Brasil não estavam disseminados entre todos os empreendimentos de barramentos e só passaram a ser regulado no ano de 2010 e, nesse cenário de reflexões, em 20 de setembro de 2010, que o Brasil passa a possuir um instrumento de segurança de barragens, a Lei Federal n.º 12.334, que institui a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) (BELLADONA, 2018).

### 3.1.2 Política Nacional de Segurança de Barragens

A PNSB é o marco legal a nível federal da segurança de barramentos no Brasil, ao qual determina uma gestão de segurança que envolve a participação do poder público, empreendedor e a sociedade civil, ao qual preconiza atribuições e responsabilidades (SANTOS, 2017).

Sendo assim, a PNSB destina-se as barragens:

à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

I - altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros;

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m<sup>3</sup> (três milhões de metros cúbicos);

III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

IV - categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas;

V - categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador. (BRASIL, 2010)

Em relação as fiscalizações, é de responsabilidade dos órgãos ambientais definidos pela PNSB de acordo com o uso do reservatório (SANTOS, 2017). No Quadro 1, pode-se observar as principais entidades de fiscalização no território brasileiro.

Quadro 1 - Principais órgãos fiscalizadores de barragens no Brasil

<b>Órgão fiscalizador</b>	<b>Atuação</b>
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)	Barragens para acumulação de água em corpos hídricos.
Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)	Barragens para aproveitamento hidrelétrico.
Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)	Barragens para disposição final ou temporária de rejeitos.

Fonte: Adaptado de Santos (2017)

A PNSB institui a realização de programas educacionais sobre a segurança de barragens no intuito de manter informada a sociedade, e instituições como a ANA, ANEEL, DPNM e CNRH dentre outros órgãos fiscalizadores, tais como os estaduais, atuam de maneira conjunta para desenvolver normativos e resoluções de acordo com a especificidades de cada tipo de barramento (PEREIRA, 2019).

Ademais, a Lei Federal 12.334 institui instrumentos para a efetivação da PNSB, dentre os principais estão o Relatório de Segurança de Barragens (RSB), o Sistema Nacional de

Informações de Barragens (SNISB), o Plano de Segurança de Barragem (PSB), Plano de Ação Emergencial (PAE), entre outros (SANTOS, 2017).

O PAE, um dos componentes da PSB, é um documento que orientam as medidas a serem tomadas diante de uma situação de emergência e apresenta cartografias de inundações simuladas diante de um hipotético evento adverso (PEREIRA, 2019).

Desse modo um dos itens do PAE é a determinação das Zonas de Autossalvamento (ZAS), definido pela PNSB, como trecho do vale a jusante da barragem em que não haja tempo suficiente para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, de acordo com o mapa de inundação (BRASIL, 2010).

Conforme a Portaria nº 70.309, de 17 de maio de 2017, as ZAS são definidas como a região a jusante do barramento, a uma distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos ou 10 km, em que se observa não haver tempo suficiente para uma intervenção concreta das autoridades competentes em caso de acidente alertando assim a população potencialmente afetadas nas Zonas de Autossalvamento (LIMA, 2020).

Lima (2020) ainda ressalta que para a determinação das ZAS faz-se necessário o conhecimento do Dano Potencial Associado (DPA) ao qual o procedimento metodológico está disponibilizado pela ANA.

Nesse sentido o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), por meio da Resolução nº 143 de 10 de Julho estabelece os critérios de classificação de riscos à jusante e divide-os nas categorias de risco, dano potencial associado e o volume represado (BRASIL, 2012).

Em relação a categoria de risco, Brasil (2012) explica que se fundamenta nas características técnicas da barragem, situação de conservação da estrutura e a existência de um plano de segurança, já a classificação de dano potencial associado tem relação com os aspectos da jusante, como: população residente no local, a infraestrutura, serviços, áreas protegidas por legislação, característica do fluído armazenado e o volume do barramento.

Para os barramentos de água, independentemente de seu uso a Resolução 143 de 10 de Julho estabelece os critérios apresentados no Quadro 2 e sua classificação vai de acordo com o que mostra a Tabela 1.

Quadro 2 - Classificação quanto ao DPA (Acumulação de água)

<b>Volume Total do Reservatório (a)</b>	<b>Potencial de perdas de vidas humanas (b)</b>	<b>Impacto ambiental (c)</b>	<b>Impacto socioeconômico (d)</b>
Pequeno < = 5 milhões m <sup>3</sup> (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (3)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem) (0)
Médio 5 milhões a 75 milhões m <sup>3</sup> (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem apresenta interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica) (5)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (4)
Grande 75 milhões a 200 milhões m <sup>3</sup> (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal, estadual, federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (8)	-	ALTO (existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
Muito Grande > 200 milhões m <sup>3</sup> (5)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (12)	-	-

Fonte: Resolução nº 143 de 10 de julho de 2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2012)

Tabela 1 - Somatório dos índices para a classificação

<b>DPA</b>	<b>Somatório dos Índices da Tabela X</b>
Baixo	$\leq 10$
Médio	Maior que 10
Alto	$\geq 16$

Fonte: Resolução nº 143 de 10 de julho de 2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2012)

### 3.1.3 Acidentes com barragens no Brasil

O rompimento de uma barragem está relacionado ao desmoronamento parcial ou total da estrutura do barramento, ao qual pode resultar na liberação do fluido contido no reservatório ocasionado pela ruptura ou parte dela (BRASIL, 2002). As anomalias que ocorrem nas estruturas podem ser classificadas como acidentes ou incidentes (SANTOS, 2017), nesse sentido, o Art. 2º da resolução nº 144/2012 do CNRH, define:

I – acidente: comprometimento da integridade estrutural com liberação incontrolável do conteúdo de um reservatório ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou estrutura anexa;

II – incidente: qualquer ocorrência que afete o comportamento da barragem ou estrutura anexa que, se não for controlada, pode causar um acidente.

No período de 1986 a 2019, foram registrados 19 acidentes com grande intensidade no território brasileiro, dados da apontam que ao menos 342 pessoas foram a óbitos diante desses eventos adversos e, além disso, após a aprovação da PNSB, há registrado um total de 24 acidente ou incidente de menor porte nos períodos de 2011 a 2018 (SILVA; SILVA, 2020).

Nos últimos anos, ocorreram dois grandes rompimentos de barragens no território brasileiro com elevado grau de magnitude que trouxeram à tona as discussões sobre a aplicação e a atuação da PNSB. O primeiro, em 2015, na barragem de Fundão projetada para fins de rejeitos de mineração, localizada na cidade de Mariana no estado de Minas Gerais (Brasil), ocasionou a defluência com cerca de 55 milhões de metros cúbicos de resíduos de minérios em corpos hídricos presentes na jusante da barragem por uma extensão de 650 km até o rio Doce (ANA, 2016). E o segundo, no ano de 2019, o barramento para contenção de rejeitos, em Brumadinho no estado de Minas Gerais, provocou a defluência de, aproximadamente, 13 milhões de metros cúbicos a jusante (FREITAS; *et al.*, 2019). Este ocorrido obteve um impacto direto sobre 419 pessoas, ao qual foram confirmados 248 óbitos e 22 pessoas desaparecidas (MINAS GERAIS, 2019).

A ruptura de ambos os barramentos, em Mariana e Brumadinho, por serem eventos de grande magnitude e com grau de consequências negativas elevadas serviram de gatilho para reerguer o debate e discussões da segurança de barragens no Brasil (PEREIRA, 2019). Ao mencionar a temática de rompimentos de barragens no país, remete-se aos acidentes de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), citados anteriormente, mas pós atuação da Lei Federal nº 12334/10 houveram 8 acidentes envolvendo rompimento de barragens no Brasil (SILVA, SILVA, 2020), como poder ser observado no Quadro 3.

Quadro 3 - Acidentes de barragens pós publicação da PNSB

Ano	Empresa	Tipo de Barragem	Município	Descrição
2014	N/D	Uso múltiplos	Uruana-GO	Rompimento, 2 óbitos.
2014	Barreira hidroelétrica de Santo Antônio	Hidrelétrica	Laranjal do Jari-AP	Rompimento, 4 óbitos
2014	Herculano Mineração	Rejeito	Itabirito-MG	Rompimento, 3 óbitos.
2015	Samarco S.A.	Rejeito	Mariana-MG	Rompimento (34 milhões de m <sup>3</sup> de rejeitos), 19 óbitos.
2016	Barragem Fazenda Guavirova	Uso múltiplos	União da Vitória-PR	Rompimento, 1 óbito.
2018	Barragem rio Uraim	Uso múltiplo	Paragominas-PA	Rompimento, 2 óbitos, 100 desalojados.
2019	Vale S. A.	Rejeito	Brumadinho-MG	Rompimento (12 milhões m <sup>3</sup> de rejeitos), 248 óbitos e 22 pessoas desaparecidas.
2019	Barragem do Quati	Uso múltiplos	Pedro Alexandre-BA	Rompimento, 430 famílias (1720 pessoas) desalojada/desabrigada.

Fonte: Adaptado de Silva e Silva (2020).

Em várias partes do mundo os desastres ocasionados diante de um evento adverso servem como motivação para que normativos e regulações sejam desenvolvidas para garantir a segurança estrutural do empreendimento e do território que se encontra a jusante (BALBI 2008), sendo assim, é comum os riscos ganharem notoriedade no meio político quando seus impactos e efeitos ganham visibilidade do meio midiático (PEREIRA, 2019). Portanto, pode-se afirmar que a sociedade de risco se converte em sociedade de catástrofe, em que as ações institucionais prosseguem diante de acontecimentos de grandes impactos (SORIANO; VALENCIO, 2012).

### 3.1.4 Desastres tecnológicos e as barragens

Os desastres podem ser entendidos como a formação de ocorrências físicas de elevado grau de impacto, ao qual a energia provocada é disparada para um lugar geograficamente delimitado (OLIVEIRA, 2019). Para a Política Nacional de Defesa Civil (2007), desastre é caracterizado como:

(...) resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e a vulnerabilidade do sistema e é quantificada em função de danos e prejuízos (PNDC, 2007).

Quadros (2019) afirma que esses acontecimentos trazem diversos danos ambientais, sociais e econômicos para a população residente na área atingida, provocando desequilíbrios na relação sociedade-natureza.

Essas eventualidades podem ser classificadas de acordo com sua origem, natural ou tecnológica, dado que na sociedade atual os riscos naturais podem fomentar desastres tecnológicos devido a expansão dos núcleos urbanos, por consequência da evolução tecnológica que possibilitam a implantação e operação de megaprojetos e na presença de fenômenos naturais atípicos podem acarretar uma série de eventos adversos tecnológicos (OLIVEIRA, 2019). Os desastres provocam danos materiais, humanos e no meio natural e, geralmente, os de natureza tecnológica, são provocados pelos desajustes da interação econômica e política da sociedade (PNDC, 2007).

O Manual de Desastres Humanos de Natureza, descreve desastres tecnológicos como:

(...) consequência indesejável do desenvolvimento econômico, tecnológico e industrial e podem ser reduzidos em função do incremento de medidas preventivas relacionadas com a segurança industrial. Estes desastres também se relacionam com o incremento das trocas comerciais e do deslocamento de cargas perigosas e com o crescimento demográfico das cidades, sem o correspondente desenvolvimento de uma estrutura de serviços essenciais compatível e adequada ao surto de crescimento (BRASIL, 2003).

Nesse sentido os desastres tecnológicos são oriundos da relação da tecnologia com as falhas organizacionais humanas, ademais, caracteriza-se como uma consequência desvantajosa do desenvolvimento econômico e podem ser reduzidos ou evitados com a compreensão desses eventos, através de análises e gerenciamento, dado a frequência de eventualidade para a adoção de medidas de segurança e preventivas (BRASIL 2003).

Oliveira (2019) afirma que os desastres ocorridos em anos anteriores trazem reflexões e os erros cometidos no passado não devem ter continuidade, mas as ocorrências de eventos de rompimento de barragens mostram a presença de tomadas de decisões equivocadas e uma gestão com falhas institucionais.

Souza (2021) complementa que os riscos tecnológicos são originados pelas ações da humanidade devido a má administração e gestão da segurança na construção, implantação ou operação de algum projeto e, em relação aos barramentos, desde a antiguidade os eventos de rompimento são ocasionados em decorrência da falha humana ao qual ressalta a importância de debates e reflexões quanto ao aprimoramento da segurança de barragens.

A estrutura da sociedade atual incita o crescimento de territórios antropizados que elevam cada vez mais as circunstâncias de riscos tecnológicos, sejam eles originados de eventos naturais ou provocado pelo declínio de grandes estruturas, como em Brumadinho e Mariana (OLIVEIRA, 2019).

Apesar das discussões da temática estar em alta nos últimos anos, Pimenta (2009) *apud* Souza (2021) relata em seu trabalho que na antiguidade houveram diversos casos de desastres tecnológicos, dentre eles, destaca-se o rompimento da barragem de Sadd-El-Karafa, localizada no Egito, aproximadamente a 2.650 a.C., considerado o primeiro desastre tecnológico associado aos barramentos na história, estudos indicam que a estrutura possuía capacidade de reserva de 570.000 m<sup>3</sup> e o fato de não possuir vertedouro o barramento galgou.

Na atualidade, ainda é possível observar os destroços do barramento de Sadd-El-Karafa como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Barragem Sadd - El - Karafa, no Egito



Fonte: Souza (2021) adaptado de Structurae (2008).

Além deste, há registrado indícios de outros eventos adversos no mesmo período histórico como é o caso da barragem de Marib, que segundo Souza (2021):

represava as águas do Rio Danah no Iémen, possuía avançado método de controle de operação, com a presença de dispositivos de descarga. Acerca de 1.500 a.C., essa barragem passou por melhorias em sua estrutura, seu maciço possuía dimensões de 20 metros de altura por 700 metros de coroamento (SOUZA, 2021).

Sendo assim, os riscos tecnológicos refletem a eventualidade de ocorrência adversas que acarretam danos de vida e socioambientais, danos estes que podem ser em curto ou longo prazo na área de influência do empreendimento, portanto, em tese os cenários de riscos são formados pela relação entre ameaças e vulnerabilidades ao qual o meio social está inserido (AVELAR, 2019).

Desta maneira, é significativo entender as segmentações que compõem a concepção das vulnerabilidades, por ser um conceito plurívoco, ou seja, está sujeito a diferentes colocações de acordo com a área de estudo ao qual é empregado, dentre elas as que mais se destacam são as ciências sociais, ciências ambientais e na saúde pública (OLIVEIRA, 2017).

No entanto, para os estudos socioambientais, a vulnerabilidade pode ser entendida como:

o grau de exposição ou suscetibilidade, que as pessoas e a sociedade têm de sofrer danos, frente à manifestação de um evento potencialmente destrutivo que pode dificultar a recuperação depois desse fenômeno. São condições determinadas por processos ambientais, sociais, culturais, econômicos, produtivos, políticos e institucionais, tanto individuais como coletivos, que se configuram e mudam permanentemente pelas atitudes, condutas, capacidades, conhecimentos e ações que as pessoas e comunidades exercem na gestão do desenvolvimento e prejudicando os ecossistemas (TORRISI, 2016).

Em estudos sobre a ciência da vulnerabilidade, Cutter (2011) afirma que numa definição clara e objetiva, pode ser entendida como o potencial para a perda. E afirma que pode ser investigada diante de duas condicionantes: (i) elementos de exposição ao risco: os fatores que levam aos indivíduos a abrigar locais que apresentam potenciais de um risco eminente; (ii) propensão e resiliência: condições que elevam ou diminuem a capacidade da sociedade em responder ou se recuperar das ameaças ao risco; portanto, pode-se afirmar que a vulnerabilidade possui origem de impactos negativos que as estruturas organizacionais ou infraestruturas têm sobre o meio social, diante de uma falha.

Nesta perspectiva, são diversos fatores e condições que ocorrem de forma simultânea em um mesmo espaço geográfico que se não forem bem administrados podem potencializar o

grau e a ocorrência de um risco ou desastre (TORRISI, 2016). Diante disso, é possível afirmar que as vulnerabilidades aos riscos e ameaças não são objetos e nem estáveis, por outro lado, são processos formados por diversas variáveis que podem se modificar com o tempo (AVELAR, 2019).

Além do mais, devido a gama de variáveis que influenciam uma ocorrência de risco os impactos gerados diante de um evento adverso podem ocasionar maior ou menor magnitude de acordo com a estruturação social e do ambiente construído ali presente, ou seja, as características do meio urbano, a identificação da infraestrutura (fábricas, redes de transporte, residências, comércios), além das condições sociais (dados socioeconômicos, dados demográficos, escolaridade) (CUTTER, 2011).

Nesse sentido, os diversos fatores que estão ligados a ocorrência do risco e ao grau de vulnerabilidades estão sendo investigados em diversas áreas do conhecimento devido sua complexidade e a análise interdisciplinar, mas é notável que, em geral, as vulnerabilidades podem ser qualificadas de acordo com os aspectos social, tecnológico, ambiental, econômico e entre outros (AVELAR, 2019).

### **3.2 Ordenamento Territorial e os Grandes Empreendimentos na Amazônia**

Desde os primórdios o homem sentia a necessidade de se adequar e intervir em determinados espaços territoriais, com o intuito de atender suas necessidades, mas sem refletir sobre as consequências oriundas dessas modificações (SOUZA, 2010). Gottmann (2012) explica que o conceito de território representa um espaço delimitado geograficamente com jurisdição governamental, portanto, é gerado por indivíduos organizando determinado lugar de acordo com seus objetivos. Todavia, o termo é polissêmico constituído de diversas faces, ao qual depende do campo em estudo, seja ele o espaço físico, social, econômico, político, antropogênico e de acordo com cada contexto o território se caracteriza como projeção das relações sociais em um dado espaço e tempo (OLIVEIRA, 2020).

A expressão, ordenamento do território, como é conhecida hoje, teve origem no continente europeu, porém não foi atribuído de forma igualitária em toda sua extensão devido as características de desenvolvimento distintas de cada país (SOUZA, 2010). No contexto brasileiro, as menções ao termo surgiram no cenário da Assembleia Constituinte de 1988 sob influência das discussões que ocorriam na Europa, foi a partir desse momento que as questões voltadas ao território passaram a ter o objetivo de debater as disparidades regionais e propiciar sua integração (FERRÃO; POZZER, 2018).

No entanto, Ferrão e Pozzer (2018) ainda ressaltam que no âmbito nacional o país não possui um instrumento regulatório concretizado de ordenamento, sendo assim, a Constituição Federal (1988), a criação da Política Nacional dos Recursos Hídricos (1997) e o Estatuto das Cidades (2001) são instrumentos aos quais possuem diretrizes de orientação para a disseminação da coordenação dos espaços a nível nacional.

Foi na segunda metade do século XX, que o governo federal deu início aos programas de desenvolvimento econômico e regional para a Amazônia (KOHLHEPP, 2002). As propostas desse planejamento tiveram como bases centrais: polos de crescimento (década de 1980), eixos de desenvolvimento e integração (segunda metade de 1990) e o zoneamento ecológico econômicos, nos anos 2000 (TRINDADE JÚNIOR; MADEIRA, 2016).

Essa região abrigou diversos grandes empreendimentos, tais como, a rodovia Transamazônica (PA -150), o Programa Grande Carajás com iniciativas as empresas de beneficiamentos de minerais, projetos agropecuários e a Usina Hidrelétrica de Tucuruí, estes mega projetos contribuíram para a formação territorial e social existente na atualidade (RAMOS *et al.*, 2005).

Nesse contexto, a partir da década de 1960, as preferências das ações governamentais para implantação de projetos hidroelétricos estavam voltadas para a região norte, devido suas riquezas naturais, que lhe atribui uma vasta rede hidrográfica e, portanto, um grande potencial de energia elétrica para o país. Essas intervenções foram criadas na perspectiva que esses programas poderiam viabilizar a integração da região ao território nacional (ROSA *et al.*, 2020; SANTOS, 2014). E, foi assim, que o ordenamento do território amazônico entrou em um processo de urbanização intenso, com esquemas baseados em um desenvolvimento de polos econômicos, em um progresso capitalista, ao qual as cidades assumem um papel de destaque, no entanto, a dinâmica promovida por esses empreendimentos apresentam tendências de uma organização territorial desigual (TRINDADE JÚNIOR; MADEIRA, 2016).

Vale ressaltar, que esses programas originaram diversos conflitos relacionados a posse de terras, em que não haviam respeito aos limites de aldeias indígenas e as comunidades de povos tradicionais, tais ações despertou a insegurança aos direitos pelo uso de terras, isso atrelado a destruição da floresta tropical, evidenciaram a degradação ambiental e social, sendo um dos preços pago pelo crescimento econômico intensivo (KOHLHEPP, 1991; KOHLHEPP, 2002). Diante disso, desenvolvem novos modos de apropriação de recursos naturais e sociais em diversos pontos regionais, seguindo um modelo econômico (CRUZ; SILVA, 2010).

As transformações dos espaços na Amazônia legal estão ligadas com a dinâmica da implantação e operação desses programas, que incita a formação de novos arranjos territoriais

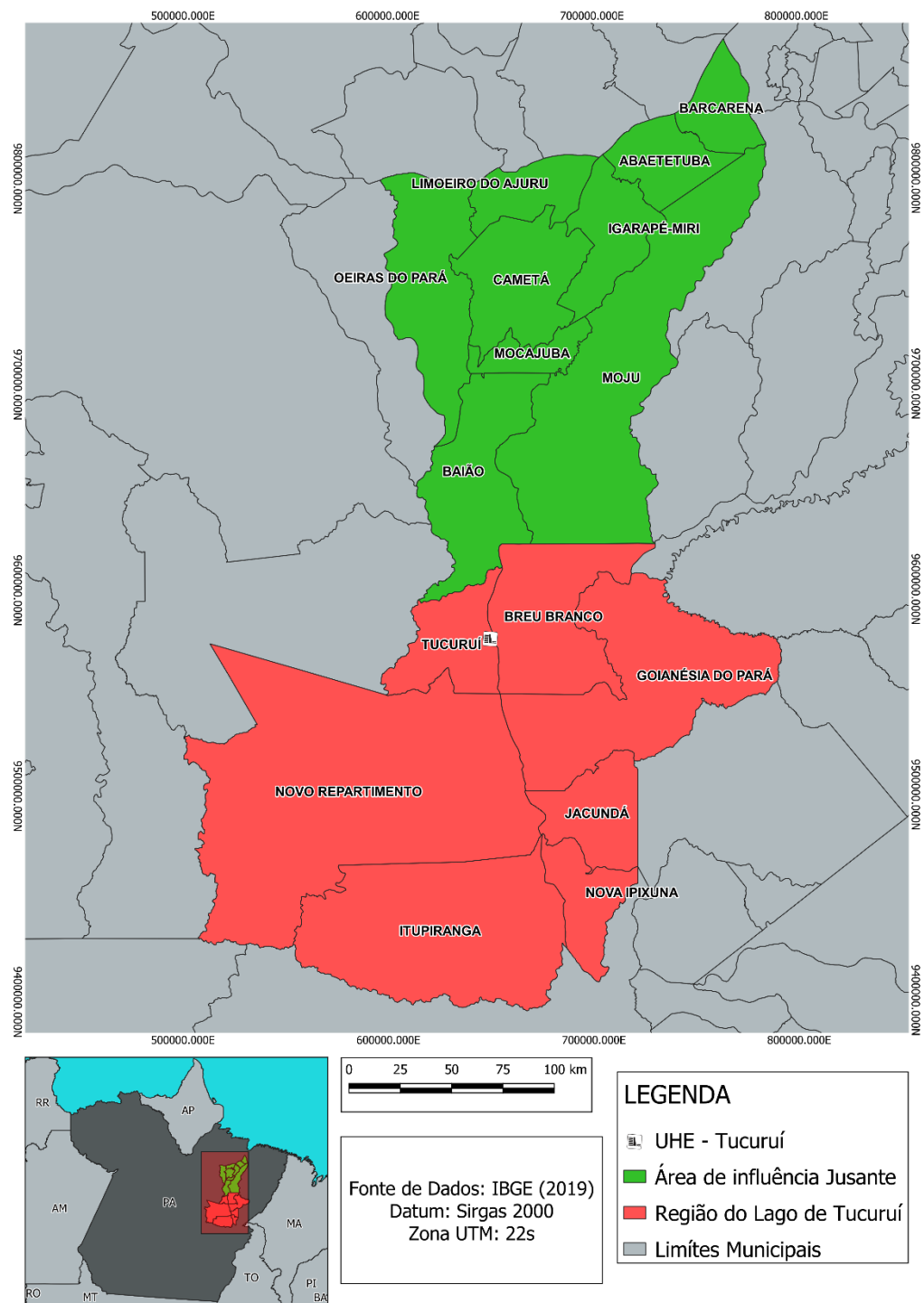
que surgem diante da ideia de uma vasta riqueza natural (RIBEIRO, S.; POMPEU; RIBEIRO, A., 2020). Os megas projetos econômicos apresentam duas vertentes, de um lado a promoção do desenvolvimento regional da área que o abriga, por outro lado, ao olhar para as comunidades tradicionais ali presentes, verifica-se os efeitos não paliativos, pois a cultura e as formas de sobrevivência desses povos estão ligadas ao meio natural que sofrem danos irreversíveis (ROSA; *et al.*, 2020). Logo, referem-se a um “progresso” e “desenvolvimento” que não reconhece os espaços naturais, diante de um Estado que prega a prosperidade para a região sem considerar a questões sociais e históricas dos povos tradicionais (RIBEIRO, S.; POMPEU; RIBEIRO, A., 2020).

### 3.2.1 A UHE-Tucuruí e a Formação de Novos Territórios

O processo da formação espaço-tempo do município de Tucuruí e do seu entorno é marcado por dois grandes períodos que configurou a atual estrutura da Região de Integração do Lago de Tucuruí (RILT), o primeiro que teve início no século XIX, a região denominava-se Médio Tocantins, e o segundo período que iniciou na década de 1970, com a implantação da Usina Hidrelétrica, um marco significativo para a formação regional e espacial existente hoje (SANTOS, 2014; ROCHA, 2011).

O desenvolvimento da ocupação do antigo Médio Tocantins era destacado por algumas localidades dispostas nas margens do rio, esses povoados ribeirinhos se estruturavam a partir de uma economia extrativista, contudo, entre os anos de 1977 a 1985, a construção da barragem implantou alterações significativas na região e deu-se início a formação da microrregião da UHE - Tucuruí (ROCHA, 2011). Essa área é caracterizada pela divisão de duas sub-regiões, como mostra na Figura 2, com diferentes aspectos influenciados pela sua posição em referência a barragem, ou seja, a montante formada pelos municípios que compõem a RILT e a jusante, formada pelos municípios do Baixo Tocantins, área de influência do PAE da barragem e objeto de estudo desta pesquisa (RAMOS *et al.*, 2005).

Figura 2 - Municípios à Montante e Jusante na Área de Influência da UHE-Tucuruí



O panorama territorial desses municípios, isto é, da área de montante e jusante, possuem configurações espaço-temporal que foram formados através da UHE – Tucuruí (RIBEIRO, S.; POMPEU; RIBEIRO, A., 2020). Todavia, o desenvolvimento econômico e demográfico ocorreu, pelo menos em parte, de maneira diferente. Enquanto a montante da barragem recebeu

um processo demográfico acelerado os municípios a jusante vivenciaram estagnação do seu regime produtivo e populacional (RAMOS *et al.*, 2005).

Neste contexto de inserção da UHE – Tucuruí, os municípios de montante passam por uma reestruturação territorial que altera a malha urbana local, é importante mencionar que essa formação está relacionada ao inchaço populacional atrelado a intensificação da economia regional baseada na exploração dos recursos naturais (SANTOS, 2014). O intenso fluxo migratório interestadual entre os anos de 1970 a 2000, reflete a formação histórica da formação dessas novas cidades, tais como Breu Branco, Novo Repartimento, Goianésia do Pará, Jacundá, Itupiranga e Nova Ipixuna, e nesse período essas novas estruturas urbanas apresentaram um crescimento populacional acima da média do país (ROCHA, 2011).

Ramos *et al.* (2005) ressalta que esses municípios a montante, tiveram um ritmo demográfico significativo entre os anos 70 e 80, sendo Jacundá, Itupiranga e Tucuruí com os números mais expressivos, porém esse acelerado processo de crescimento provocou consequências sociais graves, serviços públicos com insumos insuficientes para atender a alta demanda e formação de núcleos urbanos desordenados, apesar de ter minimizado com o passar do tempo.

Todavia, ao contrário dos municípios a montante, os que se encontram a jusante apresentam um histórico de formação marcado pela urbanização tradicional, já que os impactos socioeconômicos da UHE para a sub-região do Baixo Tocantins ocorreram de forma diferente aos municípios do sudeste paraense (montante), nas cidades a jusante os povos tradicionais tiveram grande influência (CORRÊA, 1987; CARDOSO *et al.*, 2005; RAMOS *et al.*, 2005).

Trindade Jr. (2002) enfatiza que os municípios localizados na montante tiveram influência da construção de rodovias implantadas na região amazônica para a interligação dos núcleos urbanos e integração da região Norte com o restante do país, já a área da jusante não obtiveram forte presença de fluxos migratórios e as comunidades existentes são formada por populações com fortes ligações socioculturais ao rio Tocantins, sendo fatores contribuíram para as diferenças no processo de suas formações territoriais.

Contudo, a região dos municípios a jusante, foram diretamente afetados pelos impactos negativos da conjuntura de planejamento e ordenamento territorial reproduzidos durante e pós implantação da UHE, a sub-região foi afetada por alterações significativas no fluxo hidrológico e biológico do rio Tocantins que refletiram diretamente na estrutura das comunidades tradicionais e em sua economia (SILVA, 2014).

As transformações territoriais refletiram em diversos aspectos no modo de vida das comunidades, como Silva (2014) explica que o contexto de formação de reestruturação dos

espaços desencadeou crises sociais, a forma de viver dos povos foram modificadas, acessibilidade de lugares, hábitos do cotidiano e diversos outros aspectos culturais ligados ao contato com o rio ou a floresta foram modificados ou até mesmo abandonados.

Dessa forma, o processo de modernização econômica e as transformações territoriais, para as áreas de influência da UHE foram baseadas de forma predatória e extensiva dos recursos naturais e marcados por tensões e conflitos de interesses entre a Eletronorte e povos tradicionais da região, sendo importante mencionar que esses tipos de atritos são recorrentes em processos de implantação de grandes projetos (RAMOS *et al.*, 2005).

É notório que o processo de transformação territorial, durante e pós o barramento, afetou as condições socioculturais e ecológicas das sub-regiões de montante e jusante (SILVA, 2010). Assim, os paradigmas da formação territorial da microrregião da UHE – Tucuruí apresentam aspectos que se diferem de acordo com a localização ao qual o município está inserido, montante ou jusante, mas as formações do espaço em ambas possuem características que advém do empreendimento (RAMOS *et al.*, 2005).

### **3.3 Governança de Riscos e a Segurança de Barragens**

A governança de risco surge como uma proposta de avaliação dos riscos nas diversas áreas do conhecimento, sendo uma nova modalidade de gestão que transforma a maneira como os riscos são comunicados, gerenciados e contextualizado incluído todos os agentes que compõe o sistema (VAN ASSELT; RENN, 2011). Desta maneira, a governança de risco pode ser definida como um conjunto de ações que envolvem as reflexões e perspectivas de todos os atores institucionais inseridas nas organizações, sejam eles públicos ou privados, na participação nos processos de tomada de decisão (BEVIR, 2013). Logo, a governança de risco é de caráter pluralista, ampla e prolixa (LYNN; HEINRICH; HILL, 2000).

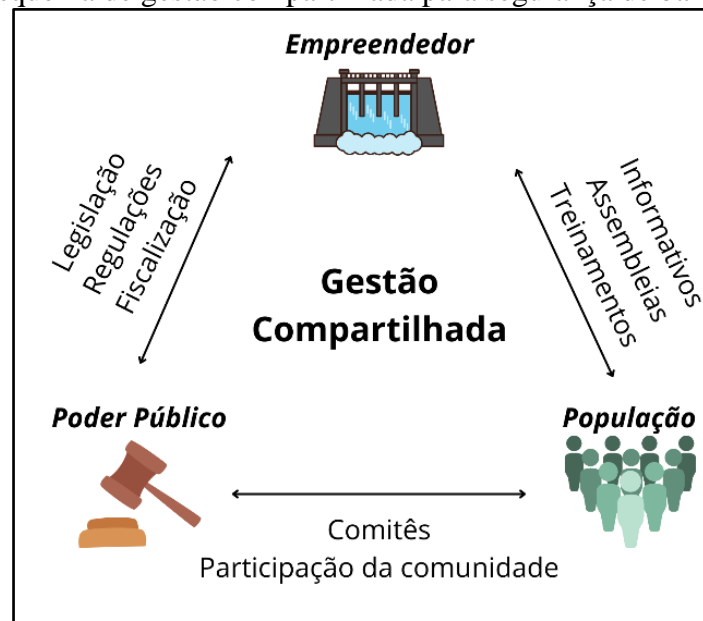
Para Johnston e Hansen (2011), a governança de risco pode ser entendida como a interação de tecnologias, políticas, normas, gestores, recursos e informações para apoiar nas tomadas de decisões. E, assim, o gerenciamento do risco a partir da governança inclui medidas que vão além do monitoramento e reparação, discernindo-se da análise de riscos tradicional (VAN ASSELT; RENN, 2011). Dentro do campo da segurança dos barramentos, a gestão do risco apresenta uma característica tecnicista e com foco estrutural, porém, a governança de risco inclusiva mostra as diferentes visões e a inclusão de diversos grupos sociais envolvidos com o empreendimento para maior efetividade do gerenciamento do risco (LOUZADA, 2018).

No entanto, atualmente, a atuação do setor de segurança de barragens está intrinsecamente relacionada aos órgãos reguladores, monitoramentos e fiscalizações, quer dizer, está associada ao modelo clássico de gestão de riscos, fundamentado no que é aceitável e tolerável para a sociedade (ESCUDER-BUENO; HALPIN, 2018; KLINKE; VAN ASSELT; RENN, 2011).

Estudos de Klinke e Renn (2010) explicam que a governança de riscos inclusiva vai além das análises de riscos tradicionais e incluem a participação das partes interessadas considerando seus aspectos políticos, econômicos e sociais. Além do mais, essa modalidade de gerenciar o risco não polariza os poderes, isto é, a governança está fundamentada na ideia de que todos os atores envolvidos possuem algo para contribuir, devem ser ouvidos e que a troca mútua de ideias melhoram as avaliações dos riscos e as decisões finais (SCHWEIZER; RENN, 2019).

Os grandes barramentos apresentam complexidades e sistemas de estruturas civis em que os níveis de incerteza são grandes, caracterizando-se como riscos sistêmicos e o setor de segurança de barragens necessita de uma ampla gama de aplicações técnicas, conhecimento de diversas áreas e investigações em sistemas complexos, sendo assim, um exemplo de sistema que necessitam da inclusão da governança de risco (ESCUDER-BUENO; HALPIN, 2018). Diante disso, na perspectiva das hidroelétricas, a governança de risco efetiva deve incluir, além dos monitoramentos e fiscalizações, o envolvimento e a participação de entidades governamentais (prefeituras), órgãos públicos (Defesas Civis) e comunidades afetadas, direta e indiretamente, pelo empreendimento (LOUZADA, 2018), como mostra o esquema na Figura 3.

Figura 3 - Esquema de gestão compartilhada para segurança de barragens



Fonte: Adaptado de Almeida (2003)

Entretanto, dentro da indústria de segurança de barragens, poucas organizações implementaram uma governança, a grande maioria dos sistemas de segurança mundiais não apresentam uma estrutura racional para identificar, analisar, avaliar, comunicar e reduzir as vulnerabilidades e incertezas ao risco (ESCUDER-BUENO; HALPIN, 2015).

### 3.4 Risco e a Vulnerabilidade Populacional

Usualmente, o risco é definido pela ocorrência de perdas (econômicas, sociais ou ambientais) ao qual pode ser expresso pela fórmula: **Risco = Ameaças x Vulnerabilidade** (UNDP, 2009). Diante disso, pode-se constatar que, de maneira geral, o risco é formado pela relação entre ameaças e vulnerabilidades (AVELAR, 2019).

Desse modo, a vulnerabilidade pode ser entendida como a possibilidade de uma ameaça derivada de circunstâncias naturais ou intervenções humanas que podem acarretar consequências além dos limites do território do sistema afetado (SANTOS, O. 2015). Neste sentido, de forma sucinta, a vulnerabilidade é definida como o potencial para a perda, pois inclui eventualidades que expõem as pessoas e localidades ao risco de um iminente perigo (CUTTER, 2011). No entanto, a vulnerabilidade apresenta um conceito abrangente que considera diversos fatores, tais como: físico, econômico, social, ideológico, dentre outros (TORRISI, 2016).

Torrise (2016) destaca que o campo da vulnerabilidade ao qual possui instrumentos para medir questões de perigos territoriais e demográficos é o fator social, pois a organização, a

liderança local e popular permite a susceptibilidade frente a situações de crises e ameaças. Assim, ela identifica os pontos da população que aumentam ou diminuem a sua capacidade de suporte ou resposta diante de um desastre ou evento perigoso (CUTTER, 2011).

A vulnerabilidade social, também conhecida como populacional, varia de acordo com características de cada território, que não está relacionada diretamente ao grau de exposição ao risco, mas sim nas características econômicas, o modo de vida, acesso à informação e aos meios de subsistências das populações (MENDES, 2018).

Cutter (2011) explica que a vulnerabilidade populacional utiliza elementos não apenas do meio físico e social, mas também de sua interseção, como por exemplo: o fator físico da vulnerabilidade pode ser elevado em zonas costeiras, no entanto, se a população residente possui um elevado poder aquisitivo, a preparação de resposta da comunidade ao desastre será recuperada de forma rápida. Por outro lado, segundo o autor, se uma outra comunidade com características econômicas diferentes for exposta ao mesmo nível de perigo, provavelmente, irá precisar de mais tempo para se recuperar, pois a capacidade dos seus habitantes apresenta limitações devido ao fator social (educação, residentes em extrema pobreza, idosos, crianças, minorias).

Desta forma, a avaliação da vulnerabilidade populacional integra os aspectos: estruturais do território, fatores biofísicos, capital social, nível de educação, políticas públicas, faixa etária, investimento público e as atividades econômicas (MENDES, 2018). Nota-se, que a vulnerabilidade social está relacionada com as circunstâncias das pessoas expostas ao risco, sendo assim, a própria sociedade gera a vulnerabilidade, pois o que torna uma comunidade mais ou menos vulneráveis são as condições sociais (GOERL; KOBIYAMA; PEELLERIN, 2012).

Atualmente existem diversas pesquisas de populações vulneráveis. Cutter (2011) relata que diversos estudos das ciências sociais são realizados de forma empírica em regiões em situação de pós-desastres. E, com base nestes estudos, foram levantadas características sociais que possuem influências significativas na vulnerabilidade das populações, conforme Quadro 4.

Quadro 4 - Exemplos de características que influenciam a vulnerabilidade populacional

<b>Características</b>	<b>Fundamentação</b>
Populações com necessidades especiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difíceis de identificar (doentes ou temporárias), muitas vezes invisíveis nas comunidades.</li> </ul>
Idade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afeta a mobilidade;</li> <li>• Requer cuidados especiais;</li> <li>• Maior susceptibilidade para se magoar.</li> <li>• Idosos e crianças são grupos com exposição elevada em momentos de emergência</li> </ul>
Estatuto socioeconômico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidade de absorver danos e de recuperar;</li> <li>• Mais bens materiais a perder;</li> </ul>
Raça e etnia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barreiras linguísticas e culturais falta de acesso a recursos pós-desastre;</li> <li>• Tendência para ocupar zonas de perigosidade elevada.</li> </ul>
Domicílio e título de propriedade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantidade de pessoas por domicílio;</li> <li>• Com frequência, os inquilinos não têm seguro nem investem na comunidade;</li> <li>• Tipo de habitação e construção.</li> </ul>
Educação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acesso e compreensão de informações.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Cutter *et al* (2003) e Torrisi (2016).

Goerl, Kobiyama e Peellerin (2012) destacam que não existe um consenso entre pesquisadores sobre quais variáveis devem ser utilizadas para mensurar a vulnerabilidade, mas as comumente utilizadas estão relacionadas a demografia, Produto Interno Bruto (PIB), razão de dependência (população jovem e idosa, que provavelmente precisa de ajuda durante um evento extremo,) e educação.

Nesta perspectiva, o Índice de Vulnerabilidade (IV) entra como uma análise quantitativa dos fatores que influenciam a vulnerabilidade da população as ameaças (pré-acontecimento) e serve de auxílio para políticas de gestão de segurança, nesse sentido, as características socioeconômicas geradas a partir de banco de dados e processados por meios estatísticos para servem para descrever e quantificar a vulnerabilidade (CUTTER *et al.* 2003; CUTTER, 2011). E, assim, o grau de vulnerabilidade calculado determina a resiliência da comunidade pós desastres o que, de certa forma, está relacionada a questões socioeconômicas e suas relações socioespaciais (SANTOS, O. 2015).

Vale destacar que, desta maneira, o IV consegue englobar todas as facetas das dimensões que a vulnerabilidade populacional apresenta, isto é, as variáveis isoladas não estimam as comunidades vulneráveis, mas, quando combinadas podem representar os níveis de vulnerabilidade, por exemplo: educação, isoladamente não estima a vulnerabilidade, mas ao

combinar com economia é, possível perceber um vínculo que pode tornar uma determinada região mais sensível aos riscos (CUTTER, 2011). Ainda segundo o autor, o IV funciona como um algoritmo que desenvolve perfis de vulnerabilidade populacional.

Portanto, entende-se que o IV representa um panorama multidimensional, compreende a exposição as ameaças, sua capacidade de resposta, ao qual é determinada por grupos sociais e níveis de pobreza, dentro de um contexto histórico, cultural e político, logo, o IV é um mecanismo interessante para identificar comunidades que possuem segmentos populacionais em condições socioeconômicas desfavoráveis que diante de eventos adversos terão dificuldades em compreender um desastre e enfrentá-lo (SANTOS, O. 2015).

#### 3.4.1 O Planejamento do Território na Gestão de Riscos

Os desastres e a ocorrência de eventos extremos são problemas antigos vivenciado nas organizações territoriais humanas e exposto por diversas culturas (PORTO; BREMER, 2018) e o desenvolvimento tecnológico ao avançar do século XX não foram acompanhados pela contenção da eventualidade de eventos adversos (ISDR, 2004).

Estudos apontam que, a partir de 1990, houve um aumento no número de pessoas afetadas pela ocorrência de desastres, também uma intensidade e severidade nos casos ocorridos, tal fato entra em conflito com o desenvolvimento sustentável de espaços territoriais e esses episódios estão relacionadas com as ações humanas que podem aumentar ou reduzir as vulnerabilidades aos riscos tecnológicos e/ou naturais (UNISDR, 2001).

Haja vista, a evolução urbana ocasionada nas últimas décadas atrelada a ausência de ações governamentais, resulta na formação de agrupamentos territoriais em áreas com graus elevados de vulnerabilidades à ocorrência de desastres naturais ou tecnológicos (ROBAINA *et al.*, 2010). Essas ações geram danos de diferentes fatores e magnitudes, prejuízos materiais e perdas humanas (RIBEIRO *et al.*, 2011). Desse modo, a articulação desregulada entre a formação de aglomerados urbanos e o funcionamento de atividades que podem ocasionar eventos perigosos têm-se manifestado para o aumento do número de comunidades que vivem em situações de vulnerabilidades (ZEZERÊ, 2007).

É importante mencionar que o Brasil não apresenta fenômenos característicos de origem naturais, tais como: terremotos ou vulcões, no entanto, manifesta ocorrências de desastres relacionados as ações humanas, especificamente, relacionadas as ocupações de terrenos (SANTOS, 2012). Diante disso, torna-se importante planejar e articular os espaços com

diversos setores governamentais ou privados para reduzir ou mitigar os riscos de desastres (COUTINHO *et al.*, 2015).

No ano de 2012, foi instituída em território brasileiro a Lei nº 12.608, intitulada de Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), que visa atribuições governamentais nas esferas federal, estadual e municipal para enfrentar e minimizar situações de riscos ou eventos de desastres (COUTINHO *et al.*, 2015). Constata-se, a relevância do ordenamento do território para redução de desastre, pois o planejamento urbano e regional é um dos pilares da PNPDEC e prever e reduzir é um dos papéis da regulação dos espaços urbanos (POHLMANN; PICCININI; FILHO, 2014) e relatórios da UNISDR (2009) apontam que os riscos socioambientais podem ser reduzidos ou mitigados através da regulação eficiente de terras.

Nesse contexto, a PNPDEC, em seu art. 8º, designa para os municípios as seguintes competências, entre outras:

- III - incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal;
- IV - identificar e mapear as áreas de risco de desastres;
- V - promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas;
- IX - manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres (Brasil, 2012).

A nível federal, foi criada o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), instituição que emite alertas de desastres ao Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD) (COUTINHO *et al.*, 2015). Diante disso, a gestão de riscos e desastres em ambientes urbanos requer a ações antecipadas, isto é, que preveem a suscetibilidade ao risco para inserir instrumentos que sejam capazes de promover a ocupação planejada e, para isso, faz-se a necessidade de integração do Plano Diretor, instituído pelo Estatuto das Cidades (BRASIL, 2012).

O Estatuto das Cidades foi modificada pela Lei n. 12.608/2012 (Brasil, 2012), essa alteração reforça a necessidade de integração entre o planejamento do território e a gestão de riscos e desastres (POHLMANN; PICCININI; DA SILVA FILHO, 2014). As alterações instituem que os governos municipais ampliem o perímetro urbano e apresentem projeto específico que contenha informações de ameaças de desastres naturais (GANEM, 2012). Diante disso, o plano diretor municipal é uma política governamental para o desenvolvimento e ocupação urbana dos municípios e tem como função ordenar o desenvolvimento da cidade e garantir o bem-estar dos residentes (CARVALHO; BRAGA, 2001).

Dentro de suas diretrizes, estão incluídas o levantamento das áreas de risco com base em carta geotécnica, estruturas da drenagem urbana e instruções para a regularização de espaços

urbanos irregulares (GANEM, 2012). Ademais, deve-se realizar o zoneamento do território para promover usos produtivos e reduzir as áreas sujeitas em vulnerabilidades (MENEZES, 2014). Estas técnicas fazem parte de um conjunto de estudos para a análise da situação atual, tornando-se importante tanto para as ações sobre risco como para o planejamento urbano e regional (POHLMANN; PICCININI; FILHO, 2014).

Martins (2003) explica que para a eficiência do planejamento da ocupação de solo urbano, os instrumentos municipais possuem competência para promover e legislar ações que estimulem a organização territorial. Todavia, estudos de vulnerabilidades apontam que indicadores como pobreza e desigualdade são fatores que contribuem para o aumento de ocupações irregulares (MANRADOLA; HOGAN, 2004).

Nesse sentido, a PNPDEC, possui como uma das diretrizes a realocação de comunidades presentes em áreas de risco, reforçando a atuação dos estados e municípios (COUTINHO, *et al.* 2013). No entanto, segundo os estudos de Ferreira *et al.* (2011) e Moscarelli e Kleiman (2018) mostram que as atuações governamentais do Estado Brasileiro se caracterizam por uma lógica setorial, há uma fraca atuação política e ausência de uma articulação efetiva dos setores nos âmbitos municipal, estadual e/ou federal, isto é, as políticas públicas não dialogam entre si.

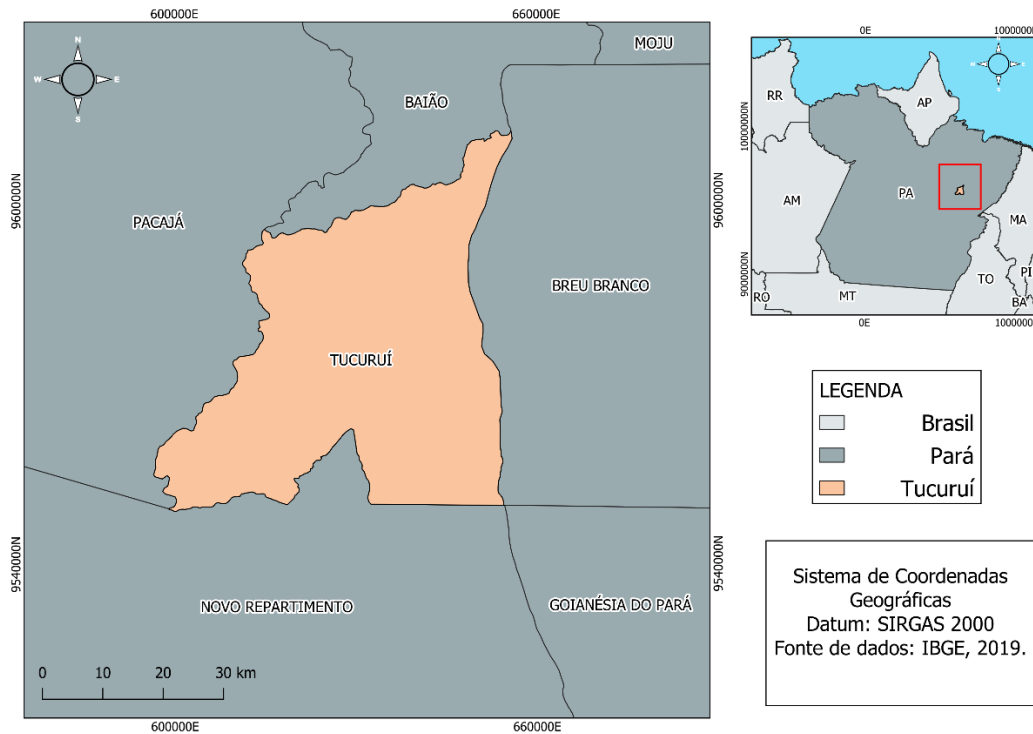
E, portanto, essas circunstâncias associadas com a falta de instrução dos habitantes, dificultam a gestão dos espaços e traz à tona eventos adversos que ultrapassam os limites locais, caracterizando-se um dos grandes desafios para a implantação de uma gestão de redução de riscos e desastres no país. (COUTINHO *et al.*, 2015). Assim sendo, faz-se necessário maior aperfeiçoamento e união das esferas governamentais para materializar as metas e objetivos das legislações e a atuação integrada das áreas de planejamento urbano e gestão de riscos, que até o momento demonstram obstáculos na atuação cooperativa (POHLMANN; PICCININI; FILHO, 2014).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Área de estudo

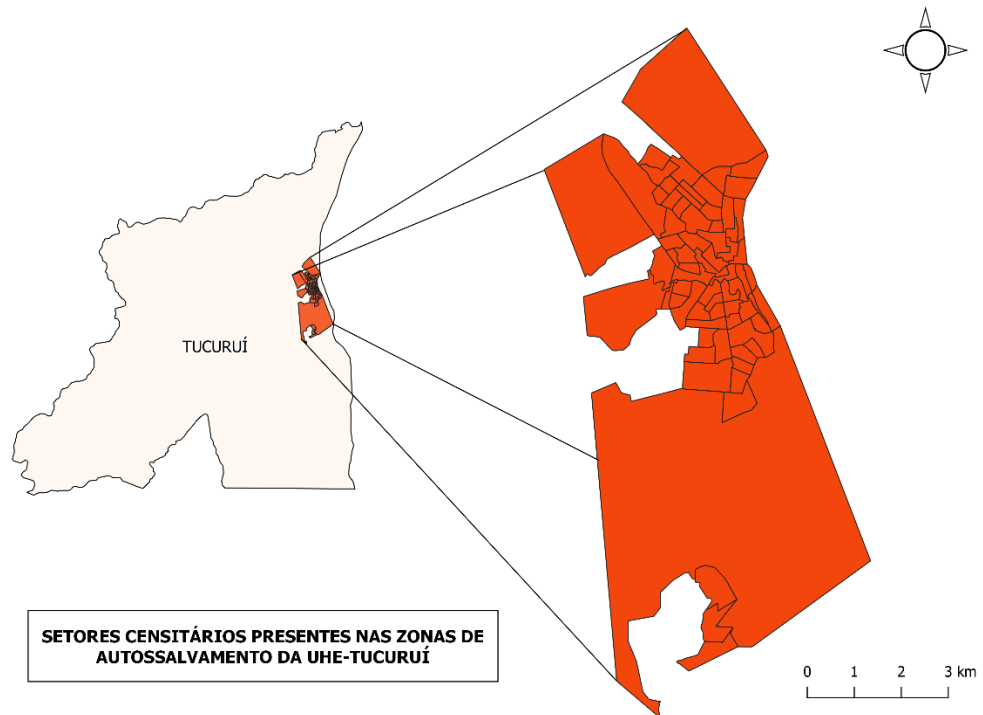
Esta pesquisa parte de uma perspectiva interdisciplinar para investigar as vulnerabilidades aos riscos tecnológicos associados ao rompimento de barragens. Para este estudo de caso, o recorte espaço-territorial envolve o município de Tucuruí-PA (Figura 4). Especificamente, a ocupação urbana presente nas áreas que compreendem as Zonas de Autossalvamento (ZAS), como mostra a Figura 5.

Figura 4 - Localização Município de Tucuruí-Pa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 5 - Zonas de Autossalvamento no município de Tucuruí



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O município conta com população estimada de 115.144 habitantes e, segundo o último censo (2010), possui uma densidade demográfica de 46,56 hab/km<sup>2</sup>, está situada sob as coordenadas 03°45'58" de latitude sul e 49°40'21" de longitude oeste, com uma área territorial de 2.084.283.289 km<sup>2</sup>, sendo 33,22 km<sup>2</sup> de área urbana e 2.095,48 km<sup>2</sup> de área rural (IBGE, 2020).

Segundo a Eletronorte (2018) o Produto Interno Bruto (PIB) do município, a preços correntes, alcançou R\$ 2.953.335.000,00 em 2014 e possui um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), em 2010 de 0,666 – valor considerado médio (entre 0,600 e 0,699), maior do que a marca de 2000: 0,543. O registro é superior ao IDH do Estado do Pará, igual a 0,646, e inferior ao IDH do Brasil, igual a 0,727 (ELETRONORTE, 2018).

Ademais, de acordo com a SIPLAN (2006) Tucuruí apresenta um clima úmido de monção e relevo levemente ondulado e uma cobertura vegetal primitiva do território municipal é formada por floresta tropical e, como consta no Plano Diretor, a região urbana de Tucuruí apresenta duas rodovias interestaduais (PA-263 e PA-156) e uma rodovia federal (BR-422) como principais via de acesso, vale destacar que a BR-422 faz ligação com Novo Repartimento e se conecta à Transamazônica (BR-230).

Em relação, ao esgotamento sanitário adequado o município apresenta 15% de área atendida, 48,9% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 12,4% de domicílios

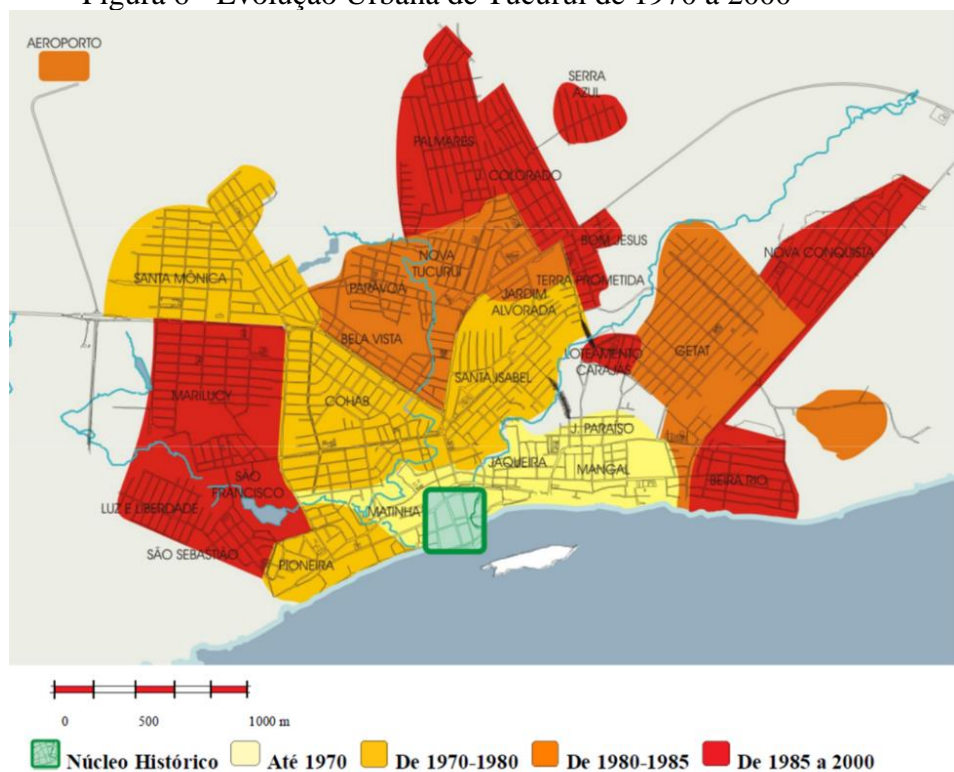
urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) (ELETRONORTE, 2018).

A cidade manifesta uma taxa de mortalidade infantil, indicativa de crianças que morreram antes de completar um ano de vida de 12,48 óbitos por mil nascidos vivos, inferior à taxa relativa ao Pará, de 15,75, e à taxa brasileira, igual a 12,89 crianças. A taxa não atende aos critérios mínimos da Organização Mundial da Saúde (OMS), que considera aceitáveis valores até 10 (ELETRONORTE, 2018).

Em Tucuruí as manifestações culturais são bastante variadas, e remontam a um período em que população ainda era composta, fundamentalmente, por povos tradicionais negros e índios, especialmente, as tribos Assurini e Parakanã (SIPLAN, 2006).

De 1976 a 1980 houve o surgimento dos bairros como a Vila Pioneira, Pimentel, Santa Isabel, COHAB e Santa Mônica, já entre 1985 até 2000, intensificaram-se as ocupações irregulares que integram a malha urbana de Tucuruí (GOTO, 2019). Como pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 - Evolução Urbana de Tucuruí de 1970 a 2000



Fonte: Nogueira (2010).

No período de 1985 a 2005, Nogueira (2010) ressalta que houve um crescimento na área urbana de Tucuruí para todas as direções e, muito desses lugares ocupados são impróprios, ambientalmente frágeis, degradados e suscetíveis a alagamentos.

O município, atualmente, é composto por variados aglomerados urbanos, que vão de bairros consolidados a aglomerados subnormais (GOTO, 2019), forma de ocupação irregular de terreno caracterizados por um padrão urbanístico irregular (IBGE, 2010), que se concentram-se em direção às margens do rio Tocantins, onde a infraestrutura da cidade apresenta-se deficitária (NOGUEIRA, 2010).

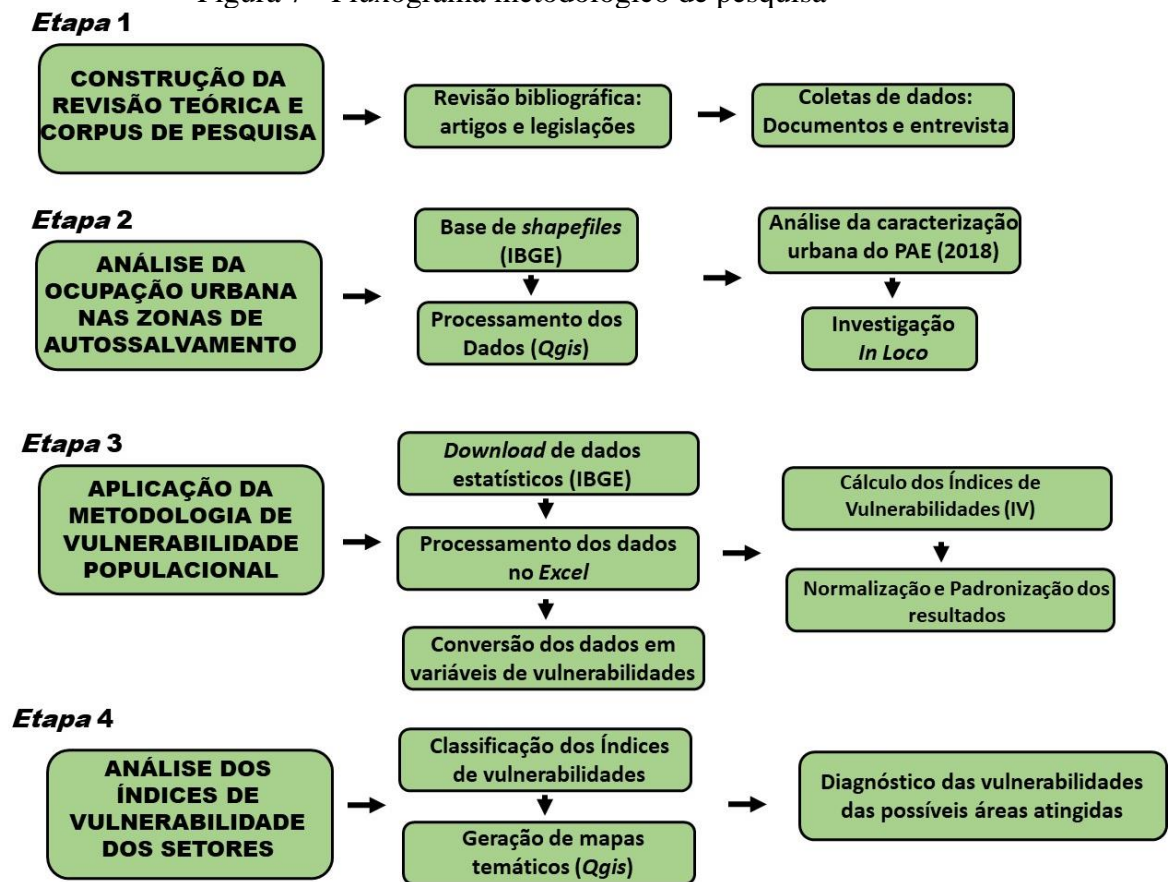
Em épocas de cheias do rio Tocantins e dos igarapés (fevereiro e março), aliada à falta de infraestrutura básica de esgotamento sanitário e drenagem pluvial ocorrem os alagamentos nas partes baixas da cidade, locais estes onde se concentram as ocupações irregulares de Tucuruí (TENÓRIO; LIMA, 2013).

Nogueira (2010) ainda ressalta que grande parte dos residentes que habitam esta área da cidade apresentam baixo poder aquisitivo, no período de chuvas intensas os moradores ficam dependentes do poder público e, sendo assim, faz-se necessário a implantação de projetos e soluções para o ordenamento da ocupação afim de garantir a segurança e a infraestrutura.

## **4.2 Procedimentos metodológico**

O delineamento metodológico se concentra em quatro etapas centrais, conforme apresenta o fluxograma representado na Figura 7, e contemplando os objetivos propostos.

Figura 7 - Fluxograma metodológico de pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

### Etapa 1: Construção da revisão teórica e corpus de pesquisa

Para construção da revisão teórica sobre o planejamento territorial e gestão de riscos tecnológicos associados a rompimento de barragens, realizou-se uma pesquisa bibliográfica a partir das variáveis teóricas que correspondem a ‘segurança de barragens’, ‘gestão de riscos e desastres’, ‘planejamento territorial’ e ‘vulnerabilidade social’. Para isto, foram utilizadas as bases de dados *Google Acadêmico*, *Scielo* e *Scopus (Elsevier)*. As duas primeiras bases utilizadas foram escolhidas por oferecer um acervo de literatura científica gratuita, já a terceira plataforma de trabalho científico foi aproveitada pela disponibilidade de acervo internacional, na qual o acesso foi realizado através da plataforma CAFE (Comunidade Acadêmica Federada) por meio do Portal de Periódicos da CAPES, ao qual é um serviço que reúne base de dados de instituições de ensino e pesquisa brasileiras e possui parceria com instituições internacionais. No Quadro 5, observa-se uma síntese de como decorreu a construção da pesquisa.

Quadro 5 - Delineamento estrutural de pesquisa

<b>Estrutura da pesquisa</b>	<b>Tipo de documento</b>
Documentos Científicos	Artigos científicos
Documentos técnicos	Relatórios, manuais e notas técnicas
Base legal	Leis e regulamentos
Entrevista semiestruturada	Transcrição da entrevista

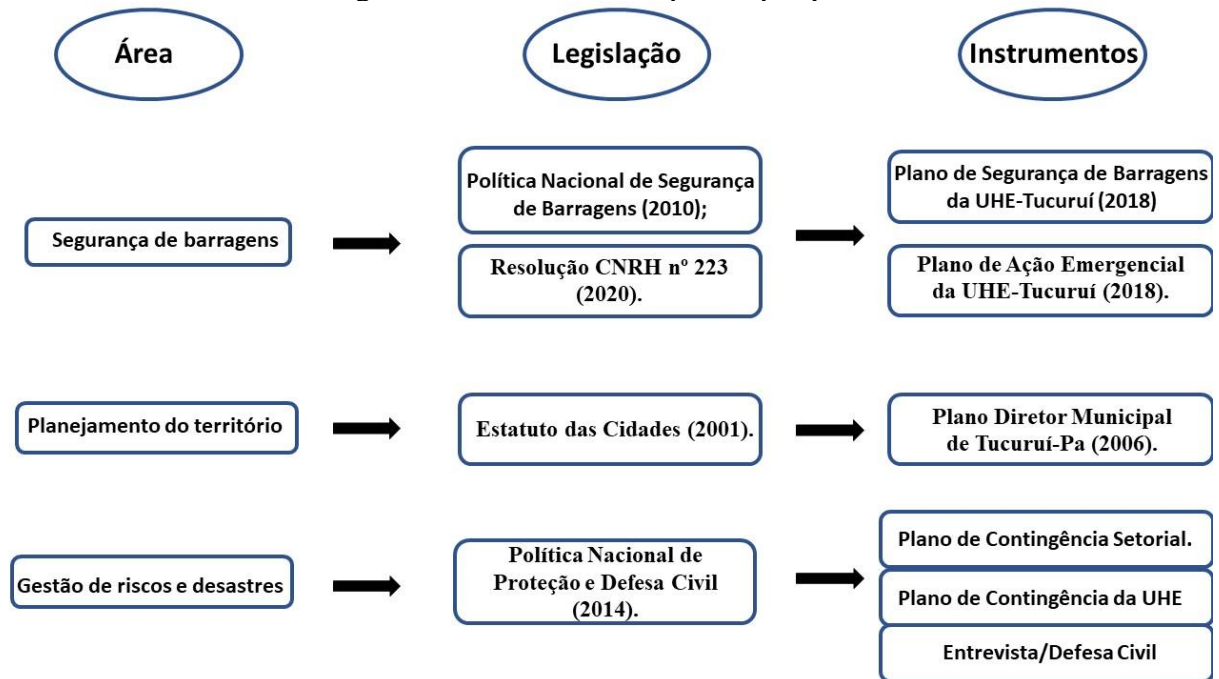
Fonte: Adaptado de Louzada (2018).

Dentre os trabalhos que nortearam esta pesquisa, destacam-se os trabalhos de Belladonna (2018) - Zoneamento do uso do solo em áreas localizadas no vale a jusante de barragens; Avelar (2019) - Vulnerabilidade e percepção de riscos de acidentes com barragens de caulim em Barcarena; Louzada (2018) – A segurança de barragens e governança de riscos em hidrelétricas na Amazônia; Goerl, Kobiyama e Peellerin (2012) - Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC.

Adiante, sucedeu-se um levantamento documental, analisando-se as documentações técnicas referentes à regulamentação de segurança de barragens no país e os regulamentos das hidroelétricas. O material estudado se configura em notas técnicas, manuais práticos de segurança e resoluções normativas, dentre eles se destacam os Relatórios de Segurança de Barragens (RSB), produzidos pela ANA (2016; 2017; 2018; 2019 e 2020); os manuais técnicos de segurança de barragens, produzidos pelo CBDB (2001), pelo Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2003) e pela Eletrobrás (2003) e os manuais da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (MI, 2016; 2017).

A base legal é composta pelas Lei de segurança de barragens (BRASIL, 2010), Lei de proteção e defesa civil (BRASIL, 2012), Resolução normativa do Conselho Nacional de Recursos Hídrico (CNRH, 2020) e pelo Estatuto das Cidades (2012), esta última foi selecionada por tratar da gestão do território das cidades brasileiras. Em síntese, o corpus de pesquisa foi definido de acordo com três áreas temáticas principais que norteiam a pesquisa: Segurança de barragens, Planejamento do território e Gestão de riscos e desastres, indicado na Figura 8.

Figura 8 - Estrutura do corpus de pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

## **Etapa 2: Análise da ocupação urbana no entorno das Zonas de Autossalvamento no município de Tucuruí-PA**

Para estimativas de ambiente construído nas ZAS do perímetro urbano do município foi utilizado técnicas de geoprocessamento a partir da base de metadados do IBGE (*shapefiles*) do ano de 2018, com o *software Qgis* versão *Desktop 3.16.7* para tabulação dos metadados e confecção de carta cartográfica. Além do mais, foi usado o estudo de caracterização do solo do vale a jusante da UHE-Tucuruí, realizado pela Eletronorte (2018) e apresentado no PAE do barramento.

Com base nos *shapefiles* cartográficos da malha municipal de Tucuruí-Pa foram identificados os aglomerados urbanos presentes nas ZAS e classificados conforme os parâmetros de caracterização dos setores que mapeiam ocupações urbanas e rurais a partir de 9 tipologias definidas pelo IBGE, conforme mostra o Quadro 6.

Quadro 6 - Categorias de setor urbano e rural utilizado pelo IBGE

CATEGORIA	DEFINIÇÃO
Área urbana de alta densidade de edificações	Área urbana com alta densidade de edificações
Área urbana de baixa densidade de edificações	Área urbana com baixa densidade de edificações, processos de expansão urbana, áreas verdes desabitadas, entre outras
Núcleo urbano	Áreas urbanas isoladas e aglomerados rurais de extensão urbana (conforme definição na metodologia anterior) que estejam descolados da área urbana. Inclui também conjuntos habitacionais e condomínios, mesmo em áreas rurais
Povoado	Aglomerado rural sem caráter privado ou empresarial, ou seja, não vinculado a um único proprietário do solo e caracterizado pela existência de comércio e serviços
Núcleo rural	Aglomerado rural vinculado a um único proprietário do solo (empresa agrícola, agroindústria, usinas etc.)
Lugarejo	Aglomerado rural que não dispõe dos serviços ou equipamentos urbanos definidores dos povoados e que não estão vinculados a um único proprietário
Área rural (exclusive aglomerados)	Área de uso rural caracterizada pela dispersão de domicílios e pela presença usual de estabelecimentos agropecuários
Massas de água	Porções de água que correspondem a grandes rios, estuários, baías, lagoas, lagos, represas, etc, que, por motivos operacionais, convém a delimitação setorial

Fonte: IBGE (2020).

Conforme Pera e Bueno (2016) em entrevista ao IBGE (2015) a metodologia utilizada para classificação dos aglomerados no meio urbano e rural dos setores censitários leva em consideração três critérios:

- **Estado de direito:** Definido por meio de legislação municipal (de perímetro urbano, zoneamento ou macrozoneamento, tributos, etc.);
- **Estado de fato:** Na ausência de legislação ou quando a mesma se apresenta desatualizada utiliza-se base imagens, cartografia e observações de campo realizado por servidores do IBGE com supervisão das sedes estaduais do órgão e leva em consideração o parcelamento, uso efetivo do solo e a densidade construtiva;
- **Elementos do meio físico:** Percepção em campo que facilitem a identificação dos respectivos limites setoriais a partir do percurso da coleta.

Este tipo de análise possui fragilidades, por ser de caráter complementar, mas possui potencialidades que auxiliam na identificação de aglomerados em meio urbano e rural para assistência em estudos de aspectos socioeconômicos ou demográficos (PERA; BUENO, 2016).

Para complementar, foi realizado uma análise *in loco* visando identificar as características da infraestrutura presente, como habitações, comércios, indústrias, rotas de tráfego, igrejas, pontes e entre outras estruturas urbanas, no intuito de comparar com a caracterização observada no PAE.

### **Etapa 3: Aplicação da metodologia de vulnerabilidade populacional**

Nesta etapa, foi realizada a caracterização da vulnerabilidade com base em condições socioeconômicas, segundo a metodologia proposta por Goerl, Kobiyama e Peellerin (2012). A determinação de vulnerabilidade com base em índices sociais, como renda, gênero, escolaridade, número de moradores em uma residência e entre outros, já foram utilizadas por diversos autores, dentre eles: Andrade e Szlafszteinn (2018) e Avelar (2019). Cutter (2011) explica que as variáveis socioeconômicas buscam traçar o perfil da comunidade presente em zonas de riscos e desastres e a partir do delineamento da vulnerabilidade é possível implantar políticas públicas com maior eficiência.

Assim, foi utilizado os indicadores com base nas características socioeconômicas coletadas pelo IBGE no último censo, ano de 2010. Vale ressaltar, que o IBGE faz uso dos setores censitários como unidade de análise, sendo setores definidos como: a menor unidade territorial, formada por área contínua, em zona urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas, a qual permite assegurar a plena cobertura do País (IBGE, 2010). Logo, devido os dados estarem organizados por setor, foi empregado os setores censitários para a análise da vulnerabilidade.

Com o intuito de se obter dados mais próximos da realidade, foram utilizadas as informações coletadas pela Eletronorte para a elaboração do Plano de Segurança de Barragem (PSB) da UHE-Tucuruí. Segundo consta no PSB (2018) os dados extraídos do Censo 2010 foram corrigidos pelo fator de 1,15%, equivalente a taxa de crescimento entre o ano de 2010 e a previsão do IBGE para o município em 2018. Tal medida foi empregada para este estudo devido o cancelamento do Censo 2020, para garantir a segurança dos servidores e população em relação a pandemia do Covid-19, sendo assim, o censo de 2010 é a base de dados mais recente.

A escolha dessa base de dados pode ser justificada por possuir um acervo amplo e dados de fácil acesso, pois são disponibilizados em sítios eletrônicos. É uma fonte confiável

por ser promovido pelo Governo Federal, além do mais, os dados são coletados com base em uma metodologia específica definida por setores (SILVA, 2020).

Neste sentido, ressalta-se, que a malha territorial de Tucuruí é composta por 100 setores censitários, os quais englobam um ou mais bairros e a área rural.

Já as ZAS são constituídas por 92 setores, espaço ao qual foi realizado este estudo. Ressalta-se, que a delimitação desta área foi atribuída de acordo com a simulação de mancha de inundação em um cenário de ruptura do barramento apresentado pelo PAE (2018). Estudos realizados por Santos (2017) explica que a extensão da área inundada em um cenário de desastre abrange em sua maioria o território urbanizado do município de Tucuruí e o tempo de resposta da população residente nesta área seria de, aproximadamente, 8 minutos. Logo, a maioria dos elementos de riscos das ZAS estão presentes em área urbana.

Conforme, realizado pela Eletronorte (2018) os setores que estão inseridos totalmente nas ZAS, são considerados a população atingida correspondente à do respectivo setor, para os setores censitários onde a mancha da ZAS não atinge completamente, toda área foi considerada uma parcela proporcionalmente a área atingida.

Sendo assim, foram selecionados 8 índices do IBGE para estimar a vulnerabilidade, as quais foram agrupadas em 6 variáveis de estudos, conforme mostra o Quadro 7. A compilação dessas variáveis foi escolhida baseada em Goerl, Kobiyama e Peellerin (2012) o critério utilizado pelos autores é a representatividade das três esferas principais que compõem a suscetibilidade: demografia, educação e economia.

Quadro 7 - Variáveis censitárias e seus respectivos parâmetros para mensurar o Índice de Vulnerabilidade (IV)

<b>Variáveis Censitárias</b>	<b>Índice de Vulnerabilidade (IV)</b>
Número de moradores no setor	População do setor (Ps)
Média de moradores por domicílio	Média de moradores (Mm)
Densidade demográfica	Densidade demográfica (Dd)
% da população acima de 65 anos % da população abaixo de 12 anos	População dependente (Pd)
% de pessoas analfabetas acima de 12 anos	Taxa de analfabetismo (Ta)
% de Responsáveis sem rendimento % de responsável com rendimento até 1 salário mínimo	Baixa renda – (Br)

Fonte: Adaptado de Goerl, Kobiyama e Peellerin (2012).

Adiante, apresentam-se alguns critérios para a coleta de dados, segundo Goerl, Kobiyama e Peellerin (2012):

- Pessoa Alfabetizada: pessoa capaz de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhece. Aquela que aprendeu a ler e escrever, mas esqueceu e a que apenas assina o próprio nome é considerada analfabeta;
- Pessoa responsável: homem ou a mulher responsável pelo domicílio particular permanente ou que assim é considerado(a) pelos demais moradores.
- Rendimento: a soma do rendimento nominal mensal de trabalho com o proveniente de outras fontes.

Em relação, a dependência foi adotada como limite de 12 e 65 anos, pois o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) considera indivíduos abaixo dessa idade como totalmente dependentes, perante a lei e sociedade, de seus pais e responsáveis, já a idade de 65 anos foi considerada conforme a Organização Mundial da Saúde que considera pessoas a partir de 65 como idosas.

A partir destas 6 variáveis estabeleceu-se o Índice de Vulnerabilidades (IV):

$$IV = \frac{Ps+Mm+Dd+Pd+Ta+Br}{IDHM} \quad (1)$$

Em que:

*Ps*: População do setor;

*Mm*: Média de moradores;

*Dd*: Densidade demográfica;

*Pd*: População dependente;

*Ta*: Taxa de analfabetismo;

*Br*: Baixa renda;

*IDHM*: Índice de Desenvolvimento Humano do Município.

Assume-se, nesta pesquisa, de acordo com os conceitos expostos, que a vulnerabilidade é inversamente proporcional a capacidade de suporte/resposta do município. Logo, o IDHM de Tucuruí foi utilizado como indicador desta capacidade.

Goerl, Kobiyama e Peellerin (2012) explicam que a escolha do IDHM como capacidade de suporte/resposta para todos os setores dá-se devido à normalidade de um município ser

totalmente afetada diante de um evento adverso como: aulas suspensas, falta de energia elétrica e água potável, estradas bloqueadas e dentre outros fatores. Neste sentido, a primeira resposta ao desastre traduz-se ao IDHM.

Neste sentido, é importante destacar que o IDHM é calculado com base em média aritmética de três índices: longevidade, educação e renda, e segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) o IDHM é valor único para todo o município (GOERL; KOBIYAMA; PEELLERIN, 2012). De acordo com a ONU (2021) o IDHM estimado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) é dividido em três classes: 0 a 0,499 (baixo desenvolvimento), 0,5 a 0,799 (médio desenvolvimento) e 0,8 a 1 (alto desenvolvimento).

No intuito de padronizar as unidades, todas as variáveis (v) foram escalonadas de 0 a 1, sendo 0 o valor mínimo de cada variável e 1 o valor máximo, esta padronização foi realizada conforme indicada por Marcelino, Nunes e Kobiyama (2006):

$$V_{\text{escalonado}} = \frac{V_{\text{observado}} - V_{\text{mínimo}}}{V_{\text{máximo}} - V_{\text{mínimo}}} \quad (2)$$

#### **Etapa 4: Análise dos índices de vulnerabilidade dos setores censitários**

Na etapa final, após escalonamento das variáveis e a obtenção do Índice de Vulnerabilidade (IV) de cada setor, conforme descrito na etapa 3, o IV foi agrupado em quatro classes: baixa, média, alta e muito alta, definidas por desvio quartílico baseado em Marcelino *et al.* (2006). A análise e classificação através do desvio quartílico divide o acervo de dados em quatro grupos com igual número de ocorrências, compreendendo 25% do total dos valores (RAMOS; SANCHEZ, 2000). Logo, o fatiamento dos dados é definido quantitativamente, eliminando a subjetividade no processo e definição do início do corte (GOERL; KOBIYAMA; PEELLERIN, 2012).

Seguindo a proposta metodológica desenvolvida por Goerl, Kobiyama e Peellerin (2012) para as análises de vulnerabilidades populacionais foram também considerados o levantamento de Perigo Estimado (PE) e Índice de Risco (IR), conforme descrito a seguir:

- Perigo Estimado (PE)

A partir da delimitação das áreas inundáveis de cada setor apresentada no PAE (2018) determinou-se o PE, logo:

$$PE = \frac{AI}{AT} \quad (3)$$

Em que:

*AI*: Áreas do setor inundada;

*AT*: Área total do setor.

- Índice de Risco (IR)

Sabendo que a vulnerabilidade foi determinada para cada setor censitário conforme o cálculo do IV, o PE foi estimado segundo a delimitação da área inundada de cada setor fez-se uma correlação a partir dos dois parâmetros e, assim, foi estimado o Índice de Risco (IR), ou seja:

$$IR = IV \cdot PE \quad (4)$$

Goerl, Kobiyama e Peellerin (2012) definem em seu estudo o risco como uma função da vulnerabilidade e do perigo, ao qual justifica a correlação de IV e PE para se obter o Índice de Risco. Por fim, para uma apresentação mais didática das análises, os valores de IV, PE e IR, foram trabalhados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) através do *software Qgis* versão *Desktop 3.16.7* para a geração de mapas temáticos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Instrumentos regulatórios e gestão de segurança da UHE-Tucuruí

Conforme descrito no item 3 desta pesquisa, segundo a Lei nº 12.334/2010 e estudos de Santos (2017), a UHE-Tucuruí possui grau baixo na Categoria de Risco (CR) e alto em relação ao Dano Potencial Associado (DPA). A baixa classificação de risco está relacionada com os aspectos de sua estrutura que possibilita condições de segurança para o barramento, no entanto, o alto DPA estabelece que a mesma necessita de um PAE conforme os regulamentos da ANEEL (SANTOS, 2017). Goto (2019) explica que a área jusante do empreendimento é marcado por ocupações urbanas e rurais, marcado pela presença de variadas edificações na margem esquerda do rio, tal fato justifica a classificação alta em DPA.

Neste sentido, para a gestão de segurança do barramento, a elaboração do PAE e de um Plano de Contingência (PLANCON) são instrumentos a serem utilizados diante de cenários de emergência e desastre, sendo o PAE responsabilidade do empreendedor e o PLANCON do poder público, neste caso, as defesas civis municipais (LOUZADA, 2018). Dessa forma, a Eletronorte conta com um Plano de Segurança de Barragens (PSB), publicado no ano de 2018, no qual está incluso o conteúdo do PAE e todas providências diante de emergências que são ao encargo do empreendedor. No entanto, estudos realizados por Louzada (2018) evidenciam que o documento não foi repassado as defesas civis municipais como sinaliza a legislação, além de relatar que as diretrizes da empresa são sigilosas o que dificulta a comunicação e o gerenciamento na relação entre setor privado (empreendedor) e o público (prefeituras).

Em relação ao PLANCON, verificou-se, que o mesmo é inexistente. Em entrevista semiestruturada e transcritas para otimização das análises das respostas obtidas, concedida pelo secretário de segurança pública do município em, 26 de Janeiro de 2021, realizada com o Agente Municipal da Defesa Civil de Tucuruí (DC-Tucuruí), o órgão explica que o município possui um PLANCON SETORIAL, isto é, um plano de contingência em elaboração para o gerenciamento de riscos e desastres naturais, no entanto, não apresenta medidas de emergência diante de um evento adverso envolvendo o barramento UHE-Tucuruí.

Outra problemática, é a organização da Defesa Civil municipal no território nacional, em relação a constante troca de servidores, como ocorreu no município de Tucuruí, no ano de 2021, em consequência das eleições municipais, de 2020, para definir prefeitos e vereadores que compõem a gestão administrativa nas cidades brasileiras, houveram trocas de gestão, como

é o caso da DC-Tucuruí. Diante disso, os trabalhos desenvolvidos pela gestão anterior estavam paralisados até que a nova equipe se adaptasse as demandas da cidade.

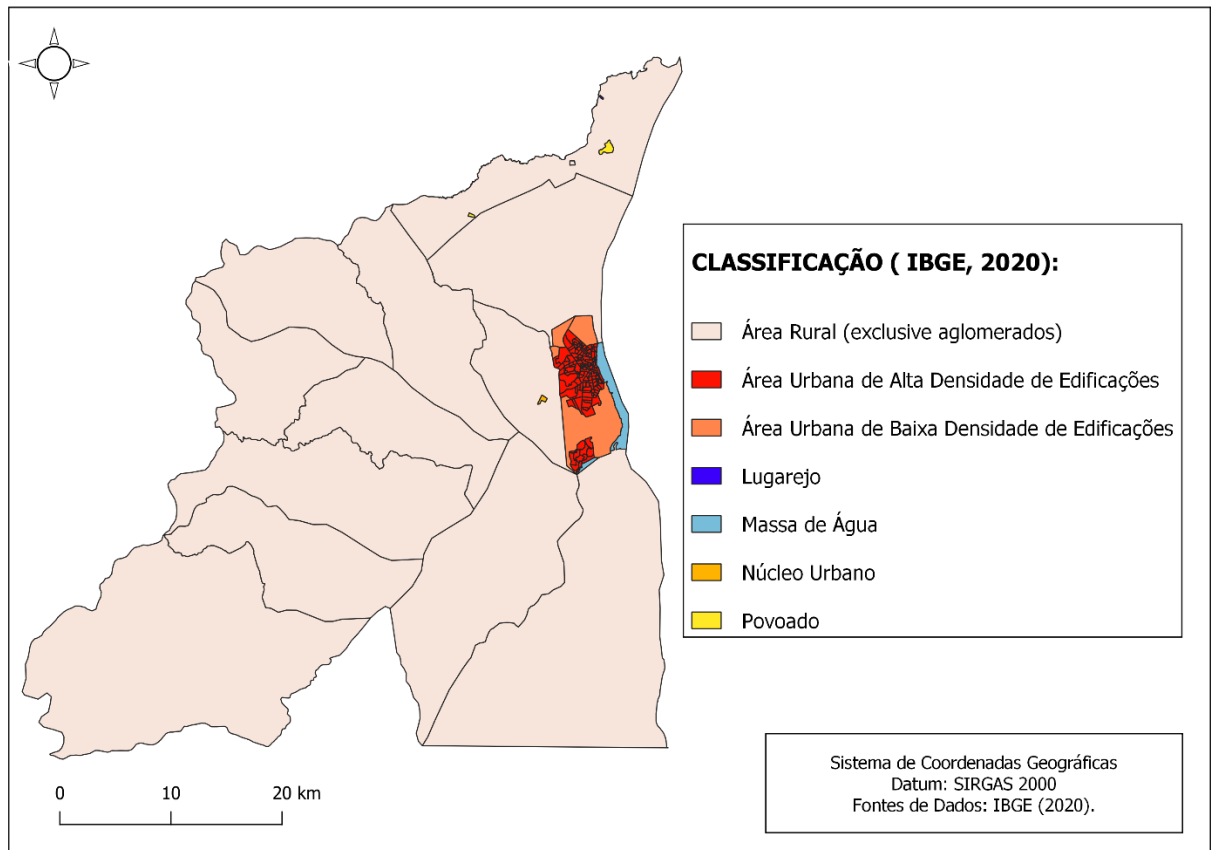
Além do mais, ao questionar sobre o crescimento de ocupações nas ZAS, o órgão relatou que existem projetos habitacionais para a realocação das populações ali presentes até por ser uma região com índices altos de alagamentos no período de cheias do Rio Tocantins, no entanto, em relação a zoneamento da região ou legislações para o ordenamento dessas áreas é inexistente.

Sobre o Plano Diretor Municipal foi conversado com um técnico da Secretária de Obras do Município, responsável pela vistoria de infraestruturas urbanas, o qual indicou que o documento datado de 2006, encontra-se desatualizado. No entanto, a Secretária não apresentou previsão de quando será organizado e elaborado um novo plano. Sendo assim, não há previsão de como será a configuração das áreas de zoneamento do município e se as ZAS serão inclusas na organização urbanística de Tucuruí.

## **5.2 Identificação de ocupação urbana no entorno das ZAS no município de Tucuruí-PA conforme metadados do IBGE.**

De acordo com a classificação dos setores censitários do IBGE (2020) para o município de Tucuruí, em sua composição estão presentes três tipologias de situação urbana, três de situação rural e a presença de massas de água, como consta na Figura 9.

Figura 9 - Situação dos setores censitários urbano e rural de Tucuruí-Pa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A malha urbana de Tucuruí é categorizada por: Áreas urbanas de alta densidade de edificações, Área urbana de baixa densidade de edificações e um Núcleo urbano. Neste sentido, de acordo com o IBGE (2020) a área urbana é caracterizada por grande concentração de estruturas, edificações, sistema viário desenvolvido, domicílios e equipamentos urbanos (edificações, pavimentação, rede elétrica e sanitária, etc.). Logo, a caracterização urbanística de Tucuruí é definida com:

- **Áreas urbanas de alta densidade de edificações**

O município apresenta dois aglomerados com alta densidade de infraestruturas urbanísticas como pode ser observado na Figura 9. O primeiro retrata a sede municipal em que está localizado o centro comercial e seus bairros consolidados. Em relação a segunda zona refere-se ao bairro construído pela Eletronorte, a Vila Permanente. Neste aglomerado estão localizadas as instalações do hospital regional de Tucuruí, quartel do exército, o Instituto Federal do Pará, Universidade Federal do Pará, dentre outros prédios culturais da cidade.

- **Área urbana de baixa densidade de edificações**

Esta tipologia representa os aglomerados urbanos em expansão. Ao observar o mapa (Figura 9), verifica-se que estes aglomerados representam as expansões dos bairros, ocupações desordenadas e a formação de novos condomínios particulares. Vale destacar, que o trecho da BR 422, entre a sede de Tucuruí e a Vila Permanente, é uma região que se encontra em expansão, neste aglomerado estão localizados o bairro Cristo Vive, condomínio Buriti II e a região do Sítio Deus é Grande.

De forma geral, a diferenciação destas duas tipologias ocorre pela análise da densidade de área edificada no setor censitário, considerando também a presença de estruturas territoriais de características peculiares como complexos industriais.

- **Núcleo Urbano**

Neste estudo, o Núcleo urbanístico representa o condomínio Viva Cidade.

Logo, diante do que foi exposto, pode-se afirmar que as ZAS são compostas por áreas com alta densidade de edificações com presença de polos comerciais e de regiões em expansão urbana. Vale ressaltar, que a área inundável está totalmente dentro dos setores urbanos do município, a mancha de inundação corresponde a uma área de 61,59 km<sup>2</sup>, sendo que deste total, 30,78 km<sup>2</sup> cobrem o município de Tucuruí (ELETRONORTE, 2018).

Estudos realizados pela Eletronorte (2018) ainda ressaltam que, considerando somente as áreas dos setores censitários que estão inseridos na ZAS e os dados populacionais corrigidos para 2018, estimou-se um total de 69.115 habitantes, distribuídos na área potencialmente atingida.

Em relação, aos setores de zonas rurais, a análise identificou três tipologias: Área rural (exclusive aglomerados), Lugarejo e Povoado. É importante destacar que conforme a Eletronorte (2018) as áreas de zonas rurais não estão presentes nas zonas inundáveis e, portanto, parte dessa região diante de um evento adverso será utilizada para a instalações de abrigos provisórios. Por fim, a presença de massas de águas na classificação dos setores representa a presença do rio Tocantins dentro da delimitação municipal de Tucuruí e o reservatório artificial da UHE-Tucuruí.

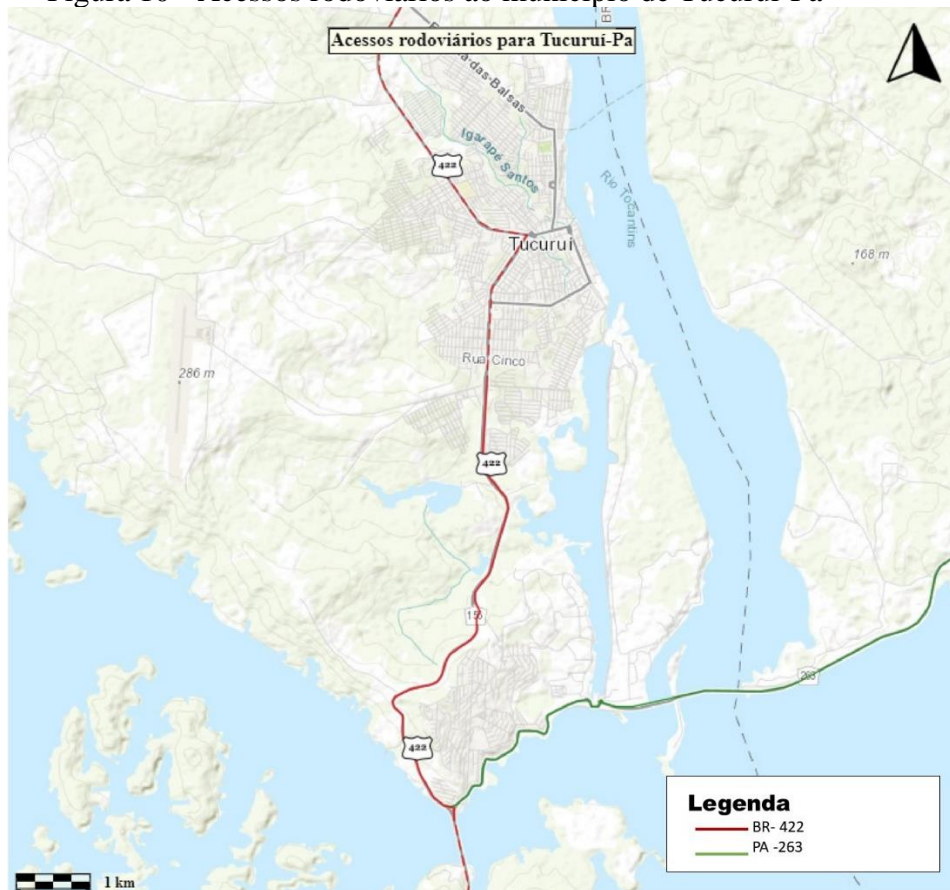
### 5.2.1 Caracterização do vale a jusante no município de Tucuruí-Pa

As residências no perímetro urbano do município são predominantes casas de alvenaria com revestimento ou madeira dispostas na área urbana, com a presença de alguns prédios com 3 a 4 pavimentos. De acordo com estudos da Eletronorte (2018), para a elaboração do PAE, foram levantados os elementos da infraestrutura relativo à comunicação, no que se refere aos setores rodoviários, hidroviários e aeroviário:

- **Rodoviário**

Os acessos ao município de Tucuruí ocorrem através das rodovias BR-422 e PA-263 (Figura 10).

Figura 10 - Acessos rodoviários ao município de Tucuruí-Pa



Fonte: Adaptado DNIT (2021).

Além destas rodovias, existem também as estradas municipais que permitem o fluxo de veículos fora das ZAS. As duas principais estradas são: a estrada do aeroporto, que faz a ligação entre o aeroporto de Tucuruí e a sede urbana e a Trans Bom Jesus, que liga a sede urbana à Fazenda Bom Jesus. Com a interdição de parte da BR-422, que cruza a sede urbana, em caso de ruptura do barramento principal, as vicinais citadas anteriormente servirão tanto para acesso, quanto para rota de fuga da ZAS.

Em Tucuruí, há o Terminal Rodoviário “Suely Zinn Furman”, localizado na BR-422, km 01, no Bairro Santa Mônica, assim como o Terminal Rodoviário da Vila Permanente, também localizado na BR-422, km13 no bairro Vila Permanente. O transporte interno é realizado através de 174 táxis e 386 mototáxis e na cidade há uma empresa de ônibus (Viação Tucuruí), que realiza o transporte coletivo dentro do município e para o município de Breu Branco. Vale ressaltar, que tanto os terminais rodoviários, como a garagem da Viação Tucuruí estão fora da ZAS. Desta forma, os veículos de transporte de passageiros poderão ser utilizados para transportar a população do ponto de refúgio até os abrigos, se necessário.

- **Hidroviário**

O transporte hidroviário de Tucuruí é realizado por meio do rio Tocantins através do mesmo pode-se chegar, saindo de Tucuruí, praticamente a todas as grandes cidades amazônicas que ficam as margens dos rios. No entanto, este meio de transporte é principalmente usado para se chegar às cidades de: Cametá, Baião e Mocajuba, e nas vilas de Itaquara, Vila do Carmo, Murú, etc. Nestas viagens são usados barcos que comportam, em média, de 30 a 60 pessoas como maior fluxo de passageiros geralmente no inverno, quando algumas estradas se tornam intrafegáveis e o transporte hidroviário torna-se o único meio de chegar a alguns municípios e vilas citadas (ELETRONORTE, 2018).

Em Tucuruí, há dois portos de desembarque pesqueiro, segundo Diagnóstico dos Portos de Desembarques Pesqueiros do Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí de 2016. Um deles é o Porto do Mercado Municipal, nas proximidades do mercado municipal de peixes, em área a jusante do reservatório da UHE Tucuruí, e o outro é o Porto do Km 11, considerado um dos portos com maior volume de pescado desembarcado na área do Mosaico de Unidades de Conservação Lago de Tucuruí. O “Porto de Tucuruí” (Figura 11), e o Porto do Mercado Municipal estão localizados em área dentro da ZAS, sendo, portanto, estruturas que compõem as estruturas em risco. O “Porto do km 11” encontra-se fora da ZAS.

Figura 11 - Cais do porto no município de Tucuruí-Pa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

- **Aéreo**

O município possui um aeroporto construído pela Eletronorte, administrado pela Prefeitura Municipal de Tucuruí, com campo de pouso para aviões de grande porte, a uma distância de 285 km da capital, possuindo pista com capacidade para voos noturnos. O aeroporto dista 8 km do centro da Cidade. O aeroporto encontra-se fora da ZAS e pode ser utilizado como meio de comunicação com a região. Na Tabela 2, observa-se a distância dos principais pontos relacionados ao transporte e sua distância da UHE-Tucuruí.

Tabela 2 - Infraestruturas relativos ao transporte

<b>Ponto</b>	<b>Distância da Barragem (m)</b>	<b>Localização na ZAS</b>
Aeroporto de Tucuruí	9.393	Não
Eclusa 1	1.329	Sim
Eclusa 2	5.598	Sim
Porto/Cais de Tucuruí	7.622	Sim
Porto do Km 11, Vila Permanente.	3.864	Não
Terminal Rodoviário de Tucuruí Suely Zinn Furman	6.376	Não
Terminal Rodoviário da Vila Permanente	3.126	Não
Viação Tucuruí	6.505	Não

Fonte: Eletronorte (2018).

- **Outras Infraestruturas**

Além destas, foram identificados outros tipos de infraestrutura que necessitam de um tratamento especial, conforme consta no PAE (2018), a exemplo de estabelecimentos de ensino e de saúde, de segurança pública e defesa civil, edificações religiosas e de lazer entre outros, que representam possíveis pontos de aglomeração de pessoas, ou de presença de pessoas com tratamento diferenciado em caso de emergência, assim como locais que possam servir de pontos de encontro ou ponto de refúgio, além de elementos de apoio em caso de emergência.

Em relação ao comércio em Tucuruí, se apresenta bem diversificado e distribuído. De acordo com dados do Ministério de Trabalho e Emprego (MTE), em janeiro de 2018 o município possuía 755 estabelecimentos comerciais varejistas e 81 estabelecimentos comerciais atacadistas e, no setor de Serviços 702 estabelecimentos e 2298 empregos formais (ELETRONRTE, 2018). Na Figura 12 e Figura 13, é possível visualizar dois tipos desses estabelecimentos.

Figura 12 - Supermercado em Tucuruí



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 13 - Shopping center em Tucuruí



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No município, segundo dados da Agência Nacional do Petróleo (2018), há um total de 13 postos de combustíveis, destes 07 estão localizados dentro da ZAS, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Comércio de combustíveis no município de Tucuruí

<b>Ponto</b>	<b>Distância da Barragem (m)</b>	<b>Localização nas ZAS</b>
Auto Posto Popular	6.744	Não
Gran Posto Beira Rio	8.046	Sim
Posto Cascão	6.363	Sim
Posto Barrerinhas	7.541	Sim
Posto Cidade Luz	7.855	Sim
Auto Posto São Pedro	6.321	Não

Petromax	5.627	Não
Auto Posto Permanente	2.807	Não
Posto Líder	8.897	Sim
Hiperposto	7.092	Sim
Posto Laiza	9.656	Sim
Auto Posto Tucuruí	8.791	Não
Posto SP	7.245	Não

Fonte: Eletronorte (2018).

Com relação à educação, o município de Tucuruí está subordinado à Unidade Regional de Ensino de Tucuruí, no tocante aos estabelecimentos de ensino, de acordo com o Censo Educacional de 2017, o município conta com 84 estabelecimentos, sendo que deste total, 05 são escolas estaduais, 56, municipais, 17 particulares e 02 federais, além de uma estadual e 02 particulares da rede de ensino superior, vale destacar que 30 das 84 instituições de ensino estão presentes nas ZAS (ELETRONORTE, 2018). De acordo com o PAE (2018) os estabelecimentos de ensino são importantes locais tanto para ponto de encontro para recepção de pessoas, como ponto de refúgio durante situações de crise. Na figura 14, pode-se observar um desses estabelecimentos de ensino.

Figura 14 - Escola Municipal Dulcimar Brito



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Em relação aos prédios do setor da saúde, o município de Tucuruí conta com um total de 53 estabelecimentos, entre gestão estadual e municipal, e de natureza jurídica dos tipos administração pública, entidades empresariais, entidades sem fins lucrativos e pessoas físicas (PAE, 2018). Um exemplo de infraestrutura da área da saúde é o Centro de Atenção Psicossocial (Figura 15).

Figura 15 - Centro de Atenção Psicossocial de Tucuruí-Pa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

De acordo com a Eletronorte (2018) também foram identificados os principais pontos religiosos do município, considerados como locais de possível aglomeração de pessoas em dias de atividades, principalmente sábados e domingos, assim como alguns fora da ZAS, para onde possa afluir a população em situação de evacuação (ponto de refúgio). Do total de 11 pontos, 8 encontram-se dentro da ZAS.

Em relação ao lazer o município possui diversos espaços de entretenimento que se constituem concentrações de quantidade de pessoas, tais como: Mercado Municipal, Tucuruí Shopping Center, feira municipal de Tucuruí, Clube Recreativo Vila Permanente, Ginásio Poliesportivo Esmaelino Pontes, Estádio Municipal Antonio Dias, Associação Atlética do Banco do Brasil, Associação dos Empregados da ELETRONORTE, Centro de Convenções de Tucuruí e entre outros, conforme consta no PAE (2018). Na Tabela 4 é possível observar os principais pontos de lazer e sua distância da UHE-Tucuruí.

Tabela 4 - Infraestruturas de lazer e pontos de aglomerações

<b>Ponto</b>	<b>Distância da Barragem (m)</b>	<b>Localização nas ZAS</b>
Mercado Municipal	7.967	Sim
Tucuruí Shopping Center	7.661	Sim
Feira Municipal de Tucuruí	7.869	Sim
Clube Recreativo Vila Permanente	3.912	Não
Ginásio Poliesportivo Esmaelino Pontes	6.917	Sim
Estádio Municipal Antônio Dias	5.497	Sim

Associação Atlética Banco do Brasil	7.831	Sim
Associação dos Empregados da Eletronorte	3.269	Não
Centro de Convenções de Tucuruí	7.352	Sim
Parque de Exposição Agropecuária de Tucuruí	9.964	Sim
Ginásio Praça do Jardim Paraíso	8.272	Sim

Fonte: Eletronorte (2018).

O estudo da Eletronorte (2018) também cita as estruturas do governo municipal (Tabela 5), sendo a Prefeitura Municipal de Tucuruí e a Câmara de Vereadores de Tucuruí, ambas dentro da ZAS.

Tabela 5 - Infraestruturas do Governo Municipal

<b>Ponto</b>	<b>Distância da Barragem (m)</b>	<b>Localização na ZAS</b>
Prefeitura Municipal de Tucuruí	7.765	Sim
Câmara Municipal de Tucuruí	7.560	Sim

Fonte: Eletronorte (2018).

- **Ocupações desordenadas**

Uma característica presente no vale a jusante é a dos assentamentos irregulares, onde parte dessas ocupações estão constituídas dentro das Zonas de Autossalvamento. Estudos de Nogueira (2010) mostram que a falta de moradia é uma grande problemática no município de Tucuruí e uma alternativa encontrada por muitas pessoas é recorrer as ocupações irregulares, ou seja, a invasão de terras.

Conforme o autor, o conjunto habitacional Nova Matinha, construído pelo poder público municipal, pode ser caracterizado como um aglomerado urbano irregular e degradado, pois além da ausência de infraestrutura (distribuição de água, esgotamento sanitário, coleta de resíduos, pavimentação, drenagem), a precariedade refere-se também aos riscos de alagamento e dificuldade de acessibilidade, também como, salubridade, segurança, densidade da unidade habitacional (número de pessoas por cômodo, ou área adequada ao tamanho da família conforme mostram as Figuras 16 e 17.

Figura 16 - Ocupações desordenadas na Nova Matinha



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 17 - Rua no conjunto habitacional Nova Matinha



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Ademais, a localização do conjunto está presente nas Zonas de Autossalvamento a qual o número de edificações desordenadas vem se expandindo. Outro ponto a se desatacar, observado na visita de campo, são as construções de trapiche próximo a localização das eclusas (Figura 18).

Figura 18 - Estruturas de lazer próximo das eclusas da UHE-Tucuruí






Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Nota-se pela Figura 19, que a quantidade de estruturas na área é expressiva, pois a região se tornou atrativa para momentos de lazer.

Figura 19 - Trapiches na Nova Matinha próximo da eclusa



LEGENDA	
	Eclusa
	Área de lazer (Nova Matinha)
	Trapiche

ESCALA  100 M

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

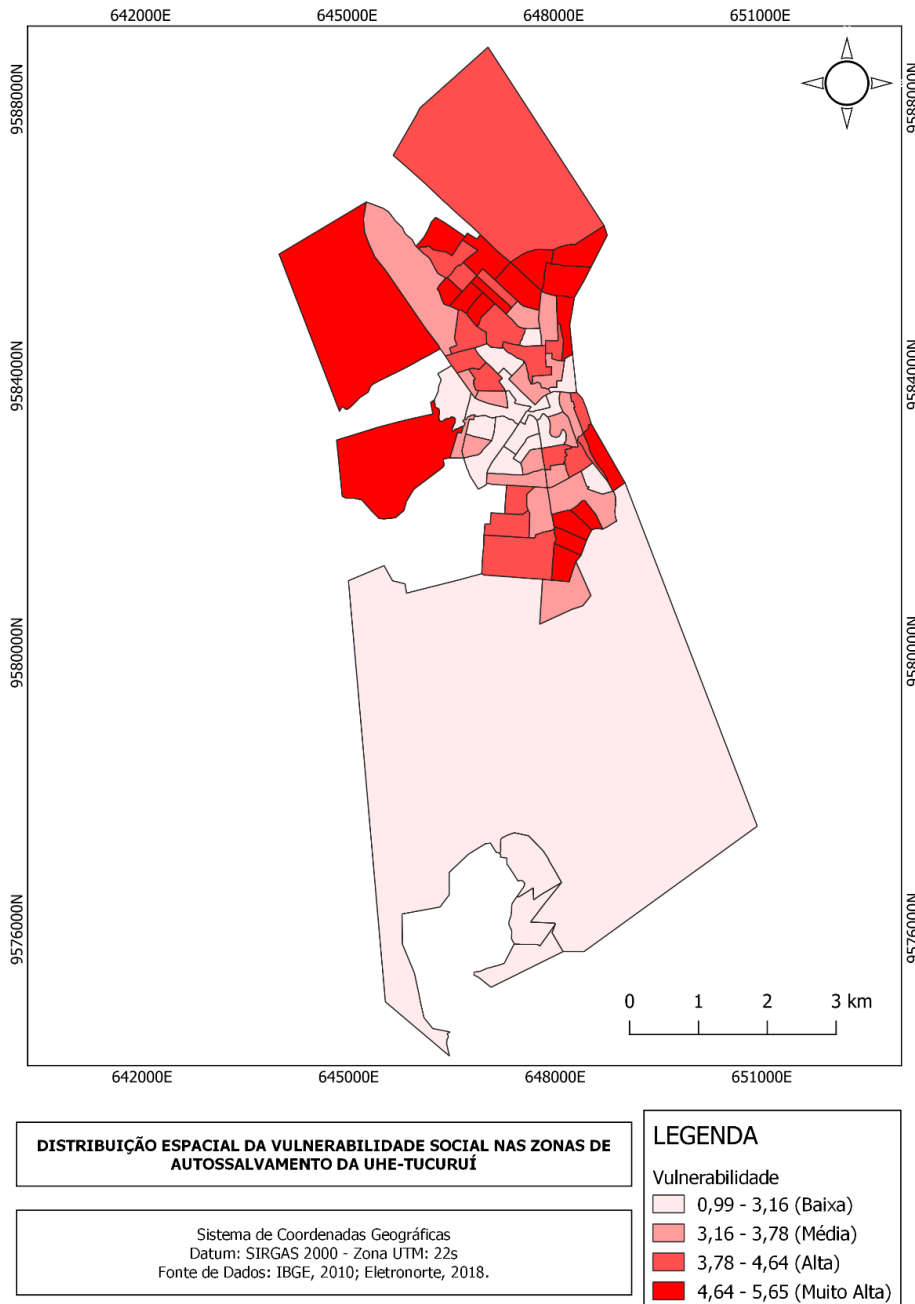


Neste sentido, ressalta-se a importância de medidas de ordenamento e regramento do solo para a localidade.

### 5.3 Índice de Vulnerabilidade Populacional

Como descrito na etapa 3 da metodologia, foram compiladas seis variáveis censitárias que representam índices socioeconômicos e demografia para construir o IV, os resultados obtidos para cada setor encontram-se no Apêndice A desta pesquisa. Assim sendo, com base no IV, foi elaborado o mapa de Vulnerabilidade para as Zonas de Autossalvamento no município de Tucuruí (Figura 20).

Figura 20 - Distribuição Espacial da vulnerabilidade nas ZAS de Tucuruí-Pa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

- **Classificação dos Índices de Vulnerabilidade**

Com base em Marcelino et al. (2006), os resultados foram classificados conforme os resultados da Tabela 6.

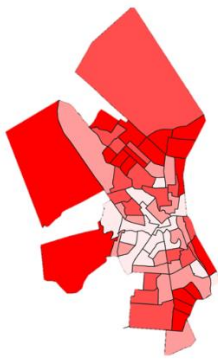
Tabela 6 - Classificação por Desvio Quartílico

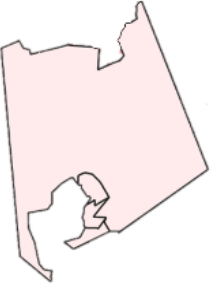
<b>Classificação</b>	<b>Valores</b>
<b>Baixa</b>	0,99 – 3,16
<b>Média</b>	3,16 – 3,78
<b>Alta</b>	3,78 – 4,64
<b>Muito Alta</b>	4,64 – 5,65

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Como observado, na Figura 20 e Quadro 8, os setores com altos índices de vulnerabilidade (4,69 a 5,66) são aqueles que foram classificados com alta densidade de edificações e de expansão urbanística (Área urbana de baixa de densidade de edificações) e, conseqüentemente, com maior número de habitantes, isto é, os setores que estão presente na malha urbana do município.

Quadro 8 - Análise da distribuição espacial do IV (Figura 20)

<b>Setores (recorte)</b>	<b>Descrição da área</b>	<b>Vulnerabilidade</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centro e bairros consolidados (Sede municipal);</li> <li>- Aglomerados com expansões urbanísticas nas margens do Lago de Tucuruí;</li> <li>- Área caracterizada com alta densidade de edificações (Figura 9);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centro, Cohab, Bela Vista e Nova Tucuruí são bairros que estão presentes em ZAS com baixa vulnerabilidade.</li> <li>- Beira Rio, Getat, Nova Conquista, Matinha, Mangal, Nova Matinha, Jaqueira, São Sebastião, Jardim Paraíso, Paravoá, Santa Izabel e Liberdade são bairros que estão presentes em ZAS entre alta e muito alta vulnerabilidade.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Região entre Tucuruí e Vila Permanente;</li> <li>- Povoado: Sítio Deus é Grande;</li> <li>- Residencial: Buriti II e Cristo Vive;</li> <li>- Área de expansão urbana com baixa densidade de edificações (Figura 9).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Região com IV entre 0,99 a 3,16. (Figura 20).</li> </ul>
---	---	---

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A região com altos valores de IV estão inseridos dentro da zona urbana, com exceção da zona de influência do centro comercial. Sendo assim, esta área apresenta números significativos de habitações e a presença de edificações comerciais, como: lojas, supermercados, bancos, postos de gasolina e entre outros. Como mencionado o centro comercial do município e bairros vizinhos (Nova Tucuruí, Bela Vista, Cohab) apresentaram baixa vulnerabilidade, devido possuir as melhores condições socioeconômicas do município.

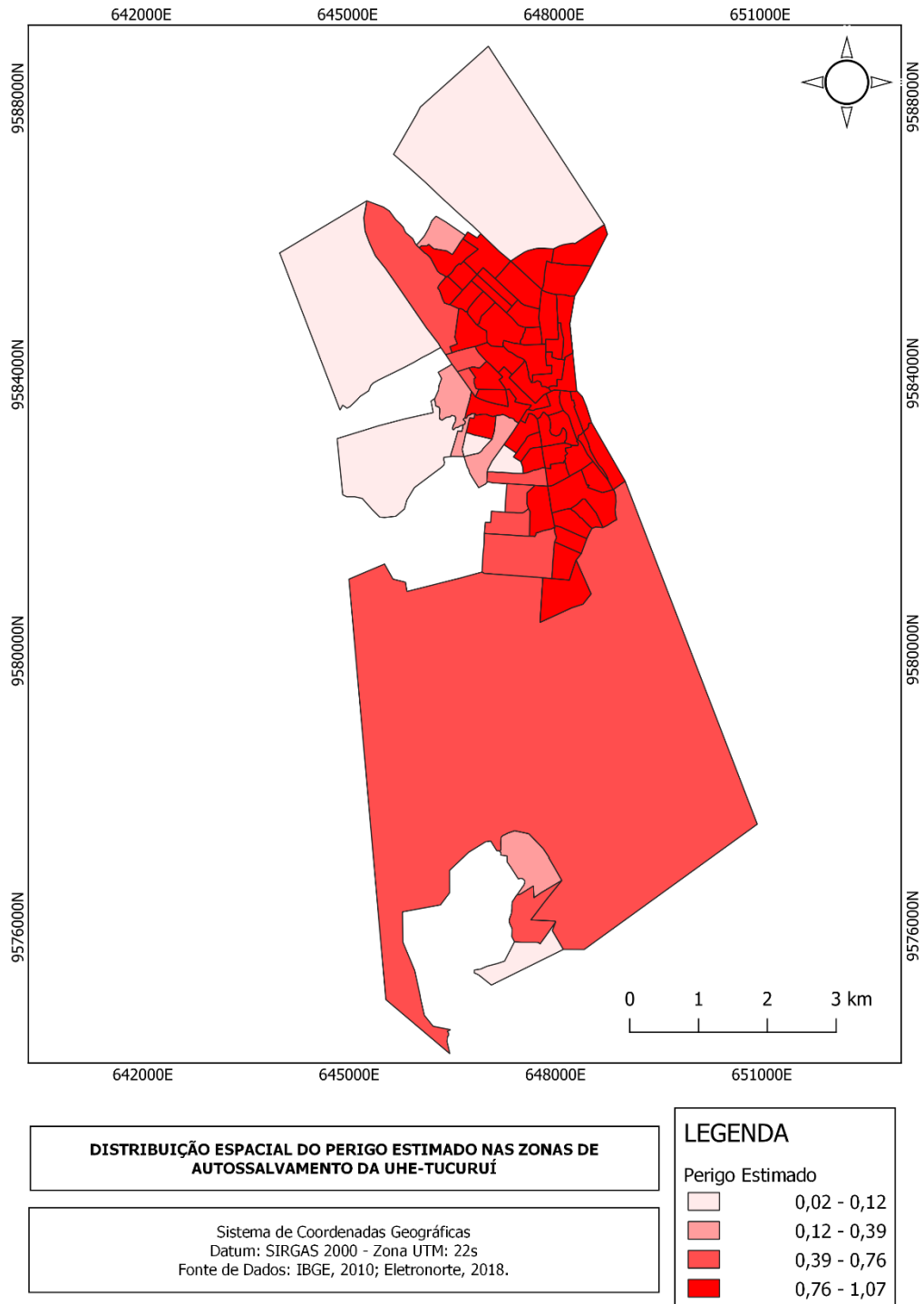
No entanto, bairros como Paravoá, Santa Izabel e Matinha que também são próximos ao centro demonstraram áreas com alta e muito alta vulnerabilidade reflexo das baixas condições socioeconômicas. Ademais, ao observar a Figura 20, percebe-se que, conforme vai se afastando do núcleo comercial, a vulnerabilidade vai se elevando, como é o caso dos setores as margens do Rio Tocantins, dentre eles a região do Cais e seus arredores.

Já em relação a área entre a sede municipal (Tucuruí) e a Vila da Eletronorte, apresentou-se valores menores de vulnerabilidade por ser uma região em expansão urbanística.

### 5.3.1 Perigo Estimado e Índice de Risco

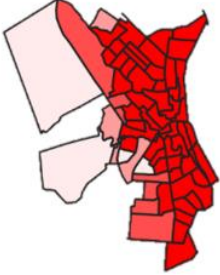

Com base nas áreas inundadas de cada setor (Apêndice B) e através da sua proporção em relação à área total, estimou-se o PE (Figura 21).

Figura 21 - Distribuição espacial do Perigo Estimado nas ZAS de Tucuuruí-Pa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Quadro 9 - Análises do Perigo Estimado (Figura 21)

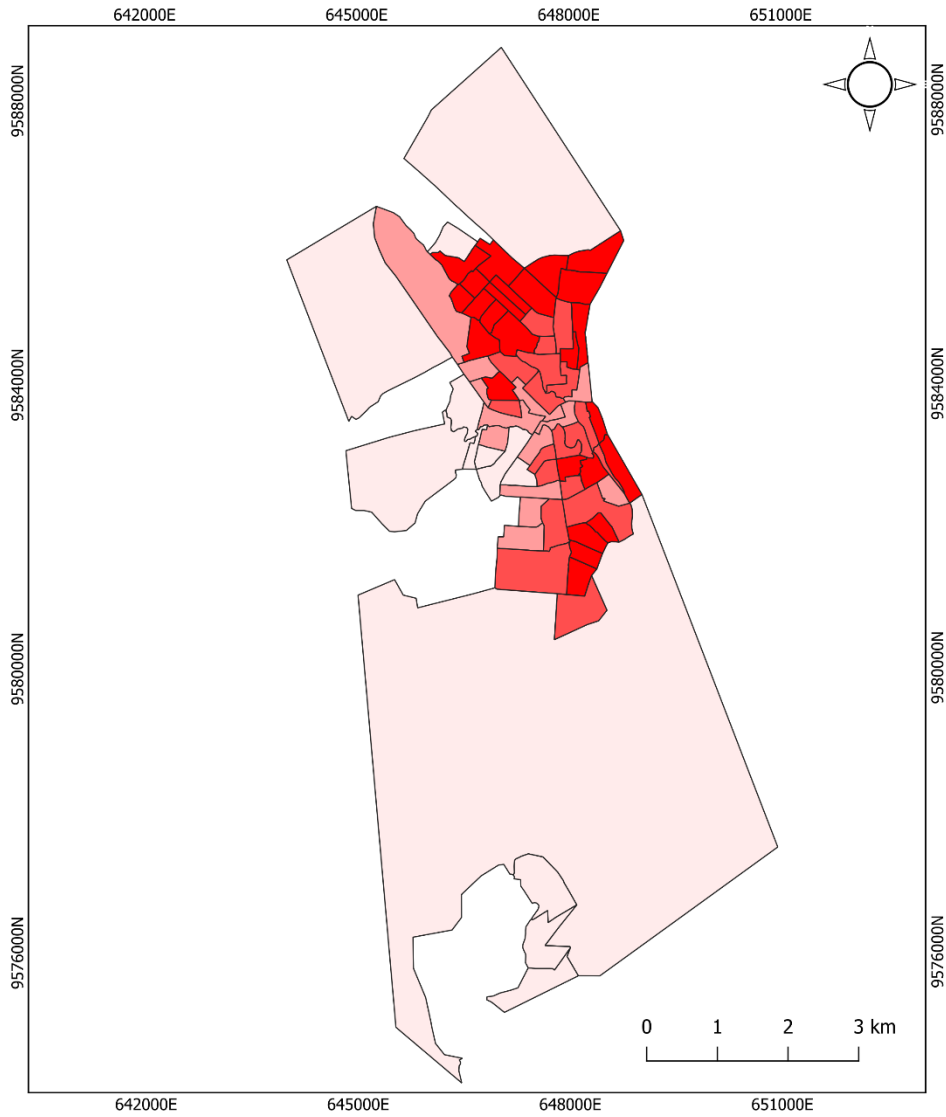
Setores (recorte)	Descrição da área	Perigo Estimado
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centro e bairros consolidados (Sede municipal);</li> <li>- Aglomerados com expansões urbanísticas nas margens do Lago de Tucuruí;</li> <li>- Área caracterizada com alta densidade de edificações (Figura 9);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maioria dos setores com elevado índices de PE (0,77 a 1,07), devido sua área territorial está 100% na mancha de inundação.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Região entre Tucuruí e Vila Permanente;</li> <li>- Povoado: Sitio Deus é Grande;</li> <li>- Residencial: Buriti II e Cristo Vive;</li> <li>- Área de expansão urbana com baixa densidade de edificações (Figura 9).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PE ente 0,39 a 0,76, região com mais de 80% (Eletronorte, 2018) presente na área de inundação.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Nota-se que os setores presentes na sede do município são os que apresentam maior PE (Quadro 9), tal circunstância é justificada pelo fato de serem setores com 100% do seu território dentro da área de inundação (ELETRONORTE, 2018). Ao observar a região entre Tucuruí e Vila, percebe-se que uma parte significativa da área está presente em zonas de inundação. Logo, é uma região com baixa vulnerabilidade por ser uma área em expansão urbanística, mas apresenta um PE expressivo, o que requer políticas de zoneamento para a região, nesse sentido, o PE pode ser útil no gerenciamento de áreas inundáveis e para o zoneamento da região (GOERL; KOBİYAMA; PEELLERIN, 2012).

Na Figura 22, pode-se visualizar a espacialização do IR da zona urbana de Tucuruí presente nas ZAS.

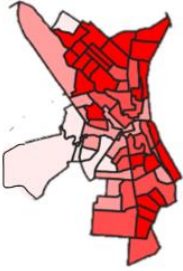
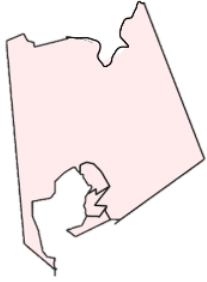
Figura 22 - Distribuição espacial do risco nas ZAS de Tucuruí-PA



<b>DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE RISCO NAS ZONAS DE AUTOSSALVAMENTO DA UHE-TUCURUÍ</b>	
Sistema de Coordenadas Geográficas Datum: SIRGAS 2000 - Zona UTM: 22s Fonte de Dados: IBGE, 2010; Eletronorte, 2018.	
<b>LEGENDA</b>	
Índice de Risco	
0,1 - 1,3	[Lightest Pink Box]
1,3 - 2,7	[Light Pink Box]
2,7 - 4,1	[Medium Red Box]
4,1 - 5,7	[Darkest Red Box]

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Quadro 10 - Análise do Risco (Figura 22)

Setores (recorte)	Descrição da área	Risco
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centro e bairros consolidados (Sede);</li> <li>- Aglomerados com expansões urbanísticas nas margens do Lago de Tucuruí;</li> <li>- Área caracterizada com alta densidade de edificações (Figura 9);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nota-se que a região com alta densidade urbana é aqui apresenta maior exposição ao risco (4,1 a 5,7).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Região entre Tucuruí e Vila Permanente;</li> <li>- Povoado: Sitio Deus é Grande;</li> <li>- Residencial: Buriti II e Cristo Vive;</li> <li>- Área de expansão urbana com baixa densidade de edificações (Figura 9).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por apresentar densidade urbana menor (0,1 a 1,3), conseqüentemente, uma exposição ao risco inferior.</li> <li>- É uma região que necessita de gerenciamento, pois possui potencialidades para elevação do risco.</li> </ul>

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2021).

Dessa maneira como mostra o Quadro 10, os setores que apresentaram alto IV, PE e IR, foram aqueles que estão presentes na malha urbana de Tucuruí, devido a sua densidade demográfica, alta intensidade de edificações e por sua exposição na mancha de inundação. Nesses setores estão os bairros: Mangal, Nova Conquista, Matinha, Nova Matinha, Vila Pioneira, São Sebastião, Jaqueira, Jardim Paraíso, Terra Prometida, Beira Rio, Luz e Liberdade e Getat.

É importante destacar que o trecho que compreende a sede municipal e a Vila permanente é uma região com baixa vulnerabilidade e alto Perigo Estimado, pois é uma região com baixa densidade demográfica, mas que requer atenção especial para que a mesma não se torne um potencial de vulnerabilidades.

## 6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A presente pesquisa propôs uma análise da vulnerabilidade social da população residente no vale a jusante da UHE no município de Tucuruí-Pa. O risco pode ser caracterizado como uma função do perigo e vulnerabilidade e, sendo assim, os dois fatores foram adicionados na análise. A vulnerabilidade foi estimada através do Índice de Vulnerabilidade, que reúne os aspectos socioeconômicos dos setores censitários, o perigo foi determinado conforme a delimitação da mancha de inundação diante de um cenário de rompimento e o risco pela relação dos dois fatores (vulnerabilidade e perigo).

Foi observado que nem todas as áreas que apresentaram alta vulnerabilidade, necessariamente, apresentaram altos valores de perigo e risco, isto porque a área de inundação não abrange completamente todos os setores. No entanto, também houveram regiões com baixa vulnerabilidade e risco, mas com elevado perigo estimado. São regiões que estão em expansão urbana, ou seja, apresentam baixos índices de edificações, porém são territórios que inundarão diante de um desastre.

Com base nos resultados explanados, é perceptível que uma parcela considerável da população de Tucuruí será impactada diretamente em uma situação de emergência de pior cenário e com o crescimento da malha urbana os índices de pessoas vulneráveis tendem a elevar-se com o passar dos anos.

É notório que existem diversos dispositivos legais que abordam o gerenciamento de riscos em barramentos, mas mecanismos regulatórios na direção do controle social e na participação popular efetiva, ainda é falho na prática. Observa-se, também a ausência de transparência e inconsistências de informações entre os empreendedor e reguladores. Além disso, a carência de pesquisas e literatura especializada, relacionadas à gestão de riscos em integração ao planejamento, requer a assistência da pesquisa empírica com o objetivo de garantir a segurança na produção de políticas públicas informadas e embasadas na realidade do país.

Diante disso, questões relacionadas ao controle de urbanização, zoneamento de áreas de riscos e ordenamento do território no intuito de prevenir as vulnerabilidades aos riscos carece ser explorado, afim de assegurar a proteção de comunidades e municípios localizados em vales

de jusante de barragens. Como também estruturar a comunicação dos agentes reguladores para evitar falhas na interlocução e, assim, cada órgão venha a cumprir efetivamente suas atribuições na gestão de segurança de barramentos. Logo, faz-se necessário a implementação de uma gestão compartilhada entre empreendedores, poder público e a população, para que assim, os níveis de riscos aos vales a jusante possam ser reduzidos e que haja maior proteção aos residentes dessas localidades. Fato que ficou evidenciado com esta pesquisa ao constata-se que estas questões também se configuram na região de influência da barragem de Tucuruí. Por fim, observa-se que o presente método pode ser aplicado nas mais diversas localidades, a partir do censo demográfico, que é realizado em todo o território nacional com auxílio do PAE ou com estudos de mancha de inundação para barramentos.

Recomenda-se para trabalhos posteriores na região, estudo de proposições de zoneamento para o vale a jusante, pois o Plano Diretor do município, até o momento da pesquisa, encontra-se desatualizado e o município de Tucuruí se expande em direção às áreas passíveis de inundação. Também, sugere-se, estudos de uso e ocupação do solo das Zonas de Autossalvamento com o uso de sensoriamento remoto e análises para identificação dos aglomerados urbanos que estão se formando no entorno das eclusas.

## REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, H., 1991. Planejamento autoritário e desordem socioambiental na Amazônia: crônica do deslocamento de populações em Tucuruí. **Revista De Administração Pública**, 25 (4), 53 - 68. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/8897>. Acesso em: 19 de julho de 2021.
- ALMEIDA, A. B. A gestão do risco em sistemas hídricos: Conceitos e metodologias aplicadas a vales com barragens. Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, nº 6, 2003, Cabo Verde. **Actas**. Lisboa: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 2003, p. 647-661.
- ANDRADE, M. M. N. de; SZLAFSZTEIN, C. Vulnerability assessment including tangible and intangible components in the index composition: An Amazon study case of flooding and flash flooding. **Science of Total Environment**. 630, p. 903-912, 2018.
- AVELAR, M. S. **Vulnerabilidade e percepção de risco de acidentes com barragens de Caulim em Barcarena**. 2019. 93 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Risco e Desastres Naturais na Amazônia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém- PA, 2019.
- AVEN, T. On how to define, understand and describe risk. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 95, p. 623-631, 2010.
- BALBI, D. A. F. **Metodologias para a elaboração de planos de ações emergenciais para inundações induzidas por barragens: estudo de caso: Barragem de Peti - MG**. 2008. 336 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- BECK, U. **A Sociedade de risco: rumo a uma nova modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 384. Tradução: Sebastião Nascimento.
- BELLADONA, R. **Zoneamento do uso do solo em áreas localizadas no vale a jusante de barragens**. 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- BEVIR, M. A. **Theory of Governance**. University of California, Berkeley, 2013.
- BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Encarte Especial Sobre a Bacia do Rio Doce-Rompimento da Barragem em Mariana MG. (Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos – SPR/Ministério de Meio Ambiente)**. Brasília DF: ANA, 2016.
- BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Relatório de segurança de barragens 2017**. Brasília, DF: ANA, 2018.
- BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Relatório de segurança de barragens 2018**. Brasília, DF: ANA, 2019.
- BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Relatório de segurança de barragens 2019**. Brasília, DF: ANA, 2020.

BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Relatório de segurança de barragens 2020**. Brasília, DF: ANA, 2021.

BRASIL. CNRH. Resolução CNRH Nº 223, de 20 de novembro de 2020. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 fev. 2021. Seção 1, p. 27.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. **Diário Oficial da República Federal**, Brasília DF, 2010.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. **Diário Oficial da República Federal**, Brasília DF, 2012.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Manual de desastres humanos: desastres humanos de natureza tecnológica – v. 2. – I parte**. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília: MI, 2003.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Política Nacional de Defesa Civil**. Ministério da Integração Nacional: Secretária Nacional de Defesa Civil, 2007.

BRASIL. Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário**. Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 143 de 10 de julho de 2012. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2012.

BRASIL. Secretaria de Infraestrutura Hídrica. Ministério da Integração Nacional. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília: Cartaz, 148 p. 2002.

CARDOSO, A.C. D. *et al.* Concepção integrada de Planos Diretores Municipais e Plano de Desenvolvimento Regional: o caso do baixo Tocantins/PA. Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento e Regional, nº. 11, 2005, Salvador. **Anais**. Belo Horizonte: ANPUR, 2005, v. 23.

CARMO, A. Grandes barragens: vulnerabilidades e riscos. em Luciano Lourenço e Manuel Mateus (orgs.), **Riscos Naturais, Antrópicos e Mistos: Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo**. Coimbra, Universidade de Coimbra, p. 441-461. 2013.

CARVALHO, P. F. de; BRAGA, R. **Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias**. Rio Claro: LPM-UNESP, 2001, p. 95 a 109. ISBN 85-89154-03-3.

CBDB - COMITÊ BRASILEIRO DE GRANDES BARRAGENS. **Guia básico de segurança de barragens**. Rio de Janeiro: CBDB, 2001.

CBDB. **Apresentação das Barragens**. Comitê Brasileiro de Barragens. Disponível em: <<http://http://cbdb.org.br/apresentacao-das-barragens>>. Acesso em Julho de 2021.

CORRÊA, R. L. A periodização da rede urbana da Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 4, n.3, p. 3968, jul./set, 1987.

COUTINHO, M. P. *et al.* Instrumentos de planejamento e preparo dos municípios brasileiros à Política de Proteção e Defesa Civil. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, n. 3, p. 383-396, 2015.

CRUZ, C. B.; SILVA, V. de P. da. Grandes projetos de investimento: a construção de hidrelétricas e a criação de novos territórios. **Soc. nat. (Online)**. vol.22, n.1, p.181-190. 2010. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132010000100013>.

CUTTER, S. A ciência da vulnerabilidade: Modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, 93, junho 2011, p. 59-69.

CUTTER, S; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social Vulnerability to environmental hazards. *In: Social Science Quarterly*, v.84, n.2, 2003. p. 242-261.

ELETRORÁS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. **Crítérios de Projeto Civil de usinas hidrelétricas**. Brasília: Eletrobrás, 2003.

ELETRONORTE. Centrais Elétricas do Norte do Brasil. **Plano de Segurança de Barragem (UHE-Tucuruí)**. Curitiba: Intercnhe, 2018.

ESCUDEBUENO, Ignacio; HALPIN, Eric. Overcoming failure in infrastructure risk governance implementation: Large dams journey. **Journal of Risk Research**, v. 21, n. 11, p. 1313-1330, 2018.

FERRÃO, A.; POZZER, C., 2018. O ordenamento territorial no entorno do Lago de Furnas em Minas Gerais: a bacia hidrográfica como unidade de planejamento regional. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n.º 13. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 147-176, dx.doi.org/10.17127/got/2018.13.007.

FERRÃO, J. Ordenamento do território: 25 anos de aprendizagem. **Europa Novas Fronteiras**, Portugal, n. 26/27, p. 77-84. 2010.

FERREIRA, D.; ALBINO, L.; Freitas, M. C. C. Participação popular na prevenção e enfrentamento de desastres ambientais: resultado de um estudo piloto em Santa Catarina, BRASIL. **Revista Geográfica De América Central**, 2(47E). Recuperado de <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2530>

FREITAS, C. M. de *et al.* Desastres em barragens de mineração: lições do passado para reduzir riscos atuais e futuros. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, e20180120, 2019. <https://doi.org/10.5123/s1679-49742019000100020>

GANEM, R. S., 2012. Gestão de desastres no Brasil (Estudo). Brasília: Câmara dos Deputados. Acesso em 22 de Abril de 2021. Disponível em [http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema14/2012\\_16213.pdf](http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema14/2012_16213.pdf)

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G.M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC. **Bol. geogr.**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-100, 2012.

GOTO, R. S. **Metodologia de seleção de rotas de evacuação de emergência para caso de rompimento da UHE-Tucuruí**. 2019. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental) – Universidade Federal do Pará, Tucuruí-Pa, 2019.

GOTTMANN, J. A evolução do conceito de território. **Boletim Campineiro de Geografia**, Campinas, v. 2, n. 3, p. 523-545, 2012.

GUIVANT, J. A trajetória das análises de risco: da periferia ao centro da teoria social. **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais**, v. 46, n. 2, p. 3-37, 1998.

HALPIN, E.; ESCUDER, I. Smart Governance of Infrastructure Programs: Facing the Next Generation of Challenges and Succeeding. **In: Proceedings of the 25 ICOLD Congress**, Stavanger, Norway. 2015.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESRATÍSTICA. **Cidades**. 2020. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05/06/2021.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Comitê de Estatísticas Sociais**. 2021. Disponível em:< <https://ces.ibge.gov.br/base-de-dados/metadados.html>>. Acesso em: 20/08/2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

ICOLD - INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. **Risk Assessment in Dam Safety Management: A Reconnaissance of Benefits, Methods and Current Applications**. Bulletin 130, 2005.

ICOLD, CIGB (Ed.). **Dam Surveillance Guide**. CRC Press, Paris, 2018. 222 p.

ISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives**. United Nations, Geneva. 2004.

JOHNSTON, E.; HANSEN, D. Design Lessons for Smart Governance Infrastructures. Chapter in American Governance 3.0: Rebooting the Public Square? An edited book by the National Academy of Public Administration. Ink, D., Balutis, A., & Buss, T (editors) Forthcoming. 2011.

JURAS, A. A.; CINTRA, I. H. A.; LUDOVINO, R. M. R. A pesca na área de influência da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, Belém, v. 4, n. 1, p. 77-88, 2004.

KLINKE, A.; RENN, O. Risk governance: contemporary and future challenges. In: Regulating chemical risks. Springer, Dordrecht, 2010. p. 9-27.

KOHLHEPP, G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 16, n. 45, p. 37-61, 2002.

LIMA, V. C. de V. **Delimitação das zonas de autossalvamento da mancha de dano potencial associado à barragem Bosque-IV no município de Junqueiro/AL**. 2020. 48 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Agremissura) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2020.

LOUZADA, A. F. **Segurança de barragens e governança de riscos em hidrelétricas na Amazônia**. 2018. 168f. Tese. Doutorado em Ciências do Desenvolvimento Socioambiental – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

LOUZADA, A. F.; RAVENA, N. Dam safety and risk governance for hydroelectric power plants in the Amazon. *Journal of Risk Research*, v. 22, n. 12, p. 1571-1585, 2019.

LYNN, L. E. Jr.; HEINRICH, C. J.; HILL, C. J. Studying Governance and Public Management: Why? How? In: C. Heinrich and L. Lynn (eds.). *Governance and Performance: New Perspectives*. Washington, DC: Georgetown University Press, 1-33, 2000.

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D. J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 95-110, 2004.

MARCELINO, E. V; NUNES, L. H; KOBİYAMA, 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.

MARTINS, M. L. R. São Paulo: além do Plano Diretor. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 17, n. 47, p. 167-186, 2003.

MENDES, J. M. Risco, vulnerabilidade social e resiliência: conceitos e desafios. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 7, p. 463-492, jun. 2018.

MENEZES, D. J. **Zoneamento das áreas de risco de inundação na área urbana de Santa Cruz do Sul – RS**. 2014. 137 f. Dissertação de mestrado, Programa de pós Graduação em Geografia (PPGGeo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014

MI - MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília: MI, 2016.

MI - MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília: MI, 2017.

MINAS GERAIS. DEFESA CIVIL ESTADUAL. Informações: desastre barragem de rejeitos de Brumadinho. Belo Horizonte: [s. n.], 2019. Disponível em: <[http://www.defesacivil.mg.gov.br/index.php/component/gmg/page/678Inf\\_Brumadinho\\_0506](http://www.defesacivil.mg.gov.br/index.php/component/gmg/page/678Inf_Brumadinho_0506)>. Acesso em: 19 de março de 2021.

MOSCARELLI, F.; KLEIMAN, M. Os desafios do planejamento e gestão urbana integrada no Brasil: análise da experiência do Ministério das Cidades. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 157-171, 2017.

NOGUEIRA, I. C. G. N. **Segregação socioespacial urbana no entorno de hidrelétrica: Produção do espaço em Tucuruí-Pa**. 2010. 159 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade da Amazônia, Belém-Pa, 2010.

OLIVEIRA, A. A. **Riscos tecnológicos ambientais: Análise da vulnerabilidade populacional na área urbana da cidade de Manaus-AM**. 2017. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Pró-reitoria de pesquisa e pós-graduação, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM, 2017.

OLIVEIRA, L. G. **Sociedade de risco e desastres tecnológicos: o caso de Mariana/MG**. 2019. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019.

OLIVEIRA, N. M. de. Território. **Revista Tocantinense de Geografia**, Tocantins, v. 9, n. 17, p. 43-62, 2020.

PAE. Plano de Ação Emergencial. ELETRONORTE. Centrais Elétricas do Norte do Brasil. **Plano de Ação Emergencial (UHE-Tucuruí)**. Curitiba: Intercnhe, 2018.

PERA, C. K. L; BUENO, L. M. de M. Revendo o uso de dados do IBGE para pesquisa e planejamento territorial: reflexões quanto à classificação da situação urbana e rural. **Cad. Metrop.**, São Paulo, v. 18, n. 37, p. 721 – 742, set/dez, 2016.

PEREIRA, L. F. **Segurança de barragens no Brasil: um breve comparativo com a legislação internacional e análise da influência da cobertura do solo de APPs sobre manchas de inundação (estudo de caso da PCH Pedra Furada, Ribeirão–PE)**. 2019. 128 f. Dissertação em Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, Ilha Solteira, 2019.

POHLMANN, P.; PICCININI, L. V.; FILHO, L. da S. Gerenciamento de riscos: Qual é o papel do planejamento urbano. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. nº 15. p. 1518 – 1527. 2019. <http://doi.org/10.17012/entac2014.286>.

PORTO, D. T.; BREMER, U. F. Interfaces entre o planejamento territorial e gestão de riscos de desastres na bacia hidrográfica do rio Sinos, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Rio Grande do Sul, n. 32, p. 82-97, 2018.

QUADROS, L. T. **O rompimento da barragem do fundão: percepção socioambiental e análise da vulnerabilidade social da população de Bento Rodrigues – Mariana – Mg – Brasil**. 2019. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências de Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2019.

QUEIROZ, A. R. S. de; MOTTA-VEIGA, M. Análise dos impactos sociais e à saúde de grandes empreendimentos hidrelétricos: lições para uma gestão energética sustentável. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 1387-1398, 2012.

RAMOS, C. S.; SANCHEZ, M. C. Estudo metodológico de classificação de dados para cartografia temática. **Geografia**, v. 25, n. 2, p. 23-52, 2000.

RAMOS, S. M. F. G. *et. al.* UHE Tucuruí: jusante x montante: A incorporação da gestão participativa nos processos de inserção regional. **Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica**. nº 18, 2005. Curitiba. Paraná: Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 2005. p. 1-6.

REDUCTION, Disaster Risk. **UNISDR terminology on disaster risk reduction**. 2009.

RENN, O. **Risk Governance - Coping with Uncertainty in a Complex World**. Earthscan, London, 2008.

RENN, O.; KLINKE, A.; VAN ASSELT, M. B. A. Coping with Complexity, Uncertainty and Ambiguity in Risk. **Ambio**, v. 40, n. 2, p. 231-246, 2011.

RENN, O.; KLINKE, A.; VAN ASSELT, M. B. A. Coping with Complexity, Uncertainty and Ambiguity in Risk. **Ambio**, v. 40, n. 2, p. 231-246, 2011.

RENN, O.; KLINKE, A.; VAN ASSELT, M. B. A. Coping with Complexity, Uncertainty and Ambiguity in Risk. **Ambio**, v. 40, n. 2, p. 231-246, 2011.

RENN, Ortwin; KLINKE, Andreas; VAN ASSELT, Marjolein. Coping with complexity, uncertainty and ambiguity in risk governance: a synthesis. **Ambio**, v. 40, n. 2, p. 231-246, 2011.

RIBEIRO, A. S. *et al.* Cidade Sustentável, bem-estar para todos: uso e ocupação do solo e seus impactos ambientais. **Cartilha Cidade Sustentável**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 25, 2011.

RIBEIRO, M. S.; POMPEU, Veridiana de S.; RIBEIRO, F. A. O uso do território e as dinâmicas territoriais no espaço da Usina Hidrelétrica de Tucuruí-Pa. **O espaço geográfico amazônico em debate: Dinâmicas Territoriais e Ambientais**, Belém, v. 3, p. 17-30, 2020.

- ROBAINA, L. E. de S. *et al.* Análise espaço-temporal das ocorrências de inundações e movimentos de massa no município de Caxias do Sul, RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 159-172, 2010.
- ROCHA, G. de M. A redistribuição espacial da população na área de influência da usina hidrelétrica Tucuruí (PA), 2011, Encontro Nacional da ANPUR, nº 14º, 2011, **Anais [...]** Rio de Janeiro, 2011.
- ROSA, A. de M. *et al.* Implicações da Hidrelétrica de Cachoeira Caldeirão sobre a atividade pesqueira, em Porto Grande, no Amapá. **Mares: Revista de Geografia e Etnociências**, Porto Grande, v. 2, n. 1, p. 97-108, 2020.
- SANTOS, A. R. Enchentes e deslizamentos: causas e soluções. Convenção Secovi, 2012, São Paulo. **Proceedings[...]**. São Paulo: Pini, 2012. p. 1-96.
- SANTOS, J. de O. Relações entre fragilidades ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator, Fortaleza**, v. 14, n. 2, p. 75-90, mai./ago. 2015.
- SANTOS, L. R. **A dinâmica socioespacial de Tucuruí a partir da construção da usina hidrelétrica**. 2014. 54 f. Dissertação (Bacharelado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- SANTOS, M.B. **Análise Computacional do Rompimento Hipotético da Barragem de Tucuruí-PA com o Auxílio do Software Mike Flood**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Barragens e Gestão Ambiental) - Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2017.
- SCHEIZER, P. J.; Renn, O. **Governance of systemic risks for disaster prevention and mitigation, Disaster Prevention and Management**, Vol. 28 No. 6, pp. 862-874. 2019. <https://doi.org/10.1108/DPM-09-2019-0282>.
- SILVA, E. L.; SILVA, M. A. Segurança de barragens e os riscos potenciais à saúde pública. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. especial 2, 2020.
- SILVA, M. das G. Reordenamento territorial e transformações socioecológicas e culturais: lições adversas da construção da UHE Tucuruí/PA. **Revista Sentidos da Cultura**, v. 1, n. 1, p. 17-20, 2014.
- SILVA, M. G. da. A Hidrelétrica de Tucuruí: Discursos de Justificações sobre Apropriação e Uso dos Recursos Territorializados e Práticas Educativas. **Revista Cocar**, Belém, v. 4, n. 8, p. 81-90, 2010.
- SILVA, R. N. **Vulnerabilidade socioambiental e a ocorrência de eventos hidrometeorológicos na área urbana de Campina Grande – PB**. 2020. 171 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, 2020.
- SIPLAN. Secretária Municipal de Planejamento e Informática. **PDMT: Plano Diretor do Município de Tucuruí**. Prefeitura de Municipal de Tucuruí, 224 p, 2006.
- SORIANO, É.; VALENCIO, N. F. L. S. Cultura de risco e segurança coletiva no Brasil: a vulnerabilidade socioespacial a jusante de Itaipu Binacional. **Territorium**, Vilarinho, v. 1, n. 18, p. 109-118, 2012.

SOUZA, A. P. C. A. de. Ordenamento Territorial: Uma Análise do Macrozoneamento de Ipirá. **Anais**, Santos. Simpósio Cidades Médias e Pequenas da Bahia. nº 2. 2011. Disponível em <http://periodicos.uesb.br/index.php/ascmpa/article/viewFile/3637/3324>

SOUZA, A. P. C. A. de. Ordenamento territorial: uma análise do macrozoneamento de Ipirá. In: Simpósio Cidades Médias e Pequenas da Bahia, nº 3º, Feira de Santana. **Anais**. Local: Vitória da Conquista, 2014.

SOUZA, J. L. **Cenários de ruptura da barragem passagem das traíras: uma contribuição para a redução de riscos e desastres tecnológicos e segurança populacional em Caicó/RN/Brasil**. 2021. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2021.

SOUZA, L. M. C. G.; SAMPAIO, J. A. L. Licenciamento ambiental e concessão minerária: perspectivas da política nacional de segurança de barragem. **NOMOS - Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, v.37, n.1, p. 93-115, jan./jun., 2017.

STENN, R; AVEN, T.A risk perspective suitable for resilience engineering. **Safety Science**, v. 49, p.292-297, 2011.

SUSAN, L. C. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais [Online]**, 93, 2011, Disponível em: <http://journals.openedition.org/rccs/165>; DOI: <https://doi.org/10.4000/rccs.165>. Acesso em: 18 agosto 2021.

TENÓRIO, C. R.; LIMA A. M. M. de. Indicadores de eficiência do plano diretor municipal de Tucuruí-Pa. **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife-Pe, v. 30, n. 3, p. 146-162, 2013.

TORRISI, D. **Avaliação de Riscos Tecnológicos em Paranaguá: Instrumentos para o planejamento do território**. 2016. 113 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2016.

TRINDADE JÚNIOR, S. C. da; MADEIRA, W. do V. Polos, eixos e zonas: cidades e ordenamento territorial na Amazônia. **PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**, Amapá, v. 9, n. 1, p. 37-54, 2016.

TRINDADE JÚNIOR; S. C. Imagens e representações das cidades ribeirinhas na Amazônia: uma leitura a partir de suas orlas fluviais. **Universidade Federal do Pará**, Belém, v. 18, n. 2, p. 135-148, UFPA, jul. 2002.

UNDP. UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Reducing disaster risk: a challenge for development**. New York, USA. UNDP, 2004

UNISDR, UNDP et al. **Making Disaster Risk Reduction Gender Sensitive: Policy and Practical Guidelines**. 2009.

VALENCIO, N. Desastres, ordem social e planejamento em defesa civil: o contexto brasileiro. **Saúde e Sociedade**, v. 19, p. 748-762, 2010.

VAN ASSELT, M. B.A.; RENN, O. Risk governance. **Journal of risk research**, v. 14, n. 4, p. 431-449, 2011.

WISEU, Teresa; DE ALMEIDA, António Betâmio. Gestão do risco nos vales a jusante de barragens. **Territorium**, Vilarinho, v.1, n. 18, p. 33-42, 2011.

ZÊZERE, J. L. Riscos e ordenamento do território. **Inforgeo**, Curitiba, v. 20, n. 21, p. 59-63, 2007.

**APÊNDICE A – ÍNDICES DE VULNERABILIDADE (PARTE 1)**

<b>CÓDIGO SETOR</b>	<b>ÍNDICE DE VULNERABILIDADE</b>
150810005000087	5,655581426
150810005000006	5,549335249
150810005000090	5,541489153
150810005000092	5,461881934
150810005000093	5,292675304
150810005000086	5,280318893
150810005000045	5,076570828
150810005000077	5,074438728
150810005000085	4,973229269
150810005000076	4,961780684
150810005000007	4,914816876
150810005000096	4,853874657
150810005000063	4,831275026
150810005000048	4,82083592
150810005000075	4,801652498
150810005000040	4,794738274
150810005000084	4,685696148
150810005000079	4,660801775
150810005000008	4,605587349
150810005000009	4,597306772
150810005000010	4,56412364
150810005000012	4,428692195
150810005000022	4,427118796
150810005000043	4,39592901
150810005000025	4,368358426
150810005000081	4,344740004
150810005000074	4,342279056
150810005000073	4,266570894
150810005000019	4,207398644
150810005000072	4,181671354
150810005000014	4,058307679
150810005000044	4,028971608
150810005000021	3,878674296
150810005000049	3,859925933
150810005000004	3,794150102
150810005000013	3,772068749
150810005000026	3,762119374
150810005000097	3,663574444
150810005000071	3,61834723

**APÊNDICE A – ÍNDICES DE VULNERABILIDADE (PARTE 2)**

150810005000041	3,592932456
150810005000023	3,590321668
150810005000005	3,581134287
150810005000011	3,485984497
150810005000050	3,481589
150810005000078	3,453083441
150810005000080	3,404102511
150810005000029	3,393300102
150810005000028	3,38266139
150810005000020	3,340229858
150810005000017	3,336603021
150810005000065	3,329416373
150810005000037	3,313106106
150810005000003	3,184781528
150810005000088	3,157867013
150810005000094	3,140981201
150810005000024	3,133509713
150810005000030	3,118089035
150810005000033	3,049010998
150810005000015	3,017177728
150810005000032	2,739648457
150810005000031	2,673700821
150810005000001	2,668036023
150810005000038	2,504825294
150810005000051	2,468816326
150810005000018	2,257669206
150810005000027	2,170399087
150810005000002	2,007848928
150810005000095	1,854474423
150810005000016	1,851268438
150810005000061	1,294771206
150810005000055	0,990301201

**APÊNDICE B – ÁREA INUNDADA PARA CADA SETOR (PARTE 1)**

<b>CÓDIGO SETOR</b>	<b>AREA TOTAL (KM²)</b>	<b>ARÉA NAS ZAS (KM²)</b>
150810005000001	0,0979	0,0979
150810005000002	0,2026	0,2026
150810005000003	0,0822	0,0822
150810005000004	0,1284	0,0824
150810005000005	1,1652	0,5618
150810005000006	0,2369	0,2199
150810005000007	0,2341	0,2341
150810005000008	0,0898	0,0898
150810005000009	0,0924	0,0924
150810005000010	0,2571	0,2571
150810005000011	0,1747	0,1747
150810005000012	0,0743	0,0743
150810005000013	0,1171	0,1171
150810005000014	0,1915	0,1915
150810005000015	0,1693	0,1693
150810005000016	0,1295	0,1295
150810005000017	0,1388	0,1388
150810005000018	0,108	0,108
150810005000019	0,0846	0,0846
150810005000020	0,1012	0,1012
150810005000021	0,0453	0,0453
150810005000022	0,1217	0,1217
150810005000023	0,1163	0,1163
150810005000024	0,1053	0,1053
150810005000025	0,0986	0,0986
150810005000026	0,0819	0,0819
150810005000027	0,1126	0,1126
150810005000028	0,2179	0,2179
150810005000029	0,1573	0,0828
150810005000030	0,0743	0,0708
150810005000031	0,1313	0,1181
150810005000032	0,1317	0,0125
150810005000033	0,2797	0,1092
150810005000037	0,0702	0,0176
150810005000038	0,3069	0,0997
150810005000040	0,1384	0,1384
150810005000041	0,1246	0,1246
150810005000043	0,2037	0,096
150810005000044	0,623	0,4495
150810005000045	0,1931	0,1931
150810005000048	0,2537	0,2537

**APÊNDICE B – ÁREA INUNDADA PARA CADA SETOR (PARTE 2)**

150810005000050	0,0893	0,0075
150810005000051	24,4276	13,3328
150810005000055	0,3631	0,045
150810005000061	0,4753	0,1401
150810005000063	0,1006	0,1006
150810005000065	335,7367	7,4114
150810005000071	0,052	0,0395
150810005000072	0,133	0,133
150810005000073	0,1873	0,1997
150810005000074	0,1921	0,185
150810005000075	0,0831	0,0831
150810005000076	0,0823	0,0823
150810005000077	0,1514	0,1514
150810005000078	0,3926	0,3926
150810005000079	0,0912	0,0912
150810005000080	0,0911	0,0911
150810005000081	0,1322	0,081
150810005000084	1,7286	0,0947
150810005000085	3,435	0,2728
150810005000086	0,1056	0,1056
150810005000087	0,1522	0,1522
150810005000088	0,0674	0,0674
150810005000090	0,2029	0,0365
150810005000092	0,2533	0,2533
150810005000093	0,1951	0,1951
150810005000094	0,1164	0,1003
150810005000095	0,354	0,2525
150810005000096	0,0933	0,0933
150810005000097	0,3469	0,3469