

DIAGNÓSTICO FÍSICO-AMBIENTAL



ZONA ESPECIAL DE INTERESSE
SOCIAL LAGAMAR



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ – UECE

**DIAGNÓSTICO FÍSICO-AMBIENTAL E NORMATIZAÇÃO ESPECIAL DE
PARCELAMENTO, EDIFICAÇÃO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

ZONA ESPECIAL DE INTERESSE SOCIAL LAGAMAR

FORTALEZA – CEARÁ

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

REITOR

José Jackson Coelho Sampaio

VICE-REITOR

Hidelbrando dos Santos Soares

COORDENADOR-GERAL DO PROJETO

Hidelbrando dos Santos Soares

COORDENADOR DO CADERNO

Frederico de Holanda Bastos

**Material elaborado através do TDCO nº 001/2019/CIDADES/ FUNECE em parceria
com o IPLANFOR**

EQUIPE TÉCNICA VINCULADA AO PROJETO

Hidelbrando dos Santos Soares – Coordenador-Geral
Augusto Reinaldo Pimentel Guimaraes – Coordenador (agosto de 2019 a novembro de 2019)
Ana Augusta Ferreira de Freitas – Coordenadora de Caderno
Daniel Gonçalves Rodrigues – Coordenador de Caderno
Davis Pereira de Paula – Coordenador de Caderno
Frederico de Holanda Bastos – Coordenador de Caderno
Hermano José Batista de Carvalho – Coordenador de Caderno
Maria do Socorro Ferreira Osterne – Coordenadora de Caderno
Abner Monteiro Nunes Cordeiro – Pesquisador Sênior
Eduardo Lacerda Barros – Pesquisador Sênior
Francisco José Maciel de Moura – Pesquisador Sênior
João Sérgio Queiroz de Lima – Pesquisador Sênior
Lise Mary Soares Souza – Pesquisadora Sênior
Maria Zelma de Araújo Madeira – Pesquisadora Sênior
Nilo Alves Júnior – Pesquisador Sênior
Rodrigo Guimarães de Carvalho – Pesquisador Sênior
Samuel Façanha Câmara – Pesquisador Sênior
Teresa Cristina Esmeraldo Bezerra – Pesquisadora Sênior
Alyne Bezerra Tabosa de Holanda – Pesquisadora Plena
Aryberg de Souza Duarte – Pesquisador Pleno
Daiane Daine de Oliveira Gomes – Pesquisadora Plena
Edmundo Rodrigues de Brito – Pesquisador Pleno
Elane Mendonça Conde Carneiro – Pesquisadora Plena
Fátima Regina Lopes Brandão – Pesquisadora Plena
Felipe Gerhard Paula Sousa – Pesquisador Pleno
Fernanda de Figueiredo Marques Mattos – Pesquisadora Plena
Fernando Antônio Alves dos Santos – Pesquisador Pleno
João Capistrano de Abreu Neto – Pesquisador Pleno
Lucas Lopes Ferreira de Souza – Pesquisador Pleno
Luiz Carlos Prata Regadas – Pesquisador Pleno
Mariana Maia Bezerra – Pesquisadora Plena
Michelle do Carmo Sobreira Domingues – Pesquisadora Plena
Pedro Almi da Costa Freire – Pesquisador Pleno
Roberta Nunes – Pesquisadora Plena
Thais Oliveira Ponte – Pesquisadora Plena
Thiago Ayres Barreira de Campos Barros – Pesquisador Pleno
Tiago Amorim Nogueira – Pesquisador Pleno
Andrea César da Silveira – Pesquisadora Júnior
Brena Kelle Carneiro Vasconcelos – Pesquisadora Júnior
Daniel dos Reis Cavalcante – Pesquisador Júnior
David Hélio Miranda de Medeiros – Pesquisador Júnior

Denis Barbosa de Lima – Pesquisador Júnior
Domingos Albano Matos Menezes – Pesquisador Júnior
Dyego Moraes Silva – Pesquisador Júnior
Elizangela da Cruz Barros – Pesquisadora Júnior
Emilio Tiago Vasconcelos dos Santos – Pesquisador Júnior
Eurides Melo Almeida – Pesquisadora Júnior
Francisco George Urbano Melo – Pesquisador Júnior
Francisco Oricélio da Silva Brindeiro – Pesquisador Júnior
Georgia Alencar de Andrade – Pesquisadora Júnior
Giovanna Luiza Pinheiro Brito – Pesquisadora Júnior
Gisele Vasconcelos Cordeiro – Pesquisadora Júnior
Jéssica Chaves Ribeiro – Pesquisadora Júnior
Leonardo David Pinheiro – Pesquisador Júnior
Lúcia de Fátima Bezerra Wirtzbiki – Pesquisadora Júnior
Luciana Sousa Mendes – Pesquisadora Júnior
Margarida Kézia de Sousa Pinto – Pesquisadora Júnior
Mayara Rocha Coelho – Pesquisadora Júnior
Michaela Farias Alves – Pesquisadora Júnior
Patricia de Melo Rodrigues – Pesquisadora Júnior
Patrícia Maria Apolônio de Oliveira – Pesquisadora Júnior
Pedro Vitor Monte Rabelo – Pesquisador Júnior
Rafael Nogueira Rocha – Pesquisador Júnior
Rafaela Cajado Magalhães – Pesquisadora Júnior
Raul da Franca Alencar – Pesquisador Júnior
Rômulo Martins de Medeiros – Pesquisador Júnior
Thiago Martins de Moraes – Pesquisador Júnior
Thiago Matheus de Paula Sousa – Pesquisador Júnior
Ticiane Rodrigues Nunes – Pesquisador Júnior
Vita Caroline Mota Saraiva Quinderé – Pesquisadora Júnior
Wanessa Nhayara Maria Pereira Brandão – Pesquisadora Júnior
Willia Maria Lima Peixoto – Pesquisadora Júnior
Alisson Freitas da Silva – Bolsista de Iniciação Científica
Francisca Fabrícia de Sousa Oliveira – Bolsista de Iniciação Científica
Francisco Mario Carneiro da Silva – Bolsista de Iniciação Científica
Hermerson Gustavo dos Santos Soares – Bolsista de Iniciação Científica
Iara Pereira dos Reis – Bolsista de Iniciação Científica
Icleane Pinheiro de Carvalho – Bolsista de Iniciação Científica
Isadora Moura Rodrigues Freitas – Bolsista de Iniciação Científica
Jéssica Clara da Silveira – Bolsista de Iniciação Científica
João Oscar de Oliveira Filho – Bolsista de Iniciação Científica
Laissa Vitória da Silva Limeira – Bolsista de Iniciação Científica
Lara Lima Lourenço – Bolsista de Iniciação Científica
Lucas Honório Magalhães – Bolsista de Iniciação Científica

Marina Lima da Silva – Bolsista de Iniciação Científica
Mateus Cavalcante de Sousa Lima – Bolsista de Iniciação Científica
Matheus Dayson de Sousa Vasconcelos – Bolsista de Iniciação Científica
Pablo de Moura Rodrigues – Bolsista de Iniciação Científica
Paula Carolina de Freitas Souza – Bolsista de Iniciação Científica
Rachel Maria Félix Monteiro – Bolsista de Iniciação Científica
Samira Almeida de Souza – Bolsista de Iniciação Científica
Antônia Eliene Brito de Paula – Articuladora de Campo
Emanuel Costa Maranhão – Articulador de Campo
José Maria Tabosa – Articulador de Campo

Sarah Diva da Silva Ipiranga- Responsável pela revisão textual



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria das Cidades

EQUIPE TÉCNICA - Secretaria das Cidades

Secretário das Cidades:

José Jácome Carneiro Albuquerque

Secretário Executivo de Habitação e Desenvolvimento Urbano:

Marcos César Cals de Oliveira

Secretário Executivo de Planejamento e Gestão Interna

Carlos Edilson Araújo

Coordenadoria de Desenvolvimento Urbano – CODUR

Coordenador: Bruno César Nobre

Assistente Técnica: Andrezza de Freitas Guimarães

Coordenadoria de Regularização Fundiária – COREF

Coordenador: Ricardo Durval Eduardo de Lima



EQUIPE TÉCNICA - Instituto de Planejamento de Fortaleza (IPLANFOR)

Superintendente:

Eudoro Walter de Santana

Superintendente Adjunto:

Mário Fracalossi Júnior

Diretoria de Articulação e Integração de Políticas (DIART):

Diretora: Juliana Mara de Freitas Sena Mota

Gerência de Integração de Políticas Públicas:

Gerente: Joana e Silva Bezerra Kesselring

Gerência de Políticas para Zonas Especiais:

Gerente: Natália Nunes Saraiva

Analistas de Planejamento e Gestão:

Armando Elísio Gonçalves da Silveira

Gérsica Vasconcelos Goes

Haroldo Lopes Soares Filho

CONSELHO GESTOR DA ZEIS LAGAMAR

Segmento Sociedade Civil

Adriana Gerônimo Vieira Silva – Titular
Regina Jaqueline da Silva – Titular
Maria Paula Rodrigues da Costa – Titular
Maria Lucélia Alves Pires – Titular
Francisco Allef Fragoso Bezerra – Titular
Maria de Fátima Alfredo Alves – Titular
Neliana Pinto Alencar – Titular
Rodrigo Paulino do Nascimento – Suplente
Iara Andrade Guedes – Suplente
Francisca Coelho de Freitas – Suplente
José Marvem Queiroz Silvino – Suplente
Francisco Paulo de Almeida – Suplente

Fundação Marcos de Bruin – Org. Civil

Segmento Poder Público

Coordenadoria Especial de Participação Social – CEPES
Gabinete do Prefeito – GABPREF
Instituto de Planejamento de Fortaleza – IPLANFOR
Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente – SEUMA
Secretaria Municipal do Desenvolvimento Habitacional de Fortaleza – HABITAFOR
Secretaria Regional VI – SR VI

Câmara Municipal de Fortaleza – CMFOR

APRESENTAÇÃO

O presente relatório é parte integrante do Plano Integrado de Regularização Fundiária (PIRF) da Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) do Lagamar. O PIRF, instrumento previsto no Plano Diretor Participativo de Fortaleza, consiste em um plano de regularização fundiária elaborado a partir de uma abordagem sistêmica, envolvendo análises do processo de ocupação do território e integração de políticas econômicas, fundiárias, ambientais e urbanísticas. O plano foi desenvolvido de forma democrática e interativa e contou com a colaboração dos moradores da ZEIS Lagamar.

O trabalho é resultado de uma parceria interinstitucional entre a Prefeitura Municipal de Fortaleza, via Instituto de Planejamento de Fortaleza (IPLANFOR), o Governo do Estado do Ceará, via Secretaria das Cidades, e a Universidade Estadual do Ceará (UECE), representada por sua equipe técnica instituída pelo então Reitor José Jackson Coelho Sampaio, em 2019.

Em um breve relato, as tratativas desse projeto na UECE iniciaram-se ainda em 2018, sob a coordenação do Prof^o Dr. Hermano José Batista de Carvalho, pessoa responsável pela articulação inicial entre as instituições envolvidas, bem como pela redação da proposta da UECE em atenção à demanda feita pelo IPLANFOR. Entre 2018 e os primeiros seis meses do ano de 2019, diversas reuniões de aperfeiçoamento da proposta foram conduzidas pelo Prof. Hermano Batista e a equipe técnica do IPLANFOR, nomeada pelo seu superintendente, o Ilmo. Sr. Eudoro Walter de Santana. Em agosto de 2019, após quase um ano de construção da proposta, teve início o período de execução por meio do trabalho da equipe técnica da UECE. Nesse período, iniciaram-se os trabalhos das equipes juntamente com a comunidade no território da ZEIS Lagamar.

No dia 22 de agosto de 2019, o Magnífico Reitor da UECE, Prof. Jackson Coelho Sampaio, recebeu as lideranças da ZEIS Lagamar para uma acolhida institucional, reforçando os laços e compromissos da instituição com o desenvolvimento pleno do PIRF. Também estavam presentes os parceiros interinstitucionais - Hidelbrando Soares (UECE), Eudoro Walter de Santana (IPLANFOR), Paulo Henrique Lustosa (Secretaria das Cidades), os membros da equipe técnica da UECE, pró-reitores, diretores de Centro e o Chefe de Gabinete.

Por ocasião desse primeiro contato oficial entre os interessados no PIRF, o Prof. Augusto Reinaldo Pimentel Guimarães, então coordenador-geral pela UECE, deu por iniciadas as atividades oficiais da UECE no desenvolvimento do PIRF da ZEIS Lagamar. Ainda no transcorrer dos meses do segundo semestre de 2019, os Planos de Trabalho foram aprovados pelo Conselho Gestor, tendo início a etapa de confecção dos cadernos temáticos, agora sob a coordenação-geral do Prof. Hidelbrando Soares, que orientou as fases seguintes até a aprovação final de todos os cadernos pelo Conselho Gestor.

Ciente da importância desse projeto na tentativa de contribuir com o planejamento de uma cidade sustentável e com maior equidade social, o grupo da UECE estabeleceu prioridade total para a sua execução com a efetiva participação das comunidades e amparo científico necessário na mediação de interesses antagônicos, visando a garantir, da maneira mais viável possível, o estabelecimento de estratégias objetivas de regularização fundiária para as comunidades envolvidas.

No momento em que a Universidade Estadual do Ceará (UECE) finaliza o projeto com a entrega do produto final, registramos a honra de ter participado dessa iniciativa de profundo interesse comum para a consolidação da cidadania no município de Fortaleza. Nas palavras do Profº Hidelbrando dos Santos Soares:

A UECE tem muito orgulho de participar desse trabalho que, com certeza, será fundamental para o desenvolvimento socioeconômico sustentável de Fortaleza, com impactos diretos na qualidade de vida da população. O trabalho realizado pelos pesquisadores envolvidos com esse projeto se diferencia por ajudar o poder público a pensar fora do senso comum, mas sem ignorar as demandas das comunidades e dos grupos que habitam esses locais.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	METODOLOGIA DO TRABALHO.....	17
3	CONTEXTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA	23
3.1	Unidades geológicas e relevos associados.....	23
3.2	Clima e recursos hídricos.....	28
3.2.1	O clima do município de Fortaleza sob o enfoque da dinâmica superficial.....	28
3.2.1.1	<i>Os sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza.....</i>	30
3.2.1.2	<i>Detalhamento da pluviometria e dos regimes de ventos em Fortaleza.....</i>	31
3.2.2	Os recursos hídricos superficiais.....	34
3.3	Solos e vegetação.....	36
4	ASPECTOS FÍSICO-AMBIENTAIS DA ZEIS LAGAMAR.....	40
4.1	Contexto geoambiental local.....	40
4.2	Cartografia social.....	49
5	SANEAMENTO AMBIENTAL E LIMITAÇÕES DE USO DA ZEIS LAGAMAR.....	53
5.1	Saneamento ambiental.....	53
5.1.1	Abastecimento de água e uso de água subterrânea.....	54
5.1.2	Esgotamento sanitário e drenagem urbana.....	55
5.1.3	Gerenciamento de resíduos sólidos.....	60
5.1.4	Saúde ambiental e vetores de transmissão de doenças.....	63
5.1.5	Índice de cobertura vegetal.....	65
5.2	Limitações de uso.....	67
5.2.1	Áreas de preservação permanente.....	67
5.2.2	Riscos para a ocupação.....	74
5.2.2.1	<i>Dinâmica de superfície.....</i>	74
5.2.2.2	<i>Áreas de risco.....</i>	79
5.2.2.3	<i>Suscetibilidade a inundação – modelagem hidrológica e hidráulica.....</i>	81
5.2.2.3.1	<i>Chuva de Projeto – uso da Lei da Probabilidade na previsão de eventos extremos.....</i>	83
5.2.2.3.2	<i>Sistema de modelagem hidrológica – HMS.....</i>	85

5.2.2.3.3	<i>Modelagem hidrodinâmica e conexão com SIG.....</i>	88
5.2.2.3.4	<i>Mapeamento de suscetibilidade a inundação.....</i>	89
5.2.2.3.5	<i>Resultados.....</i>	91
6	PERIGOS NATURAIS E PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO.....	97
6.1	Áreas suscetíveis a eventos naturais danosos (perigos naturais).....	97
6.2	Propostas de intervenção.....	104
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
	REFERÊNCIAS.....	107

1 INTRODUÇÃO

O município de Fortaleza localiza-se na porção norte do estado do Ceará, com área de 312,407 km² e população de cerca de 2,6 milhões de habitantes, destacando-se como a quinta maior capital do Brasil, cuja densidade demográfica, que atinge 7.786,44 hab./km², é a maior dentre as capitais do país (IBGE, 2019). A cidade constitui o maior centro urbano do Ceará, com uma região metropolitana que abrange 19 municípios e uma população total de cerca de 4 milhões de habitantes (IPECE, 2018).

Fortaleza é delimitada ao norte e ao leste pelo Oceano Atlântico; ao sudeste, pelos municípios de Aquiraz e Eusébio; ao oeste, pelo município de Caucaia; ao sul, pelos municípios de Itaitinga, Pacatuba e Maracanaú (Figura 1).

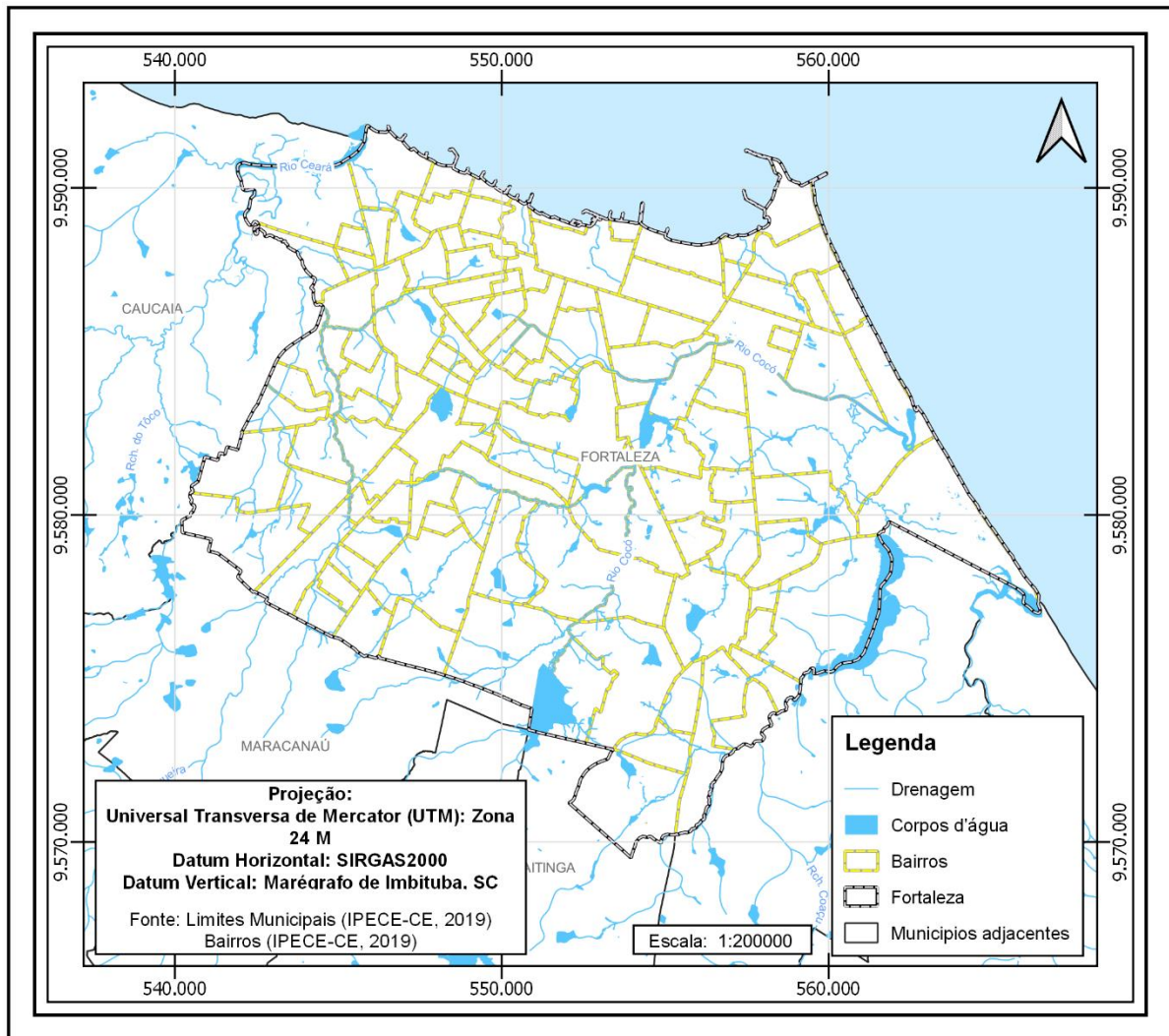
Em termos ambientais, o município de Fortaleza se localiza no setor litorâneo do Ceará, com paisagens naturais de formação recente, cuja dinâmica instável justifica a primazia de ambientes vulneráveis. Nessa perspectiva, é fundamental que sejam tomadas medidas sustentáveis voltadas para o ordenamento territorial urbano, visando harmonizar ao máximo a relação desse elevado contingente populacional com os ambientes locais.

Atualmente Fortaleza é um município considerado integralmente urbano, cujo sítio urbano ocupa praticamente todo o seu território, com exceção de algumas áreas naturais protegidas por meio de unidades de conservação, como no caso dos estuários e de alguns campos de dunas.

Com relação às estratégias de planejamento urbano para Fortaleza, merece destaque o Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza (PDPFor), publicado em 2009 por meio da Lei Complementar N^o 62/2009, constituindo um avanço na democratização do planejamento urbano local e cujo macrozoneamento definiu zonas urbanas e suas capacidades edificantes, bem como as zonas ambientais não edificantes voltadas para a conservação e/ou preservação de setores ambientalmente sensíveis no âmbito municipal.

Tendo em vista os enormes desafios de ordenamento territorial urbano em espaços especialmente sensíveis do ponto de vista socioeconômico e socioambiental, o PDPFor instituiu as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), que foram subdivididas em três categorias e nas seguintes quantidades: 45 ZEIS do tipo 1 ou “de ocupações”, 56 ZEIS do tipo 2 ou “de conjuntos” e 34 ZEIS do tipo 3 ou “de vazios”.

Figura 1 – Mapa do município de Fortaleza



Fonte: Elaboração própria.

A Lei Complementar Nº 62/2009, em seu artigo 123, determina que

As Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) são porções do território, de propriedade pública ou privada, destinadas prioritariamente à promoção da regularização urbanística e fundiária dos assentamentos habitacionais de baixa renda existentes e consolidados e ao desenvolvimento de programas habitacionais de interesse social e de mercado popular nas áreas não edificadas, não utilizadas ou subutilizadas, estando sujeitas a critérios especiais de edificação, parcelamento, uso e ocupação do solo (FORTALEZA, 2009).

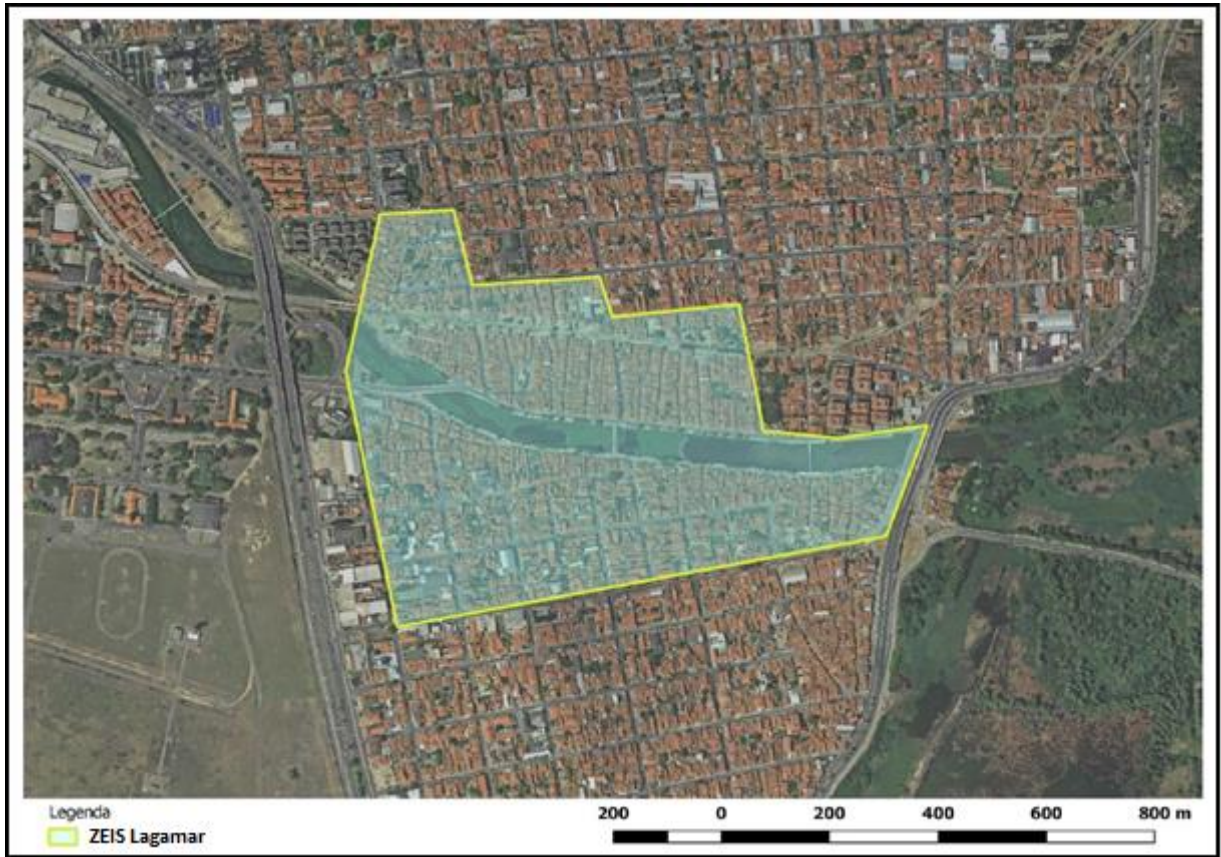
Ainda de acordo com a Lei Complementar nº 62/2009, em seu artigo 126, as ZEIS 1 “são compostas por assentamentos irregulares com ocupação desordenada, em áreas públicas ou particulares, constituídos por população de baixa renda, precários do ponto de vista urbanístico e habitacional, destinados à regularização fundiária, urbanística e ambiental” (FORTALEZA, 2009).

As ZEIS tipo 2 são constituídas por loteamentos clandestinos ou irregulares e conjuntos habitacionais, públicos ou privados, que estejam parcialmente urbanizados, ocupados por população de baixa renda, destinados à regularização fundiária e urbanística. Dentre seus objetivos, destacam-se os de efetivar o cumprimento das funções sociais da cidade, promover a regularização urbanística e fundiária dos assentamentos ocupados pela população de baixa renda, eliminar os riscos associados com ocupações em áreas inadequadas, ampliar a oferta de infraestrutura urbana e equipamentos comunitários, garantindo a qualidade ambiental aos seus habitantes, e promover o desenvolvimento humano local (FORTALEZA, 2009).

Considerando a complexidade e a heterogeneidade de situações existentes em cada área demarcada como ZEIS 1 e 2 e tendo em vista a necessidade da elaboração, de forma participativa, de um Plano Integrado de Regularização Fundiária (PIRF) para cada uma dessas áreas, torna-se fundamental que seja apresentada a caracterização de seus condicionantes físico-ambientais, de maneira que seja elaborado um diagnóstico do meio físico natural capaz de subsidiar estratégias de ordenamento territorial em escala cadastral, no qual sejam apresentadas as limitações, os problemas e as potencialidades dessas áreas.

Face ao exposto, o presente relatório visa apresentar o Diagnóstico do quadro físico-ambiental da ZEIS Lagamar, situada no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Cocó (Figura 2).

Figura 2 – Delimitação da ZEIS Lagamar



Fonte: IPLANFOR.

2 METODOLOGIA DO TRABALHO

A metodologia utilizada para o diagnóstico físico-ambiental seguiu o previsto na metodologia geral do PIRF, em que ficou estabelecido o cumprimento das seguintes etapas:

- a) Etapa 1 – compilatória, que consiste na fase de levantamento dos mais diversos temas específicos, dentre os quais se destaca a caracterização do meio físico, biótico e socioeconômico, a partir de objetivos e metas previamente traçados.
- b) Etapa 2 – correlatória, que consiste no desenvolvimento de atividades de inter-relação técnico-científica das informações levantadas até então com a participação coletiva dos agentes envolvidos.
- c) Etapa 3 – semântica/interpretativa, que consiste na consolidação do diagnóstico geoambiental que se apresenta como uma fase indispensável na elaboração das estratégias de manejo ambiental e ordenamento territorial sustentável.

Na etapa compilatória, foi realizado levantamento bibliográfico e cartográfico, que colaborou para a caracterização geral da ZEIS Lagamar e para a identificação dos principais problemas relacionados com seus aspectos físico-ambientais (pluviosidade, declividade, entre outros). Os mapas previamente identificados na literatura serviram de base para a elaboração de novos mapas utilizados na caracterização da área de estudo. As principais fontes consultadas foram *sites* oficiais de órgãos ambientais, trabalhos acadêmicos, artigos científicos, documentos oficiais e legislação pertinente. Textos de conteúdo jornalístico também foram considerados.

Cabe destacar que uma importante ferramenta utilizada no desenvolvimento do presente trabalho foi o Sistema de Informações Geográficas (SIG) a partir de técnicas de geoprocessamento. Geoprocessamento é uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas computacionais para o tratamento de informações geográficas (CÂMARA; MEDEIROS, 1998). Esta técnica tem, como uma de suas principais vantagens, a possibilidade de avaliar áreas cada vez maiores em quantidades de tempo cada vez menores.

A utilização do geoprocessamento no presente trabalho foi feita com o intuito de se obter e processar diversos dados espaciais, nos quais a catalogação em campo seria inviável. Contudo, cabe destacar que as bases cartográficas utilizadas representam dados oficiais disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Fortaleza, além de instituições estaduais e federais. Todos os dados cartográficos editados foram projetados para o Sistema UTM (Universal Transversa de Mercator) com DATUM SIRGAS 2000. Dentre as técnicas de

geoprocessamento adotadas, destacam-se vetorização, classificação, modelos digitais de elevação e álgebra de mapas.

Um dos dados cartográficos mais importantes na presente pesquisa corresponde às curvas de nível com equidistância de 1 metro, disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Fortaleza. Essa informação altimétrica possibilitou a elaboração dos modelos digitais de elevação que permitiram a criação de mapas de declividade, perfis topográficos e modelagens matemáticas.

Na tentativa de se analisar a distribuição de áreas verdes no âmbito das áreas estudadas, foram adotados métodos de classificação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index* ou Índice de Vegetação de Diferença Normalizada), que é um índice de vegetação, representado por um modelo numérico, no qual se referencia à densidade de vegetação viva por área, ou seja, a biomassa vegetal (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2015).

Nos trabalhos com NDVI, foram inicialmente selecionadas imagens LandSat 8 mais recentes, com 0% de cobertura de nuvens para a região de Fortaleza, mais precisamente a cena *Path*: 216 e *Row*: 63. Foi escolhida uma imagem com data de imageamento em 11 de setembro de 2019. Tais informações foram adquiridas através do sistema *EarthExplorer* do *U.S. Geological Survey*, disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>.

Posteriormente, em ambiente de desenvolvimento RStudio e sob linguagem R., as bandas do referido produto orbital foram submetidas ao recorte espacial do retângulo envolvente da área que compreende a cidade de Fortaleza, mais precisamente entre as coordenadas 3°53'9.57"S, 38°43'5.40"O e 3°41'30.94"S, 38°24'5.14"O.

Na sequência, essas imagens foram reprojetaadas para o Datum SIRGAS 2000, coordenadas UTM zone 24S, e foi aplicada a fórmula de NDVI nas bandas espectrais do infravermelho próximo e visível – vermelho. Por fim, foram elaborados mapas temáticos de NDVI para a área da ZEIS em estudo, bem como os seus respectivos cálculos das classes do NDVI, que são referentes ao intervalo que vai da presença de vegetação viva até a ausência total de vegetação, e seus respectivos valores em hectares.

Dando continuidade aos procedimentos de elaboração do presente trabalho, na etapa correlatória, duas atividades foram essenciais para o diagnóstico: as oficinas com a comunidade e as visitas de campo. As oficinas realizadas com a comunidade foram baseadas nos métodos de cartografia social e mapeamento participativo¹, que contam com a participação

¹ O mapeamento participativo data da década de 1980, com o desenvolvimento de projetos na área rural, utilizando croquis geográficos, dando preferência para o incentivo do conhecimento local, desenvolvendo e facilitando a comunicação entre os habitantes e quem iria estudar a área (ARAÚJO; ANJOS; ROCHA-FILHO, 2017).

direta da comunidade local na elaboração dos mapas dos seus territórios. Os mapas da ZEIS Lagamar foram elaborados e previamente impressos; sob eles, os participantes apontaram os locais com os problemas ambientais que afligem suas comunidades. Nesta atividade, os participantes foram orientados a relatar dados sobre os temas: 1) abastecimento de água; 2) gerenciamento de resíduos sólidos; 3) coleta e tratamento de esgoto; 4) drenagem de águas pluviais; 5) infraestrutura habitacional; e 6) saúde ambiental. Desta forma, a partir dos relatos dos participantes, as informações foram incorporadas aos mapas impressos, auxiliando sobremaneira na identificação dos pontos críticos onde tais problemas socioambientais ocorrem com maior frequência nas comunidades.

Para tanto, os seis temas norteadores foram divididos por cores (Quadro 1) para facilitar a construção das legendas dos mapas. A linguagem utilizada nas abordagens foi isenta de termos técnico-científicos para melhor compreensão por parte dos informantes-chave e maior agilidade no processo. Esse método possibilitou a participação ativa e democrática da comunidade, contribuindo para a caracterização dos demais mapas elaborados para a ZEIS Lagamar.

Quadro 1 – Temas utilizados nas oficinas de cartografia social

TEMAS NORTEADORES PARA AS OFICINAS DE CARTOGRAFIA SOCIAL
ABASTECIMENTO DE ÁGUA
1. Acesso à água da CAGECE*
2. Acesso à água de poço
3. Uso de método de tratamento da água para beber
4. Considera a água de boa qualidade (sem cheiro, cor ou odor)
GERENCIAMENTO DE LIXO
1. Coleta de lixo/acesso
2. Existência de lixo nas ruas
3. Terrenos baldios com lixo
4. Existência de ratos ou outros vetores provenientes do lixo
5. Ecopontos acessíveis
COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO
1. Coleta de esgoto
2. Lugares onde a água cinza escoava pelas ruas (água de pias e chuveiro)
3. Tipo de fossa existente (fossa negra ou séptica)
DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS
1. Locais onde existe um alagamento permanente
2. Locais onde ocorrem alagamentos eventuais devido a chuvas
3. Ruas onde ocorre forte escoamento de águas de chuva
4. Erosão (remoção de areia) provocada por água das chuvas
INFRAESTRUTURA
1. Existência de rachaduras
2. Piso afundando
3. Deslizamento/construções irregulares
4. Construção abandonada
5. Áreas de lazer
SAÚDE AMBIENTAL (MEIO AMBIENTE URBANO)
1. Doenças recorrentes na comunidade
2. Conforto térmico
3. Arborização na comunidade
4. Problemas relacionados à poluição sonora
5. Circulação de animais venenosos (escorpião, cobra, lacraia)

*CAGECE = Companhia de Água e Esgoto do Ceará
 Fonte: Elaboração própria.

No total, foram realizadas quatro oficinas, duas no dia 16 de outubro de 2019 (Fundação Marcos de Bruin e Salão Novo do JBD) e duas no dia 17 de outubro de 2019 (Capela São Francisco e CRAS Lagamar) (Figura 3).

Figura 3 – Oficinas de cartografia social da ZEIS Lagamar



Fonte: Acervo próprio.

Com os mapas devidamente demarcados, a equipe partiu para a etapa de levantamento de campo, que teve como objetivo constatar e realizar registro fotográfico dos locais indicados pelos conselheiros e demais moradores nas oficinas, além de coletar outros dados para a caracterização geral da área de estudo. As visitas de campo contaram com a participação de moradores e conselheiros da ZEIS, que acompanharam a equipe durante todo o percurso, contribuindo sobremaneira para o sucesso dos resultados esperados para esta etapa.

Associados às atividades de levantamento bibliográfico, oficinas e visitas de campo, foi produzido um conjunto de materiais cartográficos com o objetivo de organizar um acervo de arquivos vetoriais e matriciais que viabilizassem a elaboração de cartografias básicas e temáticas. Nessa perspectiva, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento, tais como vetorização, modelos digitais de elevação, classificação, álgebra de mapas e modelagem ambiental.

A etapa semântica/interpretativa se consolidou com o cruzamento das informações obtidas no levantamento bibliográfico e cartográfico, na oficina com a comunidade e nas visitas

de campo, quando foi possível a interpretação e a integração destes dados, que forneceram contribuições para a elaboração do presente relatório.

3 CONTEXTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

O município de Fortaleza apresenta um complexo mosaico paisagístico, tendo em vista a expressiva variedade de condicionantes geoambientais, com predomínio de ambientes relacionados com superfícies de deposição sedimentar cenozoica. Sua localização na zona costeira justifica a grande relevância da interface entre agentes continentais e costeiros na configuração da dinâmica natural e, conseqüentemente, na evolução das paisagens.

Neste sentido, é fundamental que sejam apresentados os aspectos referentes aos condicionantes naturais de Fortaleza, com destaque para os elementos geológico/geomorfológicos, os parâmetros hidroclimáticos e as relações fitopedológicas municipais para que se possa elaborar uma caracterização do quadro físico-natural da área em análise. Dessa forma, pode-se ter uma visão ambiental integrada em escala municipal de maneira a contribuir com os trabalhos em escalas mais detalhadas, como no caso específico das propostas de requalificação urbana da ZEIS Lagamar.

3.1 Unidades geológicas e relevos associados

Conforme apresentado anteriormente, Fortaleza é um município localizado na zona costeira do Ceará, que constitui o nível de base regional e justifica o predomínio de coberturas sedimentares cenozoicas. Em proporção bastante reduzida, encontram-se exposições de rochas do embasamento cristalino pré-cambriano, além de relevos residuais derivados de vulcanismo terciário (CPRM, 2003).

Fortaleza está situada, predominantemente, no Domínio dos Depósitos Cenozoicos (SOUZA, 1988), apresentando paisagens tipicamente costeiras associadas à dinâmica instável de sedimentos areno-argilosos inconsolidados. De acordo com a divisão dos domínios morfoestruturais da fachada marítima cearense proposta por Claudino Sales (2002; 2007), a área de estudo se localiza no Domínio Baturité, correspondendo a um compartimento estrutural elevado.

De acordo com CPRM (2003), as rochas do embasamento cristalino que ocorrem em Fortaleza são predominantemente metamórficas e pertencem à Unidade Canindé (Paleo-Proterozoico), sendo representadas por complexos gnáissicos-migmatítico com intercalações granítico-migmatítico. Tais exposições geológicas ocorrem através de superfícies de erosão rebaixadas, denominadas regionalmente como depressão sertaneja, cujos ciclos erosivos

responsáveis pela elaboração morfológica das tais superfícies se devem ao cenozoico, com destaque morfogenético final para o Quaternário (DRESCH, 1957; DEMANGEOT, 1960; AB'SÁBER, 1969; BIGARELLA; ANDRADE, 1964; MABESOONE; CASTRO, 1975).

Durante o Paleógeno, merece destaque um importante evento tectônico conhecido localmente como Vulcanismo Messejana (ALMEIDA *et al.*, 1988; VANDOROS; OLIVEIRA, 1968), ocorrido entre 44 e 29 MA (Eoceno/Oligoceno), que estaria relacionado aos processos de separação da América do Sul e África (MIZUSAKI; THOMAZ FILHO, 2004), apresentando um lineamento relacionado com o Arquipélago de Fernando de Noronha (BRANDÃO, 1995). Desse evento derivaram rochas alcalinas (fonólitos e traquitos) que atualmente constituem relevos vulcânicos residuais denominados de *necks*, como é o caso do morro do Caruru e do Ancuri.

Com relação às unidades geológicas deposicionais, merece destaque a expressiva ocorrência de depósitos do Grupo Barreiras, datados do Terciário. Esse grupo constitui uma faixa de deposição de largura variável representada por sedimentos areno-argilosos de coloração vermelho-amarelada derivada das reações de oxidação de ferro e alumínio.

O Grupo Barreiras corresponde a rampas detríticas, praticamente contínuas do Pará até o Rio de Janeiro, que mergulham em direção ao oceano Atlântico, cuja sedimentação teve relação direta com soerguimentos epirogenéticos (BEZERRA *et al.*, 2001; SAADI *et al.*, 2005; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011). As grandes inconformidades erosivas e variações sedimentológicas do Barreiras inviabilizam a sua classificação como Formação (BIGARELLA *et al.*, 2007), sendo mais apropriada a terminologia Grupo (BIGARELLA; ANDRADE, 1964). O Grupo Barreiras é composto por uma sequência de sedimentos detríticos, siliclásticos, de origem fluvial e marinha (ARAI, 2006), mal selecionados, de cores variadas e material pouco ou não consolidado (VILAS BOAS; SAMPAIO; PEREIRA, 2001), podendo apresentar grãos de tamanhos variados, inclusive com a possibilidade de conglomerados.

Os aspectos texturais dos sedimentos do Barreiras apresentam reflexos diretos sobre a morfologia. Nos casos de granulometria arenosa, constata-se topografias tabulares, enquanto as fácies argilosas possibilitam uma maior dissecação topográfica. A configuração topográfica tabular relacionada com a deposição do Barreiras, justificando uma suave rampa de deposição com declive em direção ao litoral, condiciona uma drenagem consequente com padrão paralelo, conforme se observa nos baixos cursos de rios cearenses.

A expressiva representação espacial dos sedimentos do Grupo Barreiras justifica sua topografia predominantemente plana associada com os tabuleiros pré-litorâneos, podendo

ser classificados geomorfologicamente como um *glacis* de deposição. Dessa forma, pode-se destacar que as principais áreas de riscos ambientais em Fortaleza estão associadas, preferencialmente, a eventos de inundação, uma vez que a topografia tabular limita a ocorrência de eventos gravitacionais de massa e riscos associados.

As áreas de deposição quaternárias são representadas por sedimentos litorâneos inconsolidados, configurando cordões arenosos sobrepostos aos sedimentos do Grupo Barreiras. Tais sedimentos são constituídos por areias de granulação fina e média muito bem selecionadas através do transporte eólico. No contexto regional do entorno da área de estudo, a configuração e a localização de tais sedimentos podem influenciar na formação de determinadas feições de origem eólicas, como campos de dunas móveis e fixas e superfícies de deflação.

Em termos de classificação geomorfológica, pode-se afirmar que esses setores de deposição quaternária constituem um macro compartimento denominado planície litorânea. Ao longo do estado do Ceará, essa unidade é subdividida em várias subunidades menores, tais como campos de dunas, faixas de praia, pós-praia, superfícies de deflação e planícies fluviomarinhas. Maia *et al.* (2011) identificaram, para o Nordeste setentrional brasileiro, quatro gerações de dunas, cuja gênese está relacionada a movimentos eustáticos com datações de cerca de 105.000 anos, 20.000 anos, 13.000 anos e 3.000 anos, respectivamente.

As formações dunares constituídas em condições marinhas e continentais estão associadas às oscilações do nível do mar, com consequentes subidas e descidas da linha de costa numa margem continental fracamente inclinada, cuja evolução se dá em direção ao interior da zona costeira a partir da acumulação de areias quartzosas médias e, sobretudo, finas (CLAUDINO SALES, 2002), de colorações esbranquiçadas e, às vezes, amarelas ou avermelhadas (PINHEIRO; CLAUDINO SALES, 2008).

Em Fortaleza, mesmo com a urbanização consolidada, pode-se identificar ambientes arenosos com dinâmica natural ainda em funcionamento, como no caso de alguns campos de dunas e superfícies de deflação na praia do Futuro e, principalmente, na Sabiaguaba.

Nos setores de ocupação mais antiga de Fortaleza, entre a foz do rio Ceará e o Pontão do Mucuripe, além de grande parte das dunas da praia do Futuro, as unidades geomorfológicas relacionadas com a planície litorânea encontram-se fortemente descaracterizadas, tendo em vista o expressivo adensamento do sítio urbano que compromete a dinâmica sedimentológica.

Além dos sedimentos arenosos anteriormente mencionados, ocorrem depósitos aluviais quaternários, representando as planícies fluviais e as planícies fluviomarinhas. Tendo

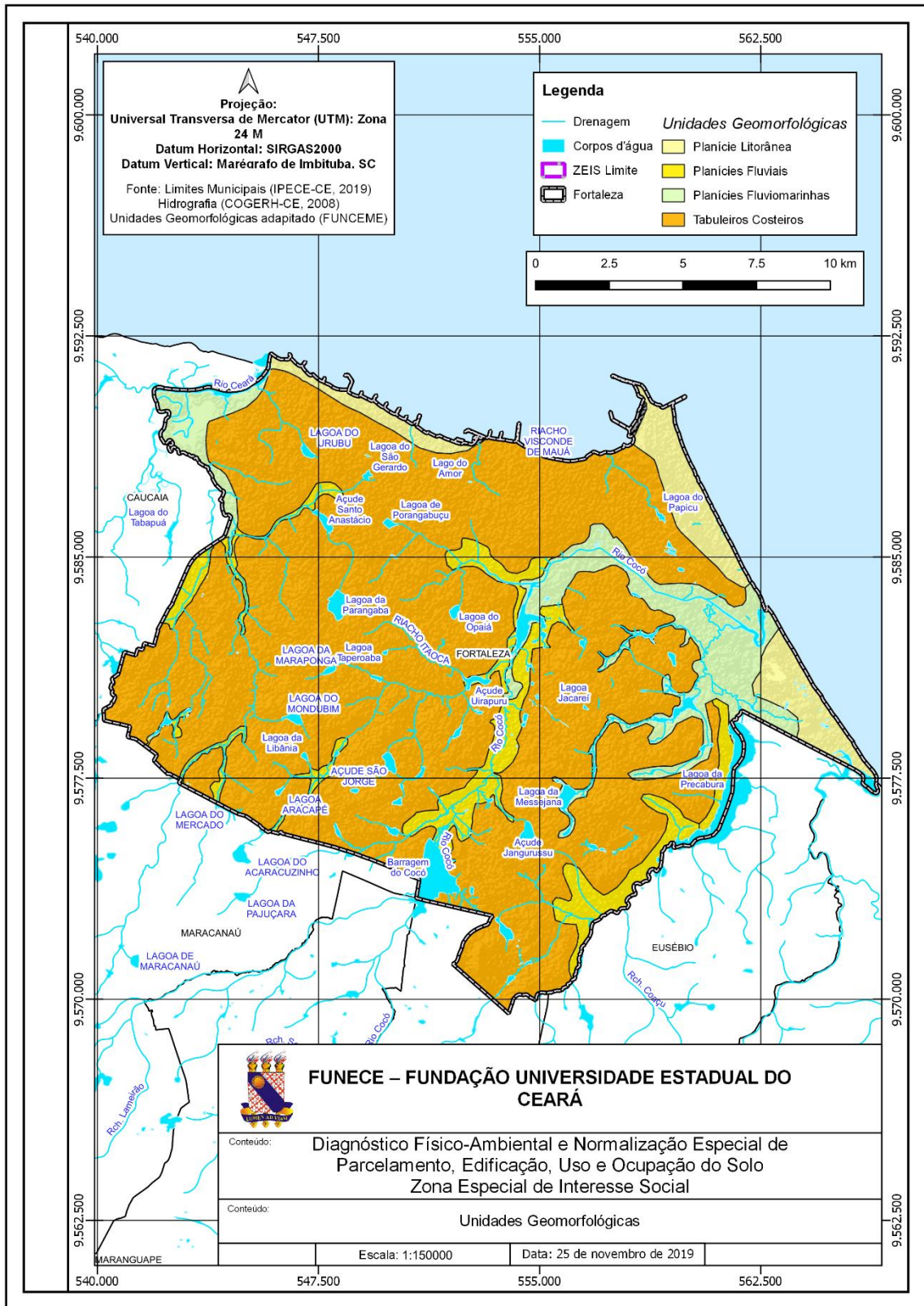
em vista se tratar de um município litorâneo, a capacidade de entalhe limitada da rede de drenagem em Fortaleza justifica pequenas amplitudes altimétricas entre os interflúvios e talvegues, face à reduzida capacidade energética dos rios. Como se trata de áreas de baixos cursos fluviais, nessas áreas predominam depósitos sedimentares aluviais de fino calibre sedimentológico (argila e silte), sobretudo nos estuários.

Os estuários constituem os setores de topografias baixas que permitem a entrada da influência marinha através dos baixos canais fluviais, configurando unidades geomorfológicas denominadas planícies fluviomarinhas. Tais setores se localizam na foz dos rios Ceará, Cocó e Pacoti, especificamente no âmbito de Fortaleza.

Tendo em vista as características topográficas mencionadas, associadas com os aspectos pluviométricos irregulares típicos do semiárido brasileiro, são muito comuns ocupações em áreas de risco de inundações ao longo das margens fluviais do município de Fortaleza. Dessa forma, torna-se de fundamental importância, para efeito de ordenamento territorial urbano, que se conheça a compartimentação morfológica dos perfis transversais dos rios, de maneira a evitar ocupações em leitos naturais de inundações sazonais.

A Figura 4 apresenta o mapa com as unidades geomorfológicas do município de Fortaleza.

Figura 4 - Mapa geomorfológico de Fortaleza



Fonte: Elaboração própria.

3.2 Clima e recursos hídricos

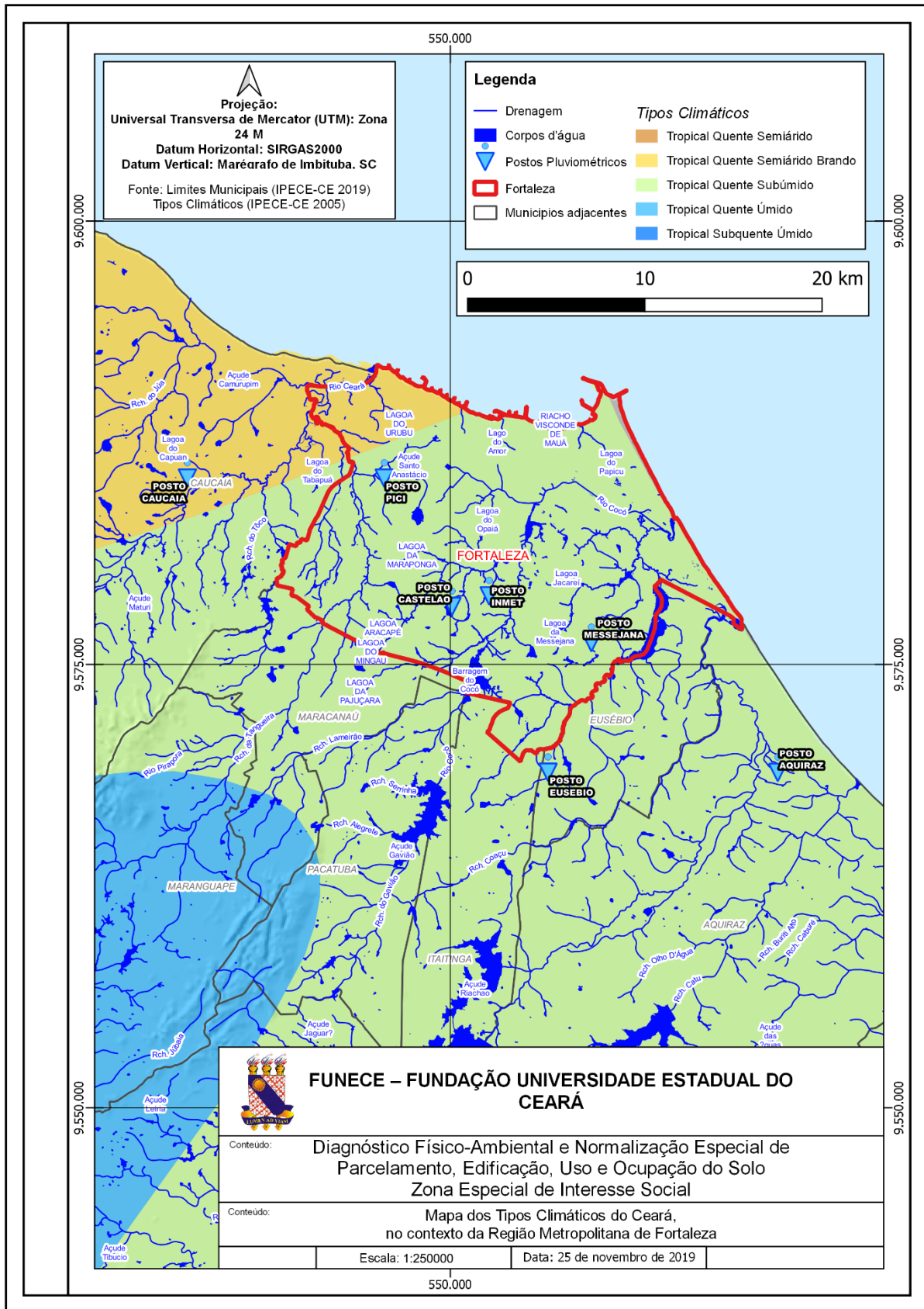
A compreensão dos aspectos climáticos e dos recursos hídricos associados a um espaço geográfico é de fundamental importância para a interpretação da dinâmica superficial e, conseqüentemente, para a análise de áreas de risco. Esse tópico tem o objetivo de apresentar uma visão sintética e setorizada de variáveis climáticas importantes na análise de risco, em especial, a precipitação e a distribuição dos recursos hídricos superficiais no município de Fortaleza, destacando o setor onde está disposta a ZEIS Lagamar.

Evidentemente, não se pretende detalhar com profundidade todos os aspectos hidroclimáticos de Fortaleza, pois estes já foram detalhados em trabalhos técnicos realizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), da Prefeitura Municipal de Fortaleza, além de trabalhos científicos, como Zanella e Sales (2016), Moura, Zanella e Sales (2008), Moura (2008), Freitas (2016), Paiva (2018), Magalhães (2015), Lima (2018) e Monteiro (2016).

3.2.1 O clima do município de Fortaleza sob o enfoque da dinâmica superficial

Na Figura 5, podem ser observados os tipos climáticos do Ceará, com enfoque na Região Metropolitana de Fortaleza. É possível observar que Fortaleza está inserida, quase em sua totalidade, no tipo climático Tropical Quente Subúmido. Em termos práticos, essa condição estabelece para a gestão da cidade os desafios de trabalhar a expansão urbana frente a uma precipitação anual histórica superior à do semiárido brasileiro e com importantes variabilidades temporais e espaciais.

Figura 5 – Mapa dos tipos climáticos atuantes no município de Fortaleza



Fonte: Elaboração própria.

Para a descrição do clima e sua relação com a dinâmica superficial de Fortaleza, este tópico está dividido em duas sessões: 3.2.1.1 Os sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza; e 3.2.1.2 Detalhamento da pluviometria e dos regimes de ventos em Fortaleza.

3.2.1.1 Os sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza

O Quadro 2 apresenta uma síntese dos sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza e é uma adaptação do conteúdo apresentado na pesquisa de Moura (2008) e das informações contidas em FUNCEME (2019). De acordo com o tempo de duração e o tamanho, os sistemas são classificados em Grande Escala, Mesoescala e Escala Local.

Quadro 2 – Sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza

(continua)

GRANDE ESCALA	
Sistema atmosférico	Características gerais
Sistema Tropical Atlântico (TA)	Resultante da dinâmica atmosférica do centro de alta pressão (Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul), produtor da Massa tropical Atlântica mTa. Ao avançar sobre o continente, provoca temperaturas mais elevadas, pressão e umidade relativa baixas, sendo, assim, responsável pelas condições de estabilidade do tempo sobre Fortaleza, sobretudo no inverno e na primavera (MOURA, 2008, p. 132).
Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)	A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundantes ou deficientes serão as chuvas no setor Norte do Nordeste do Brasil. A ZCIT é uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. De maneira simplista, pode-se dizer que a convergência dos ventos faz com que o ar, quente e úmido, ascenda, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera, ocorrendo a formação das nuvens (FUNCEME, 2019).
MESOESCALA	
Sistema atmosférico	Características Gerais
Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS)	Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) que atingem a região Nordeste do Brasil formam-se no Oceano Atlântico entre os meses de outubro e março, e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro. Os VCAS são um conjunto de nuvens que, observado pelas imagens de satélite, tem a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário. Na sua periferia, há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsistência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens (FUNCEME, 2019).
Linhas de Instabilidade (LI)	As Linhas de Instabilidade, que se formam principalmente nos meses de verão no hemisfério sul (dezembro a março), encontram-se ao sul da Linha do Equador, influenciando as chuvas no litoral Norte do Nordeste e regiões adjacentes, e ocorrem no período da tarde e no início da noite. As Linhas de Instabilidade são bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha, daí o seu nome. Sua formação se dá basicamente pelo fato de que, com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical, ocorre o desenvolvimento das nuvens cumulus, que atingem um número maior à tarde, quando a convecção é máxima, com consequentes chuvas. Outro fator que contribui para o incremento das Linhas de Instabilidade, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade da ZCIT (FUNCEME, 2019).

(conclusão)

MESOESCALA	
Sistema Atmosférico	Características Gerais
Complexos Convectivos de Mesoescala	Os CCMs são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis (temperatura, relevo, pressão etc.) e provocam chuvas fortes e de curta duração. Normalmente as chuvas associadas a este fenômeno meteorológico ocorrem de forma isolada (FUNCEME, 2019).
Ondas de leste	As ondas de leste são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil (FUNCEME, 2019).
ESCALA LOCAL	
Sistema Atmosférico	Características Gerais
Sistemas de brisas marítimas e terrestres	Ocorrem em função da diferença de temperatura entre a superfície terrestre e a superfície aquática. Com isso, o sistema de brisas atua normalmente com ventos soprando do mar para a terra, durante o dia, e da terra para o mar, durante a noite, de acordo com as diferenças térmicas existentes entre a superfície do continente e a superfície do oceano.

Fonte: Elaboração própria a partir de Moura (2008) e FUNCEME (2009).

Mesmo considerando a complexidade dos sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza, pode-se enfatizar que a ZCIT se destaca enquanto sistema mais importante e que estabelece a quadra chuvosa (fevereiro a maio) (ZANELLA; SALES, 2016). Com isso, o primeiro semestre do ano apresenta os maiores registros de chuvas e, em razão disso, concentra os problemas de alagamentos e inundações que costumam atingir diretamente as populações residentes nas proximidades dos principais rios e lagoas.

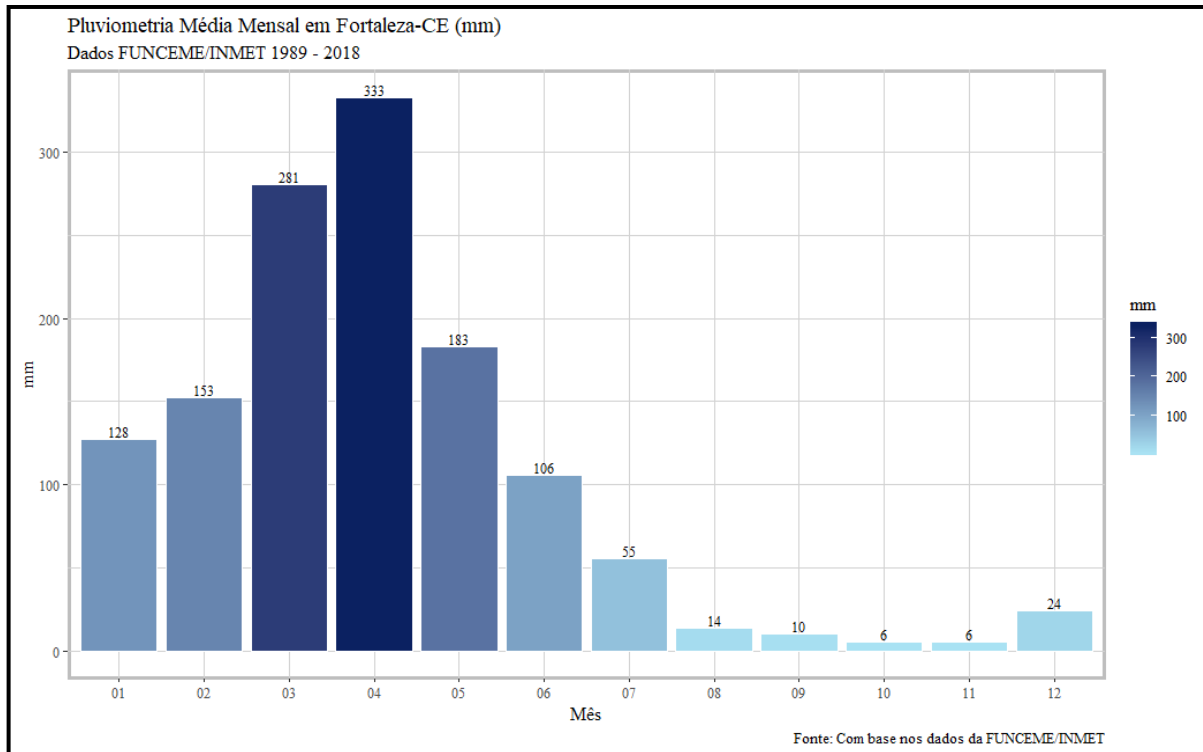
3.2.1.2 Detalhamento da pluviometria e dos regimes de ventos em Fortaleza

O município de Fortaleza apresenta uma condição de pluviosidade anual superior às encontradas nos municípios do semiárido brasileiro, uma vez que apresenta média histórica anual de 1.300 mm de chuvas (IPECE, 2017). Dessa forma, o município não atende aos critérios mínimos para ser enquadrado como um município pertencente ao semiárido, segundo os critérios estabelecidos pelas Resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene de N° 107, de 27/07/2017 e de N° 115, de 23/11/2017.

A Figura 6 apresenta o gráfico da pluviometria média mensal em Fortaleza a partir de dados históricos dos anos de 1989 a 2018. O ápice das chuvas ocorre, historicamente, entre os meses de março e abril, destacando-se o mês de abril como o de maior ocorrência de chuvas,

chegando a uma média de 333 mm. Esses são os meses críticos para as populações que residem nas proximidades dos recursos hídricos superficiais, como rios e lagoas. Porém, é preciso esclarecer que, devido à irregularidade pluviométrica, podem ocorrer eventos excepcionais de chuvas em meses como janeiro e fevereiro, e isso pode ocasionar situações de emergências devido a inundações e alagamentos.

Figura 6 – Pluviometria média mensal em Fortaleza (1989 a 2018)



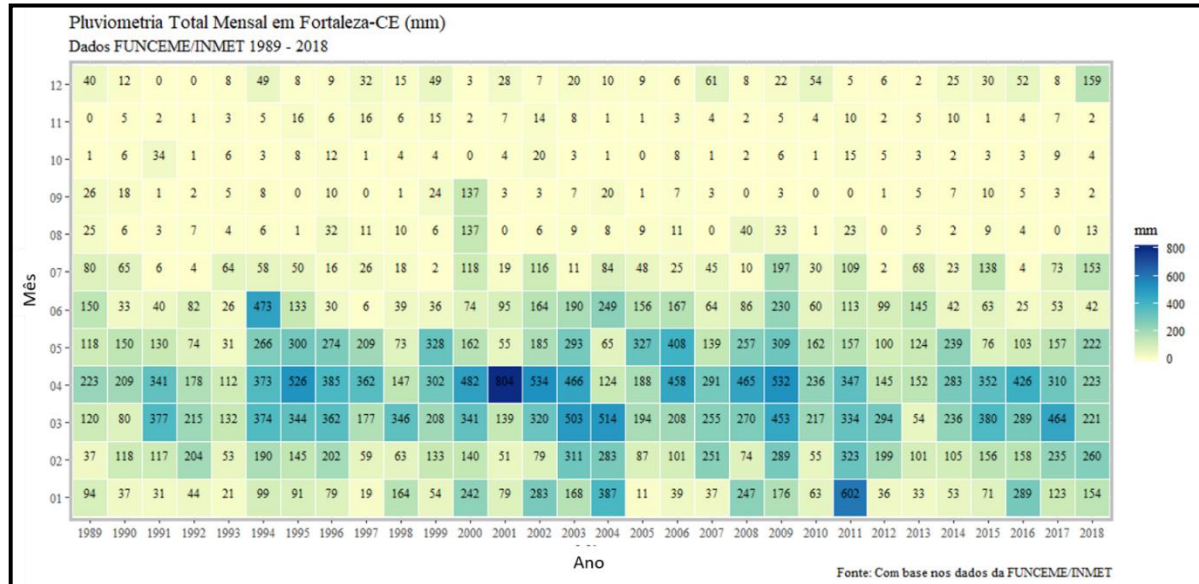
Fonte: Elaboração própria.

Como citado por Souza *et al.* (2009), essas variabilidades pluviométricas estão associadas às irregularidades ocasionadas pelas temperaturas dos oceanos tropicais e aos fenômenos *El Niño*, que causa prolongados períodos de secas, geradores de sérios problemas socioambientais, e *La Niña*, que provoca fortes chuvas que causam situações calamitosas, principalmente nas áreas sujeitas aos riscos ambientais. Portanto, é fundamental o monitoramento das temperaturas do oceano para a previsão de emergências relacionadas às áreas de risco de Fortaleza.

Como exemplo das variabilidades pluviométricas, a Figura 7 apresenta, no mês de janeiro, 10 anos em que a precipitação superou a média histórica dos 30 anos observados (1989 a 2018). Destaca-se o ano de 2011, no qual a precipitação acumulada em janeiro chegou a 602 mm, quase cinco vezes o valor da média histórica, que é de 128 mm para o mês. Evidentemente,

em ocasiões como essa podem ocorrer situações de emergência associadas à elevação do nível dos recursos hídricos superficiais e à completa saturação e extravasamento da drenagem urbana, gerando pontos de alagamento.

Figura 7 – Pluviometria total mensal em Fortaleza (1989 a 2018)

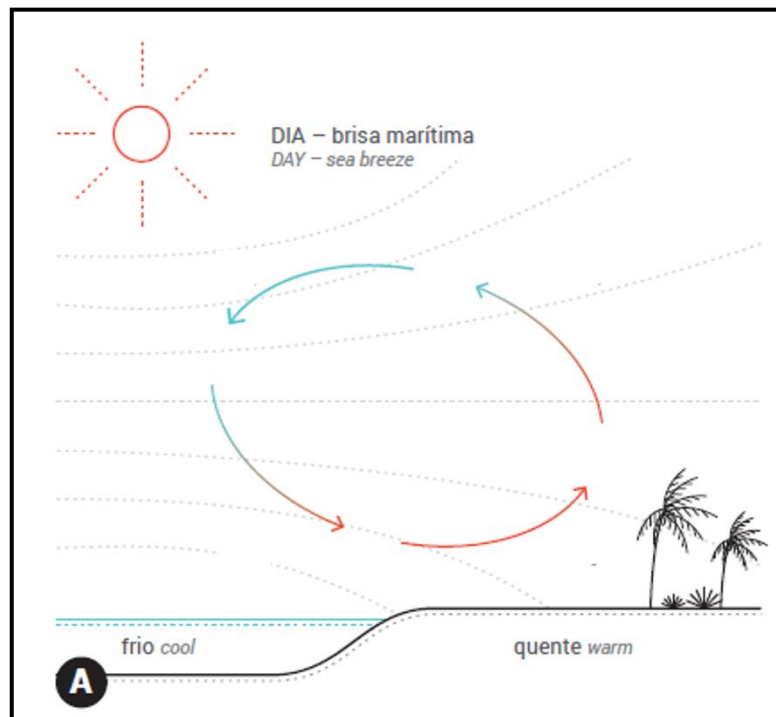


Fonte: Elaboração própria.

Por isso, é fundamental que o planejamento da cidade de Fortaleza e, em particular, das ZEIS (onde as populações são mais vulneráveis às ameaças) leve em consideração que os setores mais baixos e próximos aos cursos d'água devem ser mantidos desocupados e funcionar como áreas de inundação sazonal e amortecimento de cheias.

Sobre a incidência de ventos no município de Fortaleza e as áreas de risco, destaca-se que sua importância está relacionada essencialmente ao transporte eólico de sedimentos da faixa de praia para o continente. O sistema de brisas marítimas atua durante o dia devido às diferenças no aquecimento da superfície do continente e do oceano e condiciona a existência predominantemente de ventos que sopram do mar para a terra (Figura 8). E esse fenômeno se intensifica nos meses de baixa precipitação pluviométrica, chegando ao ápice nos meses de setembro, outubro e novembro. Porém, cabe mencionar a ZCIT como o sistema que mais influencia na dinâmica dos ventos, sendo conhecida como uma zona de ventos calmos, tendendo, assim, a reduzir a velocidade do vento quando se aproxima do Ceará e a intensificá-la quando se afasta (SCHUBERT, 2019).

Figura 8 – Modelo de circulação do vento maral



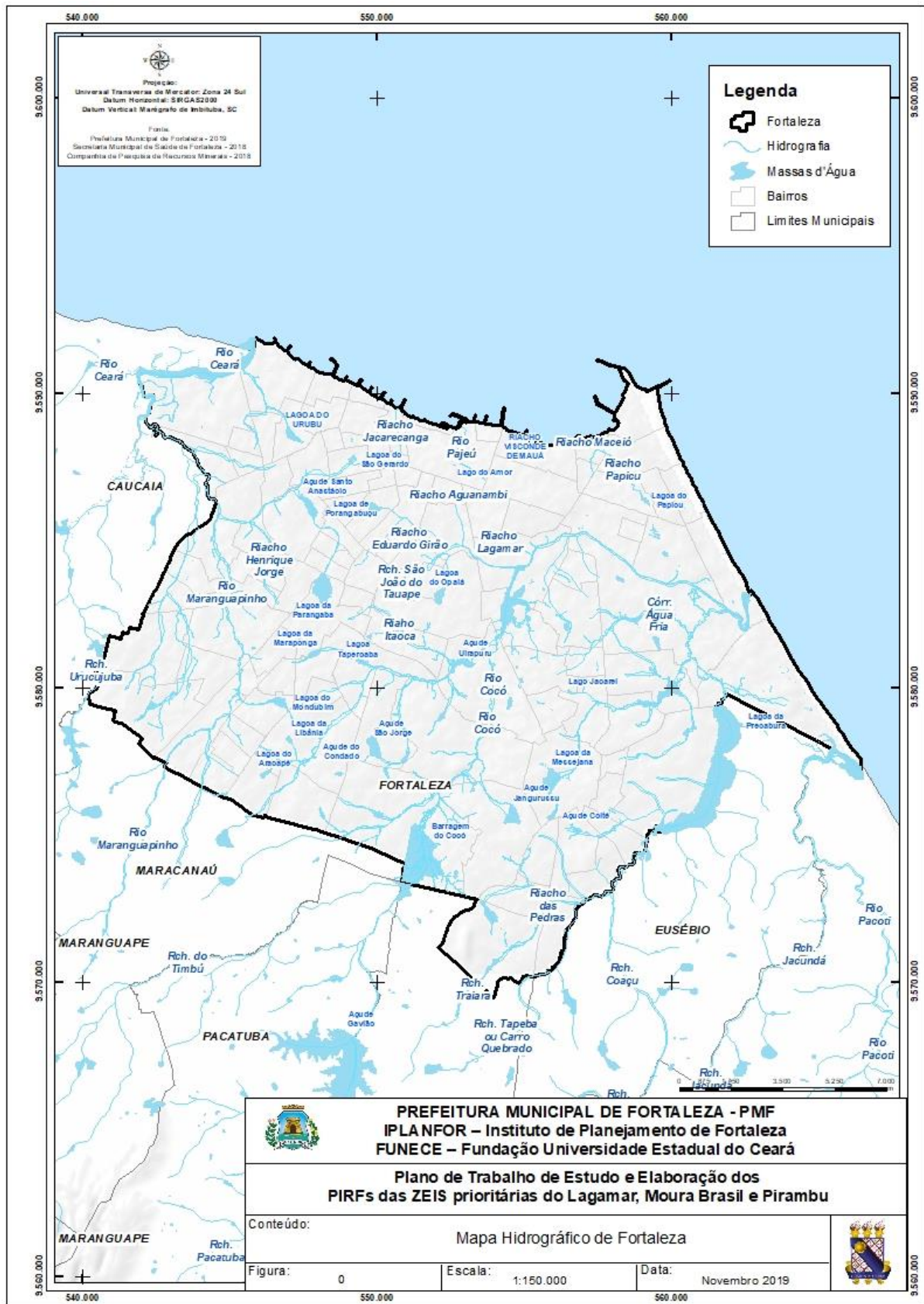
Fonte: Adaptado de Schubert (2019).

A velocidade dos ventos varia entre 2 e 6 m/s durante o ano em Fortaleza. Do ponto de vista do sistema natural, esses ventos são de fundamental importância na dinâmica dos ambientes litorâneos. São responsáveis por transportar sedimentos nas praias, planícies de deflação e dunas, ambientes fortemente instáveis que dificultam a ocupação humana. Porém, com a completa impermeabilização dos ambientes sedimentares, o transporte eólico é interrompido, o que influencia na degradação ambiental do litoral. O ambiente construído passa a sofrer com o transporte de sedimentos da faixa de praia, que invadem sazonalmente ruas e residências em Fortaleza.

3.2.2 Os recursos hídricos superficiais

Os recursos hídricos superficiais do município de Fortaleza são representados por rios, riachos, lagoas e estuários. Os três principais rios com estuários são: o rio Pacoti (situado no limite Leste do município); o rio Cocó (percorre a parte central do município até próximo ao estuário, quando muda sua direção para leste); e o rio Ceará (situado no extremo Oeste do município). Uma visão geral dos recursos hídricos superficiais de Fortaleza pode ser representada na Figura 9.

Figura 9 – Mapa dos recursos hídricos de Fortaleza



Fonte: Elaboração própria.

As características do embasamento geológico sedimentar associado ao regime de precipitações também contribuíram para a existência de lagoas perenes, como a Lagoa da Maraponga, a Lagoa da Parangaba, a Lagoa de Messejana, a Lagoa do Opaia, a Lagoa do Papicu, dentre outras.

3.3 Solos e vegetação

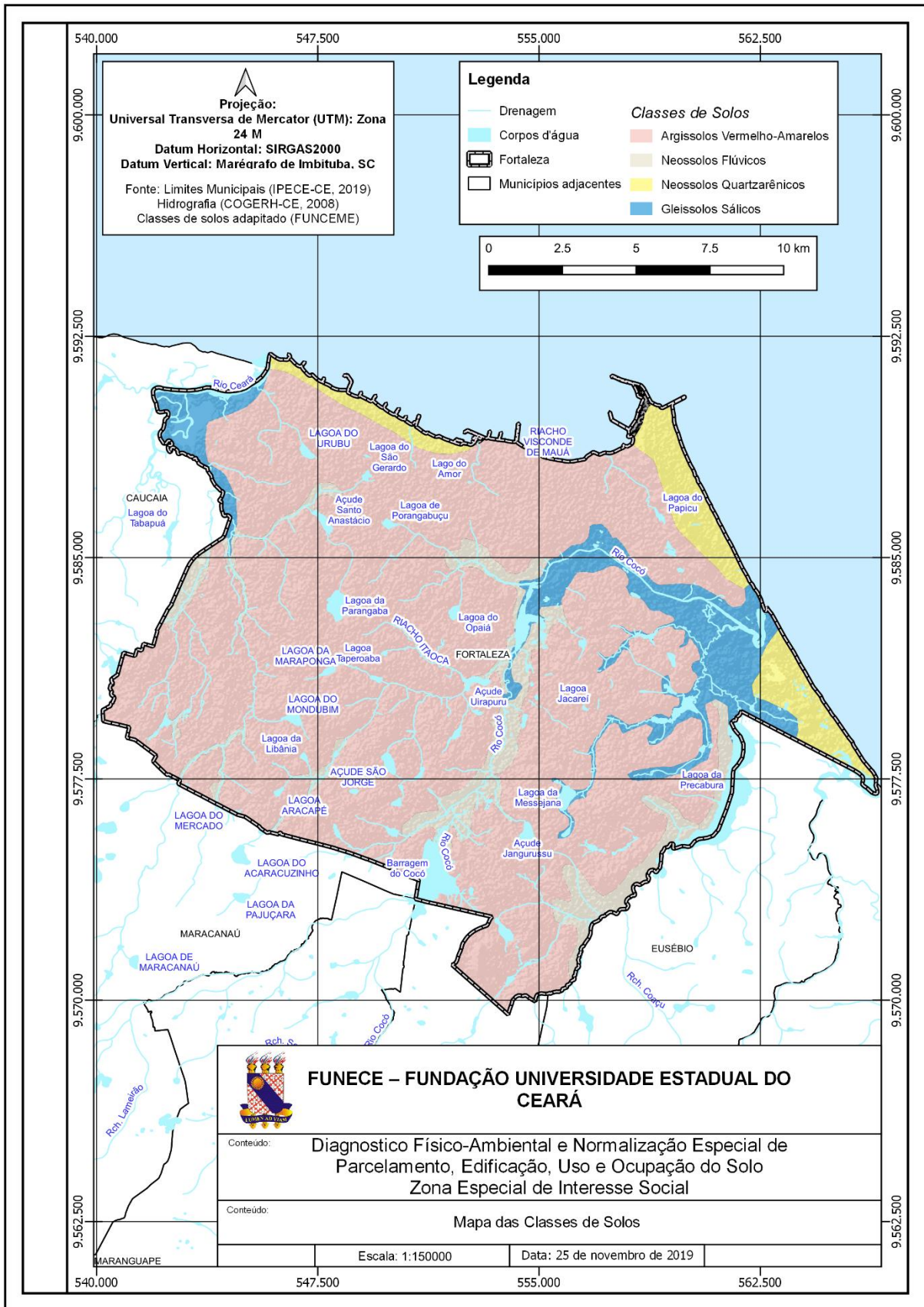
O município de Fortaleza apresenta originalmente quatro classes de solos: o Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, o Neossolo Quartzarênico, o Neossolo Flúvico e o Geissolo. Estes apresentam uma distribuição espacial que pode ser visualizada na Figura 10.

O Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico está ligado às superfícies dos tabuleiros pré-litorâneos argilosos e é o solo com maior expressão espacial, contudo, a maior parte está impermeabilizada pelas estruturas urbanas. O Neossolo Quartzarênico ocorre nas planícies litorâneas e está ligado às fácies arenosas dos tabuleiros, sendo que ainda restam alguns setores onde este tipo de solo está exposto, como dunas fixas e planícies de deflação eólica. O Neossolo Flúvico situa-se nas planícies fluviais e lacustres, sendo sazonalmente inundados nos meses de maior precipitação. Já o Gleissolo situa-se nas planícies fluviomarinhas dos rios Pacoti, Cocó e Ceará, sendo periodicamente inundados por ação fluvial e marinha.

Ao longo do processo de urbanização de Fortaleza, os solos perderam o significado agrícola, sendo exíguas as áreas utilizadas para agricultura. Apenas práticas pontuais, como a produção de hortaliças no bairro da Sabiaguaba, podem ser percebidas, ocorrendo sempre em bairros pouco adensados e periféricos.

Já a cobertura vegetal de Fortaleza também foi quase que totalmente modificada, restando apenas alguns setores com a vegetação original. A manutenção de áreas verdes e a arborização urbana são importantes dispositivos para promover o bem-estar da população e a saúde ambiental. As plantas prestam diversos serviços ambientais, como a purificação do ar e a melhoria do conforto térmico, e colaboram para a biodiversidade.

Figura 10 – Mapa de solos de Fortaleza



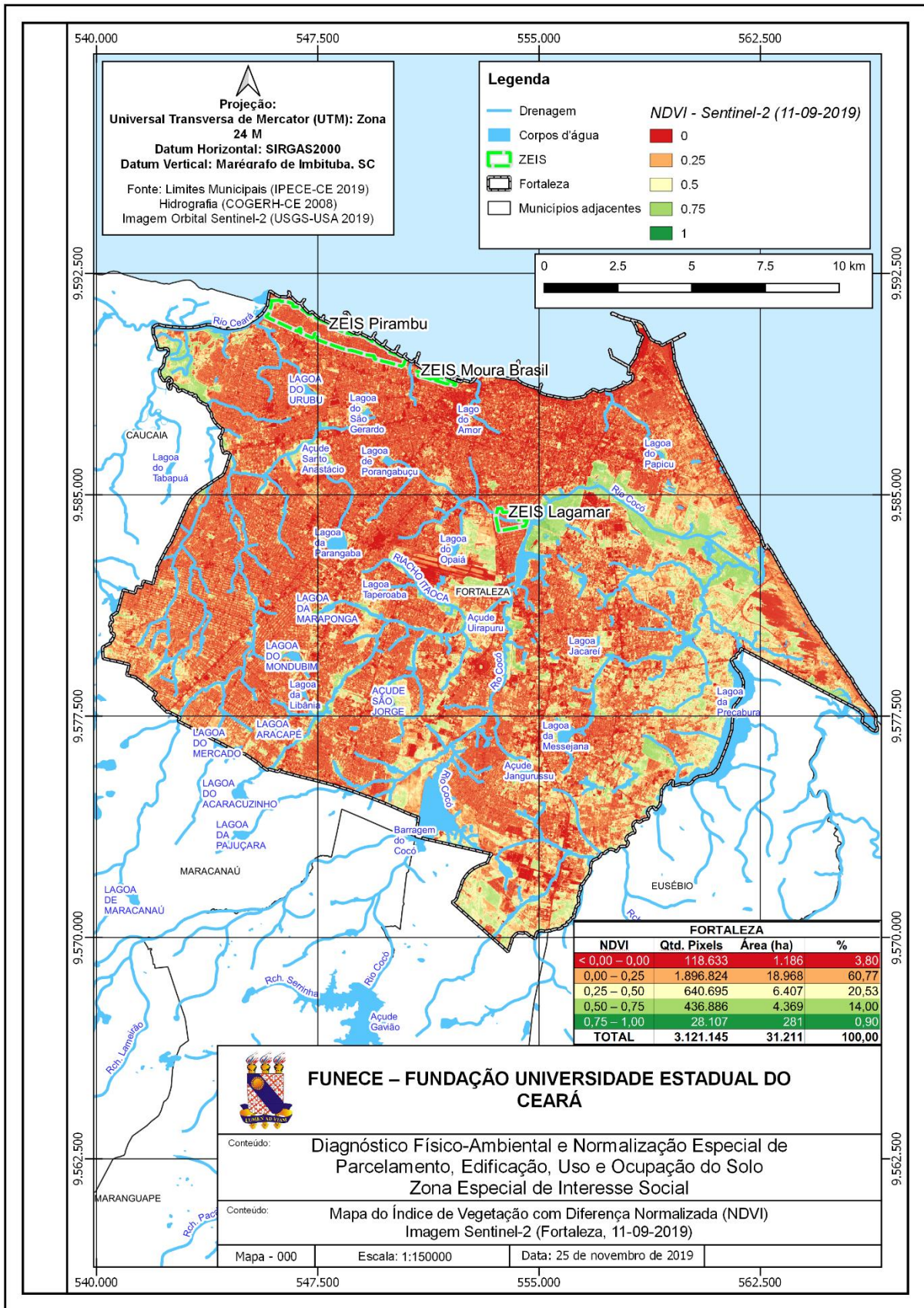
Fonte: Elaboração própria.

Para analisar a cobertura vegetal de Fortaleza, foi utilizada uma técnica baseada na aplicação de um índice, o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), que significa, em português, Índice de Vegetação com Diferença Normalizada. A partir de imagens de satélite, usando o NDVI, é possível estimar a área de cobertura vegetal em ambientes rurais ou urbanos. Na Figura 11, é possível visualizar o resultado da aplicação no NDVI para Fortaleza, onde, na legenda do mapa, de 0 a 0,5 (cores: vermelho, laranja e amarelo), podem ser vistos os ambientes com ausência de vegetação; e, de 0,51 a 1 (tons de verde), podem ser vistos os ambientes com alta probabilidade de estarem recobertos por vegetação.

É possível perceber que Fortaleza é uma cidade pouco arborizada, e a vegetação está bastante concentrada no estuário do rio Cocó (vegetação de manguezal). Em menor quantidade, pode ser visualizada a vegetação ripária associada aos cursos d'água que percorrem a área urbana de Fortaleza. Outros setores que merecem ser destacados são: o estuário do rio Ceará no extremo Oeste de Fortaleza e as dunas e o tabuleiro pré-litorâneo no bairro da Sabiaguaba. De modo geral, pode-se afirmar que a vegetação de Fortaleza está concentrada nas unidades de conservação estaduais e municipais, ficando os outros setores da cidade com uma vegetação muito discreta.

Do ponto de vista fitogeográfico, a cidade de Fortaleza era originalmente colonizada pelas seguintes unidades fitogeográficas: caatinga, associada aos setores de exposição do embasamento cristalino; mata de tabuleiro, nas superfícies tabulares associadas ao Grupo Barreiras; mata ciliar, margeando os principais cursos d'água ao longo das planícies fluviais; manguezal, nas planícies fluviomarinhas; e complexo vegetacional litorâneo, ao longo da planície costeira associada a sedimentos arenosos.

Figura 11 – Mapa com o resultado da aplicação do NDVI para Fortaleza



Fonte: Elaboração própria.

4 ASPECTOS FÍSICO-AMBIENTAIS DA ZEIS LAGAMAR

4.1 Contexto geoambiental local

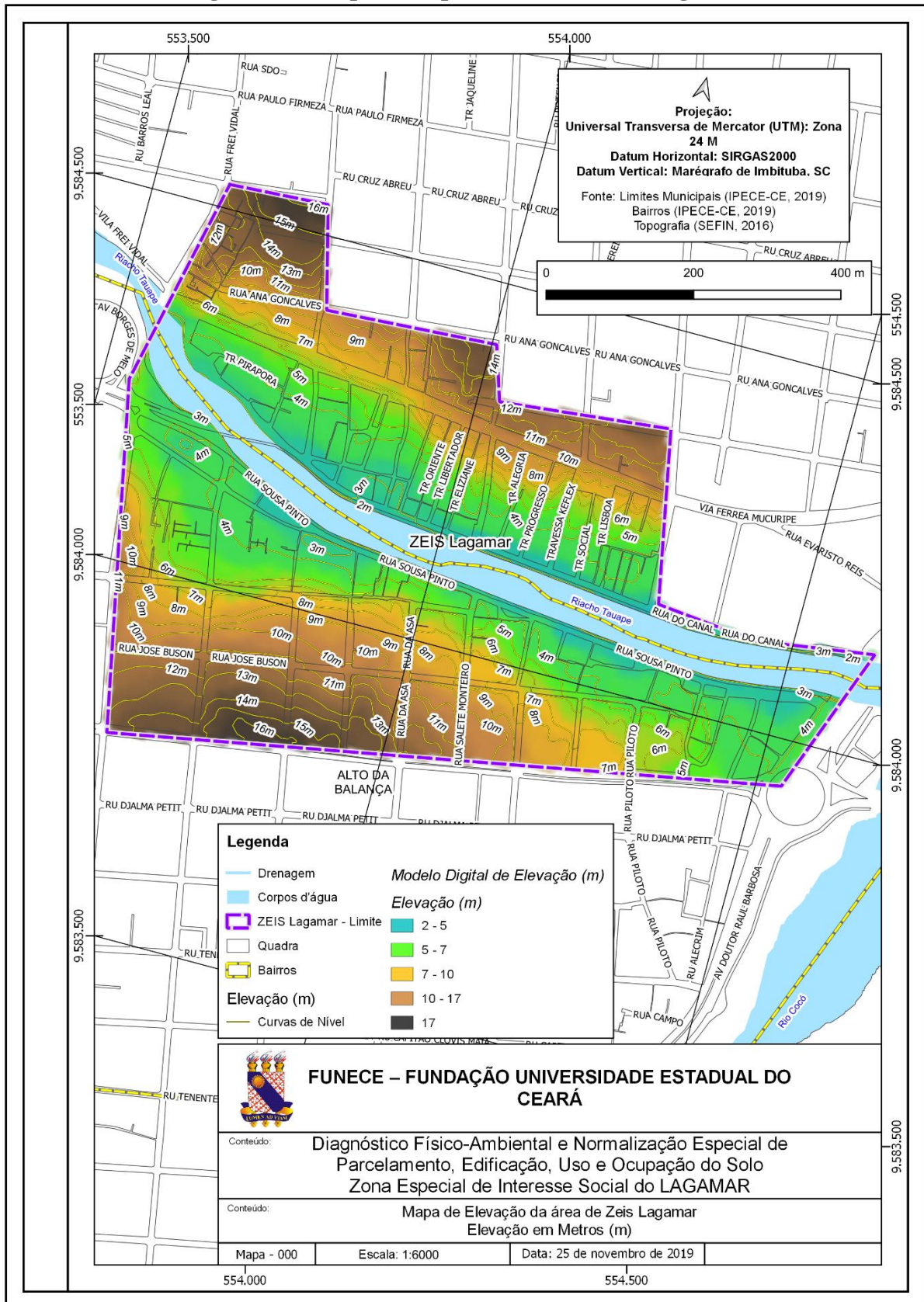
A ZEIS Lagamar se localiza no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Cocó, constituindo a foz do riacho Tauape (canal do Lagamar), que representa o último afluente esquerdo que deságua no rio Cocó, já no seu setor estuarino.

A topografia local apresenta altitudes que variam de 2 a 16m de altitude, com predomínio de cotas inferiores a 6m (Figura 12). Tais aspectos topográficos se justificam pela proximidade com o nível de base e, conseqüentemente, com a foz do rio Cocó. Constatam-se pequenas amplitudes altimétricas entre o talvegue e os interflúvios, justificando uma topografia tabular no contexto geral com declives inferiores a 3° (Figura 13).

Do ponto de vista geológico e geomorfológico, a área é caracterizada como uma planície de deposição de sedimentos de fino calibre (silte e argila), tendo em vista a pequena capacidade energética da rede de drenagem face ao reduzido gradiente topográfico. Trata-se de uma área de transição entre planície fluvio-marinha do rio Cocó e tabuleiros pré-litorâneos no sentido dos interflúvios.

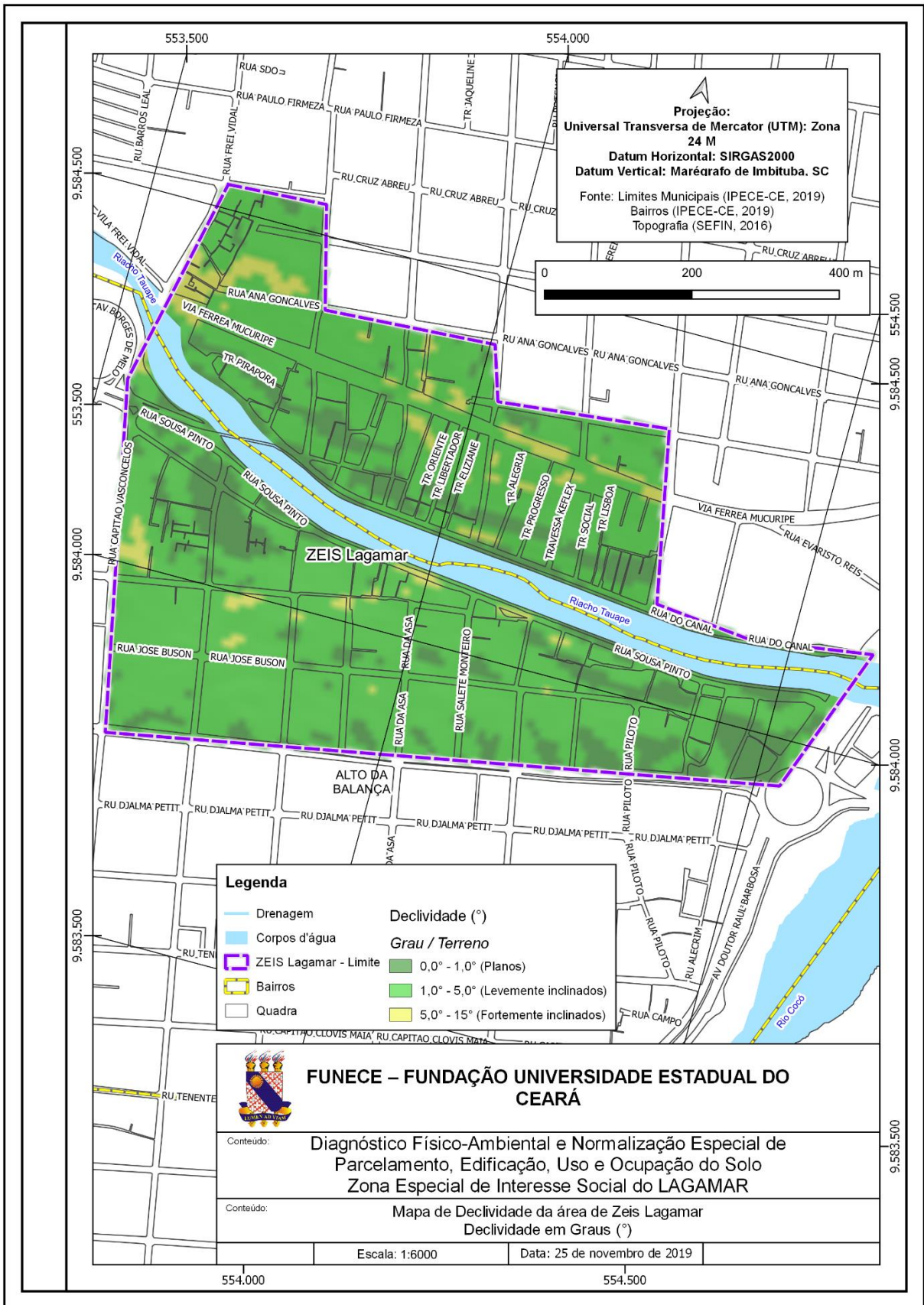
O riacho Tauape foi responsável pela elaboração de um canal, preferencialmente no sentido “oeste-leste”, na área da ZEIS Lagamar, que dissecou os sedimentos do Grupo Barreiras, justificando interflúvios tabulares nas margens norte e sul do referido canal fluvial.

Figura 12 – Mapa da Hipsometria da ZEIS Lagamar



Fonte: Elaboração própria.

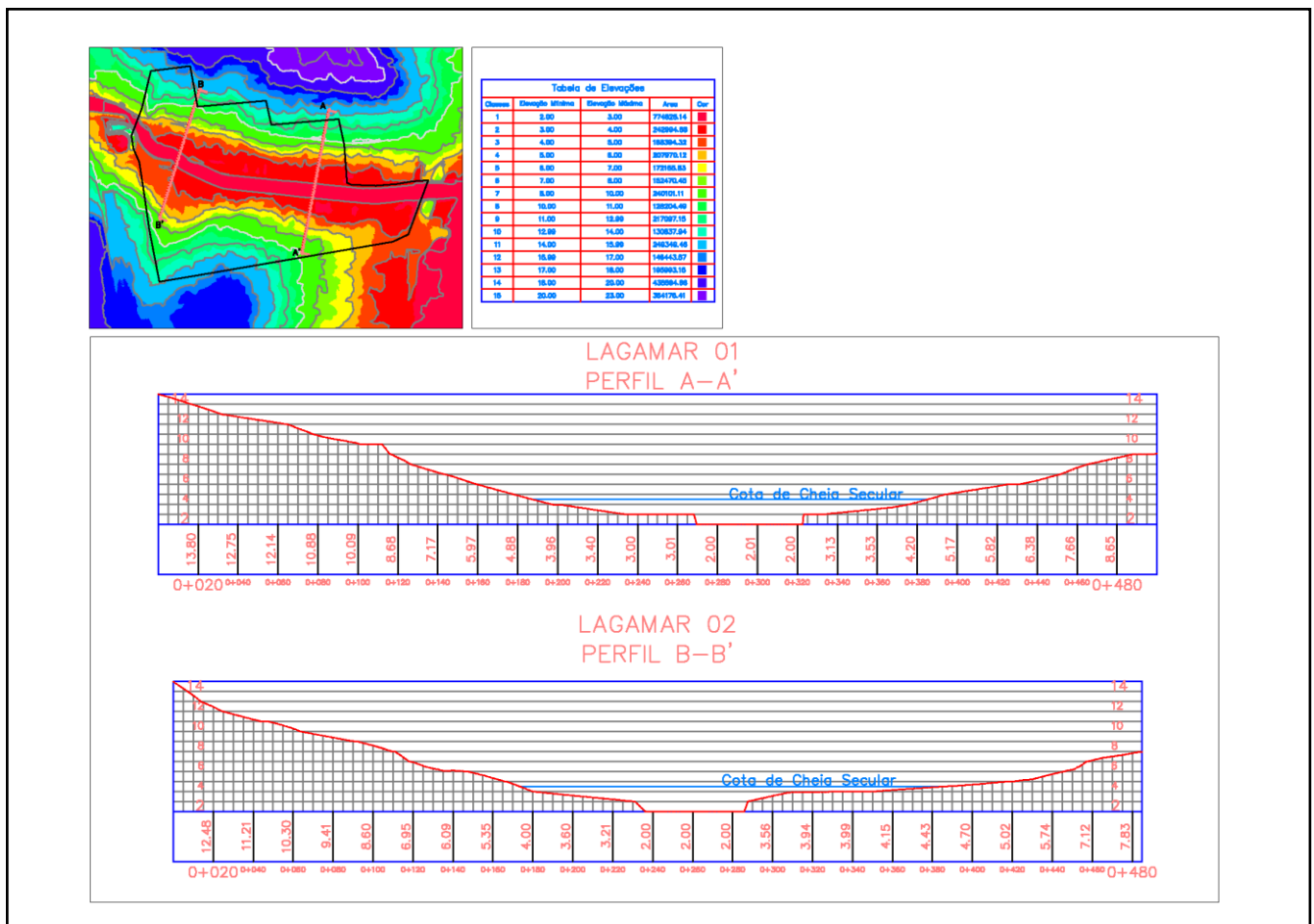
Figura 13 – Mapa de Declividade da ZEIS Lagamar



Fonte: Elaboração própria.

A análise da morfologia do perfil transversal do riacho Tauape na área da ZEIS Lagamar é fundamental para se identificar áreas de risco associadas com inundações sazonais, tendo em vista o comportamento hídrico local (Figura 14). Apesar de a ocupação antrópica ter descaracterizado a morfologia original, é imprescindível que se busque identificar, da maneira mais precisa possível, as áreas de inundação associadas a antigos leitos maiores.

Figura 14 – Perfis topográficos do território da ZEIS Lagamar



Fonte: Elaboração própria.

O riacho Tauape atualmente recebe a denominação de *canal do Lagamar* ou *canal do Tauape*, tendo em vista que o mesmo se encontra canalizado até a sua foz, quando se junta ao leito principal do rio Cocó. Dessa forma, constata-se a presença de estruturas de concreto canalizando o leito original e alterando, além da morfologia original do perfil transversal, a dinâmica sedimentológica fluvial.

Especificamente na área da ZEIS Lagamar, percebe-se que a canalização do riacho Tauape se limitou basicamente ao leito de vazão, constatando-se que a ocupação antrópica, seja

pelas rodovias pavimentadas (rua Sousa Pinto, na margem direita, e rua do Canal, na margem esquerda), seja pelas residências próximas a essas rodovias, se localiza provavelmente no leito maior do riacho Tauape. Isso pode ser constatado pela simples análise da topografia dessas ocupações citadas e pela reincidência de eventos de inundações nessas áreas ao longo dos anos, conforme relato dos moradores nas oficinas e trabalho de campo.

Na rua Sousa Pinto – na esquina com a avenida Governador Raul Barbosa –, por exemplo, de acordo com os moradores, se constitui um ponto crítico de alagamento durante os períodos chuvoso e cheias do riacho Tauape (Figura 15). Nem mesmo a construção de um muro de contenção foi suficiente para resolver o problema, visto que agora a água acumula do lado oposto ao riacho.

Figura 15 – Ponto de alagamento na rua Sousa Pinto



A: muro construído para conter as cheias do riacho Tauape. B: imagem de 2016, antes da construção do muro
 Fonte: Elaboração própria e *Google Street View*.

Como citado anteriormente, o município de Fortaleza apresenta totais pluviométricos anuais médios que giram em torno de 1.300mm (IPECE, 2017). O principal problema das chuvas locais reside na sua concentração temporal, tendo em vista que a maior parte das chuvas se concentra em um período de cerca de três a quatro meses por ano. Aliada a essa concentração temporal em meses, é importante destacar que são comuns eventos de chuvas extremas acima de 150mm em um único evento pluviométrico.

Os eventos chuvosos extremos em Fortaleza possuem um recente histórico de registros, desde meados da década de 1970, que apontam que a maior chuva já registrada, em termos de milímetro, foi em 29 janeiro de 2004, com 250,0mm, seguidos pelos registros de 27 de março de 2012, com 197,5mm e 20 de março de 1988, com 189,0mm (FORTALEZA...,

2012). Estes dados, coletados em diversos postos pluviométricos da capital cearense, podem ser observados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Ranking dos eventos chuvosos extremos registrados no município de Fortaleza entre os anos 1977 e 2012

<i>Ranking</i>	<i>Dia</i>	<i>(mm)</i>
1°	29/01/2004	250.0
2°	27/03/2012	197.5
3°	20/03/1988	189.0
4°	29/01/2004	180.6
5°	07/03/2004	173.8
6°	29/01/2004	170.3
7°	02/06/1977	168.0
8°	07/03/2004	162.5
9°	24/04/1997	162.0
10°	21/03/1981	161.6

Fonte: Adaptado de Fortaleza... (2012).

Tendo em vista as características topográficas e morfológicas da ZEIS Lagamar anteriormente apresentadas e o comportamento da pluviosidade de Fortaleza, pode-se configurar uma área de grande risco natural associada com eventos de enchentes.

Do ponto de vista pedológico, originalmente a área da ZEIS Lagamar era ocupada por solos hidromórficos típicos de ambientes estuarinos ou de inundações sazonais, com destaque para os gleissolos e neossolos flúvicos. Esses ambientes apresentam problemas com a drenagem dos solos, tendo em vista suas características topográficas, que fazem com que os solos estejam constantemente sujeitos à oscilação do nível freático ou até mesmo de marés, justificando, assim, a redução de reações de oxidação de ferro e alumínio, e uma coloração preferencialmente acinzentada. Atualmente esses solos encontram-se completamente descaracterizados pela ação antrópica, tendo em vista se tratar de uma área urbana consolidada.

Associado aos solos anteriormente mencionados, o ecossistema natural original provavelmente era colonizado por uma transição entre vegetação de mangue, mata ciliar e vegetação de tabuleiro. No entanto, essa caracterização de forma detalhada é praticamente impossível de ser realizada, tendo em vista a intensa ocupação antrópica, consolidada há muito tempo.

Além da provável existência de vegetação de mangue e/ou mata ciliar antes da urbanização do Lagamar e entorno, como se trata de um ambiente de inundações sazonais, constata-se também a presença de macrófitas aquáticas.

O termo macrófitas aquáticas é utilizado de forma genérica para designar vegetais que habitam desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos. Dentre as macrófitas aquáticas, estão tanto algumas macroalgas do gênero *Chara* quanto angiospermas, mostrando que esse grupo é bem abrangente do ponto de vista taxonômico. As macrófitas podem ocorrer tanto em ambientes lênticos quanto lóticos, sobretudo em cursos d'água com baixa energia, no caso dos lóticos. No entanto, conforme o aumento do estudo de ambientes lênticos, passou-se a constatar a importância desta comunidade como produtora de biomassa.

As macrófitas são importantes fontes de biomassa, fazendo parte da cadeia alimentar, além de contribuírem na estocagem e ciclagem de nutrientes. Macrófitas aquáticas são muitas vezes associadas a ambientes eutrofizados. Entretanto, o que se observa frequentemente é que sua biomassa é menor nesses ambientes, devido à proliferação de algas filamentosas que dificultam a sobrevivência de algumas espécies de macrófitas (ESTEVES, 1998).

Muitas vezes, as macrófitas são usadas como forma de controle da poluição e eutrofização artificial em ambientes que recebem esgoto doméstico ou industrial. De acordo com Esteves (1998), o aguapé (*Eichhornia crassipes*) tem sido muito estudado como forma de despoluir ambientes aquáticos, tendo alcançado bons resultados. No entanto, o uso excessivo dessa prática pode causar transtornos às populações humanas que vivem no entorno por não ter seu manejo realizado de forma adequada. Para que haja a remoção dos poluentes, é preciso que a espécie seja posteriormente retirada, pois, com a decomposição da espécie, os poluentes retornarão à água. Sua multiplicação sem controle pode gerar incômodo aos moradores devido à dificuldade de acesso à lâmina d'água (PÔMPEO, 2017).

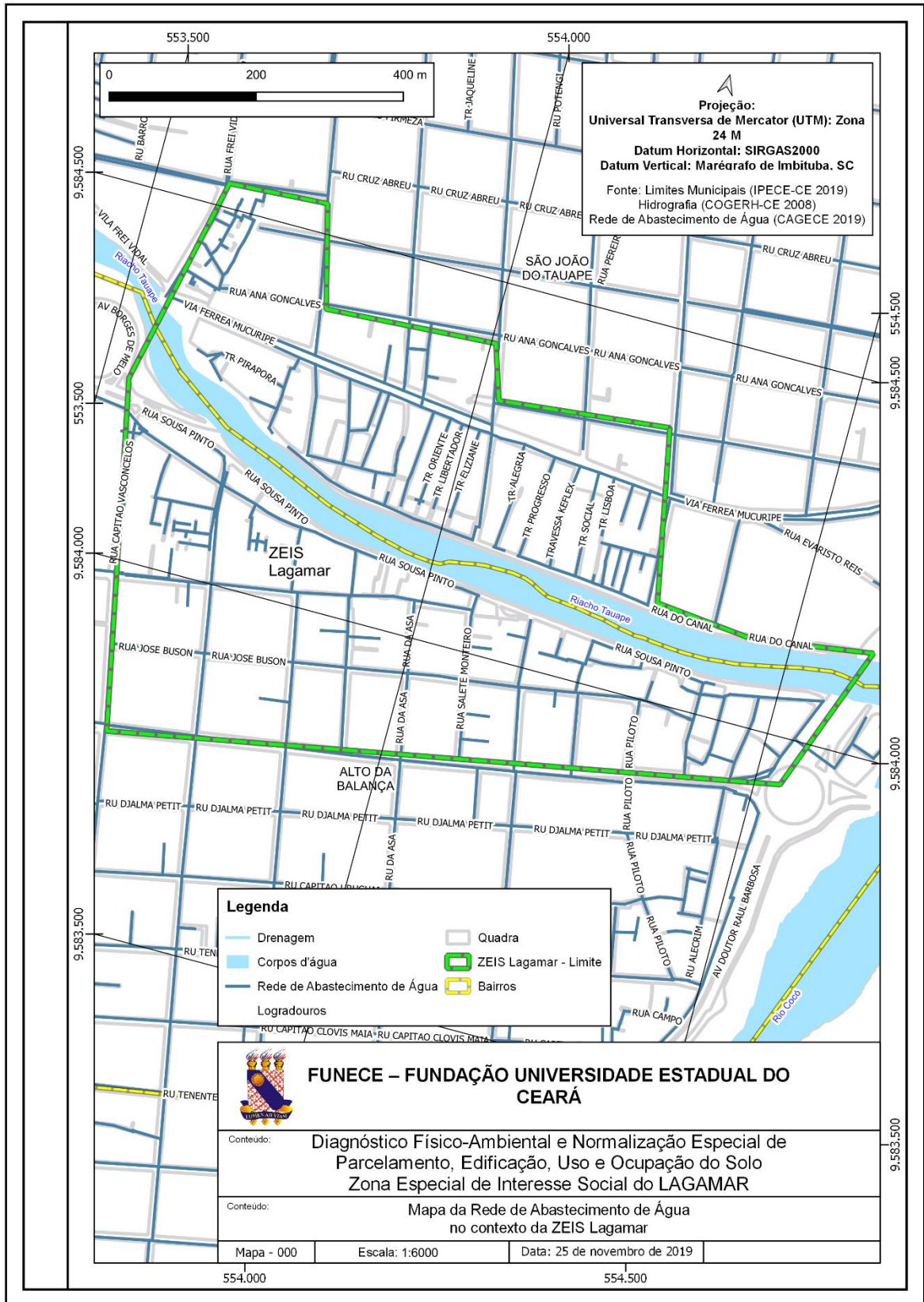
No caso do riacho Tauape (canal do Lagamar), evidencia-se uma abundância da macrófita aquática aguapé (*Eichhornia crassipes*) em determinados períodos do ano, sobretudo em estações chuvosas. Isso se deve provavelmente ao fato de o ambiente apresentar grande aporte de nutrientes devido ao lançamento de esgotos domésticos provenientes das comunidades da ZEIS Lagamar.

No que se refere às águas subterrâneas, o território da ZEIS Lagamar apresenta elevado potencial, por ser constituído por sedimentos inconsolidados que facilitam a infiltração da água pluvial, formando, assim, aquíferos com significativas vazões. Por outro lado, pelas mesmas características de excelente armazenador de água, com elevado índice de porosidade e permeabilidade, representa um ambiente altamente vulnerável à contaminação hídrica, devido

ao elevado índice de ocupação urbana e deposição inadequada de resíduos sólidos, que podem contaminar o subsolo e, por percolação, atingir as reservas hidrogeológicas.

No entanto, esse potencial hidrogeológico não constitui a principal opção de abastecimento de água, pois, apesar da presença de poços ainda ativos (escavados ou tubulares), conforme relato dos moradores, atualmente todo o território da ZEIS Lagamar é contemplado pela rede de abastecimento de água da CAGECE (Figura 16). Além disso, é duvidosa a potabilidade das águas de subsuperfície pela deficiência da rede de esgotamento sanitário e existência de grande número de fossas sépticas ou rudimentar, que contaminam os aquíferos.

Figura 16 – Mapa da rede de abastecimento de água na ZEIS Lagamar



Fonte: Elaboração própria.

4.2 Cartografia social

O processo de urbanização desordenada sofrido no entorno do rio Tauape provocou alterações nos aspectos físico-ambientais, como o comprometimento do escoamento e a infiltração das águas pluviais. A geração e o descarte inadequado de resíduos sólidos também causam impactos negativos, com reflexos na saúde das comunidades que ali se instalaram.

Nas oficinas de cartografia social realizadas nas comunidades, integrantes do conselho gestor da ZEIS Lagamar e demais moradores contribuíram com a caracterização da área por meio da descrição dos principais problemas ambientais que os afligem. Os participantes puderam identificar e apontar nos mapas os pontos críticos onde estes problemas ocorrem.

A seguir, estão descritas as principais informações fornecidas pelos participantes a partir de suas percepções acerca destes problemas ambientais nas comunidades referentes a:

- a) abastecimento de água;
- b) gerenciamento de resíduos sólidos;
- c) coleta e tratamento de esgoto;
- d) drenagem de águas pluviais;
- e) infraestrutura;
- f) saúde ambiental.

No que se refere ao tema abastecimento de água, a comunidade relatou que quase toda a ZEIS Lagamar possui acesso à água da CAGECE. Os moradores que não possuem são por ausência no pagamento de suas contas de água, gerando o encerramento do fornecimento pela companhia, ou por casos de ocupações recentes, que ainda não têm registro. Outros usam de forma clandestina, tal qual as ligações para captação de energia elétrica.

Uma quadra localizada próximo ao canal, ao lado da rua Sousa Pinto, não possui acesso à água; ela fica entre as ruas Aspirante Mendes e dos Judeus. Em outra localidade, foi relatado o mesmo problema, na rua Souza de Pinto, próximo à rua Capitão Olavo. A rua 6 também apresenta problemas no abastecimento.

Alguns moradores, mesmo com acesso ao fornecimento da CAGECE, possuem poços (ativos/inativos), em geral variando de 8 a 20m de profundidade, porém com água de qualidade duvidosa, pois estão localizados próximos ao canal do Lagamar. Alguns participantes

das oficinas acreditam que, na travessa Pirapora, “quase todas as casas tenham poços”. Outros relataram o total de 15 poços.

A comunidade não consome a água da CAGECE de forma primária (cozimento/ingestão), devido ao odor forte e à coloração esbranquiçada ou amarelada por conta do alto teor de cloro, principalmente no período noturno – mas também não utiliza nenhum tipo de tratamento de água para propiciar esse consumo. Aqueles moradores que possuem melhores condições financeiras optam pela compra de água de poços envasada em garrafas de 20l (a R\$1,50 cada). Segundo os relatos, essas águas possuem uma “melhor qualidade” para beber, pelo menos no que se refere a sabor e coloração. Assim, a água da CAGECE é utilizada apenas para atividades domésticas, higienização pessoal, entre outras atividades.

Sobre o gerenciamento de resíduos sólidos, a coleta é realizada regularmente três vezes na semana (terça-feira, quinta-feira e sábado). Entretanto, existem locais onde não há coleta, devido à dificuldade de acesso, como na quadra localizada entre a travessa Lisboa e a avenida Sabino Monte.

O problema é agravado pela falta de conscientização da população, que costuma despejar seus resíduos de forma irregular nas ruas e no leito do riacho Tauape. Os participantes das oficinas informaram que “carroceiros trazem lixo de fora da ZEIS e despejam na comunidade”. A implantação de contêineres para a deposição de lixo, segundo os moradores, foi insuficiente, devido à grande quantidade de resíduos gerados e à coleta não regularizada.

Existem diversos pontos de acúmulo de resíduos, sendo a rua do Canal a via mais afetada, no extremo oeste e em um trecho próximo à rua Capitão Dakir. Outros pontos de despejo destacados foram as margens do riacho Tauape, principalmente nas proximidades das pontes e ao redor da avenida Borges de Melo.

Quando questionados acerca da existência de terrenos baldios, os moradores informaram que não há terrenos desocupados na ZEIS, salvo um terreno destinado a realocar as famílias retiradas das áreas de risco no entorno da obra do VLT, situada na rua Sabino Monte, que se transformou num ponto de despejo de resíduos sólidos.

Os moradores acreditam que a instalação de um Ecoponto² na comunidade poderia auxiliar no tratamento dos resíduos sólidos. Eles relacionam a presença de animais peçonhentos,

² Ecoponto é um espaço disponibilizado pela Prefeitura para o recebimento de resíduos sólidos que não podem ser descartados no lixo comum e não são recolhidos pela coleta, como resíduos da construção civil, móveis velhos, podas de árvores e outros materiais volumosos.

ratos e pernilongos, mau cheiro, poluição visual e contaminação do solo ao acúmulo de resíduos sólidos.

De acordo com os moradores, as condições de coleta de esgoto são inadequadas e, em algumas áreas, inexistente, como nas ocupações irregulares próximas aos trilhos. Em algumas ruas, como na rua Salgadeira e na avenida Sabino Monte, o esgoto corre a céu aberto.

Em algumas ruas, é cobrada uma taxa por manutenção equivalente à cobrada por água. Nas casas das comunidades Cidade de Deus, Salgadeiras e na rua Capitão Melo, não existe rede de esgoto. Moradores relatam que, nesses casos, a água servida dessas residências é direcionada para o canal do Lagamar, agravando a situação em que o mesmo se encontra.

Existem trechos, como na rua Sabino Monte, na travessa Rosine e na rua Capitão Olavo, com bueiros que “estouram” mesmo nos meses com menor incidência de chuvas. Nas proximidades dos trilhos, também ocorre o escoamento de águas poluídas, principalmente em períodos chuvosos. Os moradores informaram ainda que, nas comunidades, existem fossas negras e sépticas em alguns ruas e travessas.

Sobre a drenagem de águas pluviais, os moradores apontaram vários problemas, que se agravam durante a quadra chuvosa. As casas mais próximas ao canal do Lagamar são as mais afetadas pelos alagamentos, devido a fatores diversos, como o volume de água, o assoreamento e a poluição. O problema é antigo, e os prejuízos, em geral, estão relacionados com perda de bens materiais e impactos negativos na saúde dos moradores.

Segundo os moradores, alguns trechos são considerados críticos pela comunidade. A rua Sousa Pinto, por exemplo, sempre alaga quando chove, chegando a ceder o asfalto. Em alguns anos, o volume de água subiu a ponto de possibilitar o nado livre. Próximo à avenida Governador Raul Barbosa, um muro com cerca de 2m de altura foi construído pela Prefeitura para evitar que a água do canal invadisse as casas da comunidade. Porém, o resultado se mostrou insatisfatório, pois contribui com o acúmulo de água do lado oposto ao canal.

Também há relatos sobre as ruas onde o escoamento superficial é intenso e os bueiros e galerias fluviais não suportam a carga d'água oriunda da chuva, como nas áreas próximas aos trilhos.

O evento extremo registrado em janeiro de 2004 marcou a memória dos moradores, quando o alagamento chegou a seu ponto mais alto, na percepção da comunidade, atingindo, ao Norte, as proximidades dos trilhos e, ao Sul, até a rua Capitão Aragão. De acordo com medições nos trabalhos de campo e gabinete, contatamos que tais referências estão localizadas em cotas variando entre 7 e 10m.

Quando questionados acerca da existência de rachaduras, os moradores informaram que este problema aparece principalmente nas casas localizadas próximos aos trilhos, mas também, em menor quantidade, nas casas próximas ao canal.

No que se refere a problemas de piso afundado, foram relatados casos entre as ruas Sabino do Monte e rua Lisboa, e nas proximidades do canal, entre as ruas Aspirante Mendes e a travessa Sousa Pinto.

Sobre infraestruturas destinadas a lazer, a ZEIS Lagamar possui poucos espaços para entretenimento da comunidade. Os moradores reconhecem a falta desses espaços, sobretudo para a interação social de crianças, jovens e idosos.

A comunidade carece de praças, centros culturais e polos de atividades educacionais. Recentemente, com a revitalização da área dos trilhos, a comunidade se beneficiou com espaços um pouco mais atrativos, mas nada tão efetivo, segundo os moradores. Segundo estes, existem duas praças em todo o perímetro, pracinha do Carcará, mais antiga, e outra mais recente, próxima ao trilho do Veículo Leve sobre Trilhos (VLT).

Sobre o tema saúde ambiental, a comunidade respondeu a questões referentes a conforto térmico, ausência de arborização, poluição sonora e circulação de animais venenosos.

Na percepção dos moradores, as pessoas que moram mais próximas ao canal do Lagamar apresentam maior risco de contrair doenças, que se manifestam principalmente após o período chuvoso e durante os meses mais quentes (verão/outono). É também neste período que surgem mais animais peçonhentos, como aranhas e escorpiões. As principais doenças que afetam a comunidade são leptospirose, dengue, *Chikungunya*, entre outras. A criação de porcos e cavalos nas margens do canal, como constatado em trabalho de campo, agrava ainda mais a poluição do local.

Sobre poluição sonora, as principais queixas são relacionadas a ruídos do VLT, mas também citaram sinal sonoro de ambulâncias e viaturas.

Quanto à arborização no território da ZEIS, a cobertura vegetal foi suprimida em detrimento da intensa ocupação. As áreas onde atualmente existe vegetação de porte arbustivo é composta de espécies exóticas que foram plantadas por moradores. Um dos participantes das oficinas informou que, nas comunidades Mundaú e Alecrim (nas proximidades da avenida Governador Raul Barbosa), canteiros e jardins foram instalados e são mantidos pelos moradores.

Todas as informações espacializadas, que resultaram das oficinas participativas, podem ser consultadas no Apêndice A.

5 SANEAMENTO AMBIENTAL E LIMITAÇÕES DE USO DA ZEIS LAGAMAR

5.1 Saneamento ambiental

Saneamento ambiental é um termo forjado com o objetivo de reunir a compreensão das condições de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem urbana, gerenciamento de resíduos sólidos e demais características ambientais que possam modificar a qualidade da saúde ambiental, como o controle de vetores e reservatórios de doenças e o disciplinamento de uso e ocupação do solo (KRONEMBERGER *et al.*, 2011).

O Brasil, de modo geral, apresenta grave deficiência na prestação de serviços de saneamento ambiental nas zonas urbanas e rurais (GUERRA, 2001, p. 27), com destaque para a coleta de esgoto sanitário; em 2008, apenas 55% dos municípios brasileiros apresentavam esse serviço. Nos espaços urbanos, a deficiência dos serviços de saneamento se acentua em assentamentos precários, como é o caso das ZEIS, seja em função da ausência da oferta do serviço, seja pela não adesão da comunidade.

A cidade de Fortaleza, apesar dos significativos avanços na área do saneamento nas últimas décadas, ainda apresenta muitas deficiências e uma distribuição dos serviços espacialmente desigual, como mostrado na pesquisa de Bento (2011), que estudou as disparidades na infraestrutura de saneamento básico no município de Fortaleza. Os problemas socioambientais referentes à precariedade nos serviços de saneamento são mais evidentes nos bairros periféricos, em assentamentos precários e/ou áreas de risco.

A ZEIS Lagamar apresenta uma condição precária em relação ao saneamento ambiental. As dificuldades na implementação dos serviços públicos de saneamento são maximizadas devido ao contexto ambiental do local onde foi desenvolvida a ocupação, às margens do riacho Tauape. Nas oficinas com a comunidade e nos trabalhos de campo desenvolvidos, foi possível perceber o protagonismo do canal do Lagamar na vida de boa parte dos moradores, especialmente aqueles que estão assentados às margens Norte e Sul do canal (Figura 17).

Como o canal do Lagamar é o resultado da artificialização do riacho Tauape (curso d'água ligado à planície fluviomarina do rio Cocó), este está submetido aos efeitos das marés. Os relatos dos moradores revelaram a existência de peixes de água salgada no local antes da artificialização do riacho. A pesca já foi uma atividade importante no passado, quando o curso d'água não era artificializado e não tinha a carga de poluentes que existe na atualidade. Porém,

mesmo com toda a poluição do riacho, é possível ver peixes que, segundo relatos, ainda são pescados e consumidos por moradores do local.

Figura 17 – Limites da ZEIS Lagamar, destacando as margens Norte e Sul do riacho Tauape



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Google Earth (2019).

Os desafios na área do saneamento para a ZEIS Lagamar são diversos. Nos próximos tópicos, serão relatados os principais resultados da pesquisa de campo, das oficinas com a comunidade e dos levantamentos bibliográficos sobre a situação atual do saneamento na área. Destaca-se que uma das fontes de informação que subsidiou a compreensão do saneamento na ZEIS Lagamar foram as notícias de jornal que abordaram os problemas relacionados a esgotamento sanitário, alagamentos e doenças de veiculação hídrica.

5.1.1 Abastecimento de água e uso de água subterrânea

A ZEIS Lagamar conta com abastecimento de água pela rede geral, exceto na Quadra 125, conforme foi dito por moradores durante as oficinas. Os moradores relatam que a água distribuída pela CAGECE não é predominantemente utilizada para o consumo humano devido à grande quantidade de cloro. Por ser uma área onde os moradores possuem baixo poder

aquisitivo, muitos optam por comprar água em garrações de 20 litros, vendidos pelo valor de R\$1,75, no bairro Alto da Balança, dentro do território da ZEIS Lagamar, ou vendidos em carroças que circulam na ZEIS. Essa água, segundo os moradores, é proveniente de poços e é consumida sem nenhum tratamento.

Os desafios do abastecimento de água na ZEIS Lagamar estão relacionados ao desenvolvimento de sistemas que possibilitem a distribuição de água com melhor qualidade para o consumo humano, evitando que moradores busquem por alternativas de menor preço e de qualidade duvidosa. Dessa forma, deve-se pensar em como diminuir a quantidade de cloro, que foi a maior queixa dos moradores.

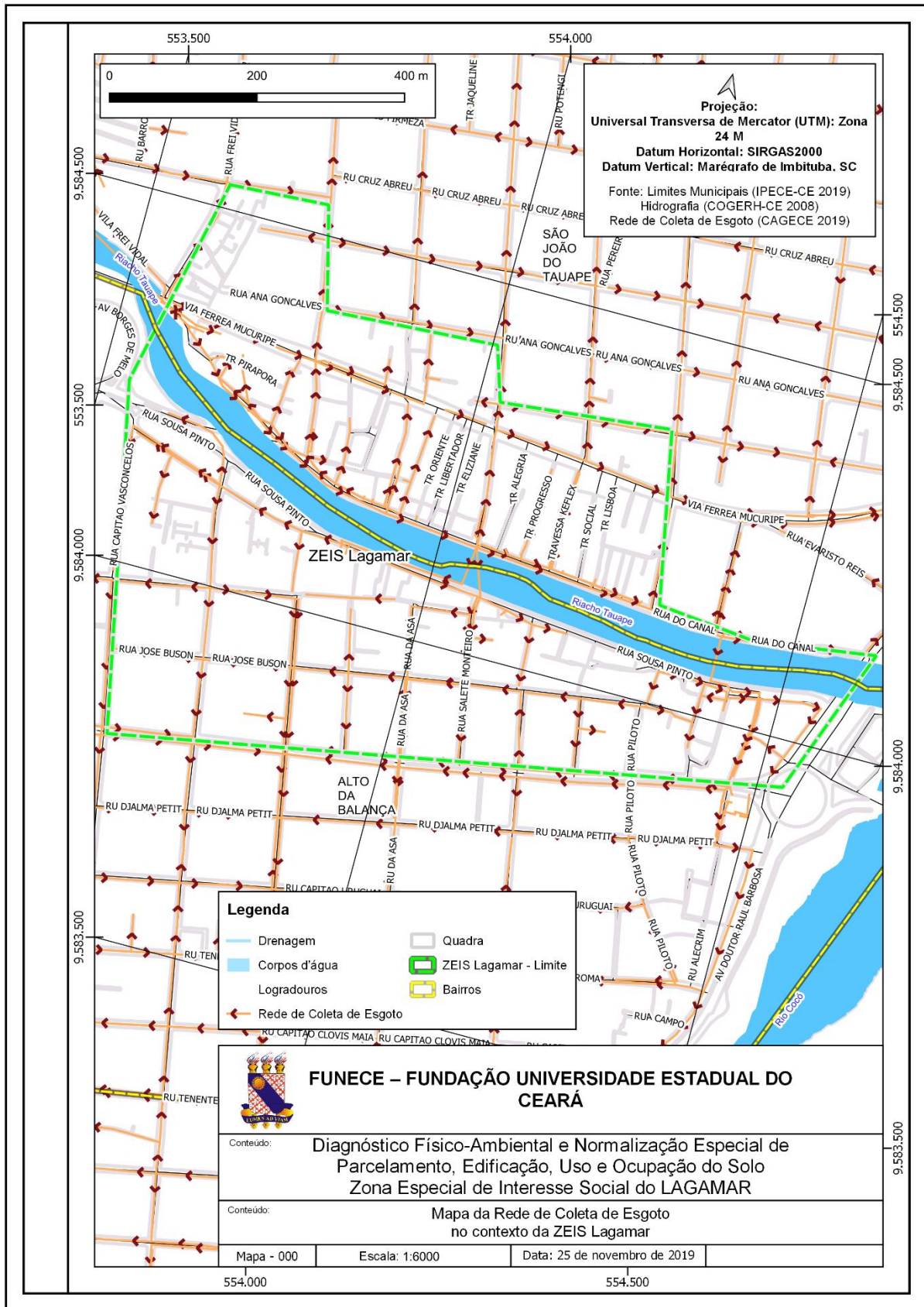
Também existe o relato do consumo de água a partir de poços particulares. Os moradores afirmaram que a água subterrânea é de “boa qualidade”. Porém, é preciso aprofundar o estudo da qualidade desta água no local, uma vez que ainda existem muitas unidades habitacionais que utilizam fossas rudimentares, o que pode contaminar o aquífero.

Portanto, o uso da água subterrânea para consumo humano deve ser desencorajado devido à poluição do aquífero. Uma avaliação detalhada da qualidade da água consumida pelos moradores deve ser realizada, pois o uso sem tratamento (como filtração seguida de fervura) pode desencadear diversos tipos de doenças na população, e estas podem ser especialmente graves em crianças e idosos.

5.1.2 Esgotamento sanitário e drenagem urbana

A coleta do esgoto na ZEIS Lagamar é ofertada na maior parte do território, exceto em alguns setores, como a travessa Social, a travessa Lisboa, a travessa Alegria e a rua Alecrim (Figura 18). Mesmo onde esta ocorre, existem muitos problemas associados, por exemplo, 1) ao dimensionamento inadequado da rede de coleta, que provoca o extravasamento do efluente para as ruas, especialmente nos períodos de chuvas; 2) ao lançamento do esgoto *in natura* no canal do Lagamar, provocando poluição, mau cheiro e disseminação de vetores; e 3) ao lançamento direto de esgoto nas ruas.

Figura 18 – Rede geral de coleta de esgoto na ZEIS Lagamar

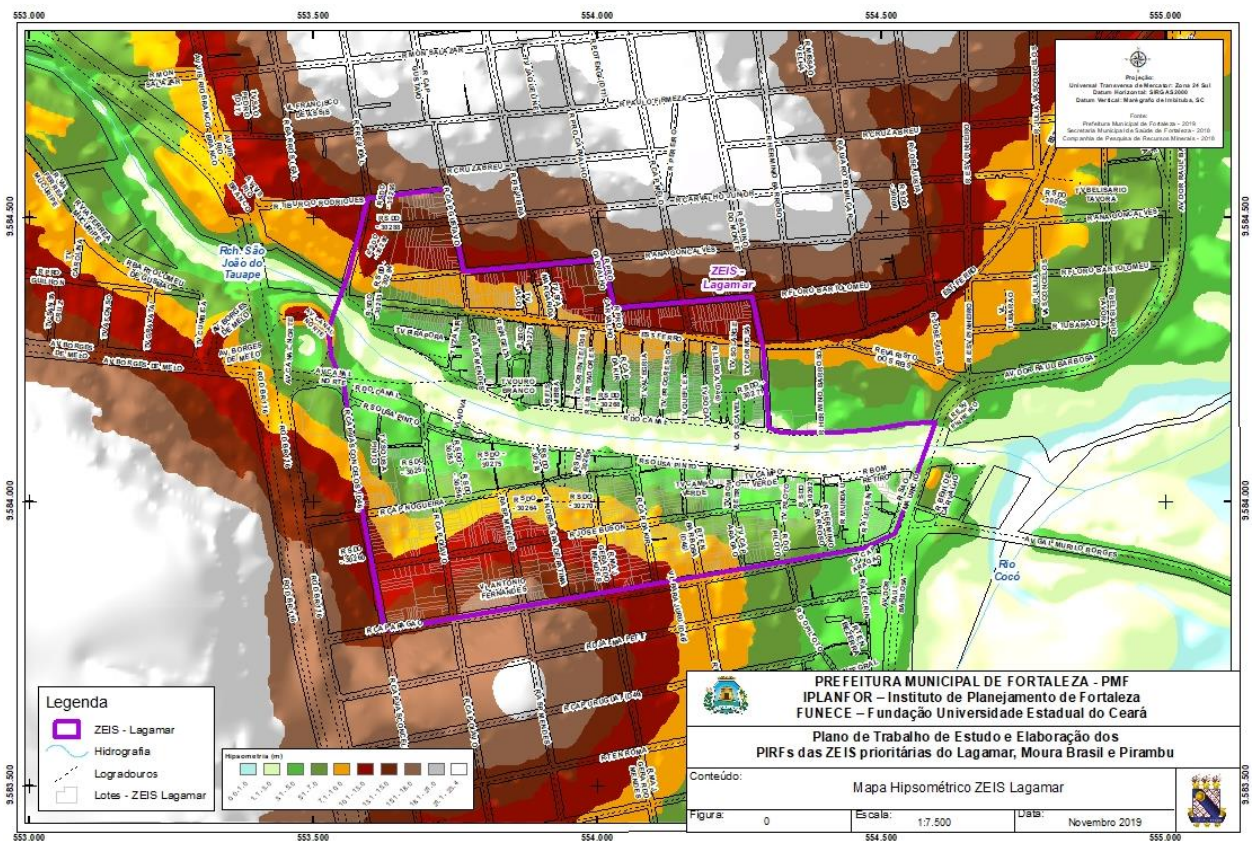


Fonte: Elaboração própria.

Por outro lado, a drenagem urbana vem se mostrando ineficiente para cumprir o papel de escoar a água das chuvas de maneira rápida e eficiente. Os setores Norte e Sul das margens do canal do Lagamar sofrem alagamentos e/ou inundações sazonais que se agravam em função da intensidade e da distribuição das chuvas ocorridas no ano, entre os meses de janeiro e abril. Vale ressaltar que boa parte da ZEIS está assentada em solos saturados de água, pois se trata-se de áreas baixas associadas à planície fluvio-marinha do rio Cocó. Na Figura 19, os setores na tonalidade verde possuem cotas altimétricas de até 7m e são sujeitos a inundação e alagamentos sazonais.

Existe um amplo registro da situação referente aos alagamentos e inundações no Lagamar. Evidentemente, trata-se de uma área de risco já retratada em pesquisas como a de Lima (2018), que estudou os desastres ambientais em assentamentos precários de Fortaleza, cujas ocupações deveriam ter sido impedidas.

Figura 19 – Hipsometria da ZEIS Lagamar



Fonte: Elaboração própria.

A rede coletora de esgoto e a rede de drenagem urbana, geralmente, não conseguem funcionar efetivamente durante os períodos de chuva. Isso se deve a fatores ambientais (áreas baixas e saturadas de água), sociais (acúmulo de resíduos sólidos nas ruas e entupimento das redes) e de engenharia (redes mal dimensionadas). Os problemas gerados para a comunidade durante os meses chuvosos se referem especialmente a limitação da mobilidade, perda de móveis e eletrodomésticos e proliferação de doenças por veiculação hídrica.

Em reportagem veiculada no *site* do G1 Ceará, em 2 de abril de 2019, pode-se observar os transtornos causados pelos alagamentos:

As casas nas intermediações do canal do Lagamar, no Bairro Aerolândia, em Fortaleza, foram invadidas pela água, que transbordou na segunda-feira (1º). Na manhã desta terça-feira (2), apesar da ausência de chuva, as ruas continuam alagadas e muitos moradores seguem ilhados.

[...]

Em uma residência na Rua Capitão Clóvis Maia, o aparelho de televisão foi queimado, mesmo estando elevado, pois o nível da água subiu tanto que atingiu o eletrodoméstico. Outros objetos perdidos foram camas, guarda-roupas e mesas.

[...]

Muitos moradores também têm dificuldades para sair de casa e levar os filhos à escola ou para outro compromisso. “Daqui a pouco vou com meu neto para o médico. Não sei como vou fazer para sair daqui. Vivemos em uma lagoa, não em uma casa”, disse Francisca Gonçalves, de 54 anos (CANAL..., 2019).

A Figura 20 ilustra a situação descrita pela reportagem, evidenciando os transtornos causados pelas chuvas e pela elevação do nível do canal do Lagamar.

Cabe salientar que os moradores sempre mencionam a falta de limpeza e de dragagem do canal como um dos fatores que intensificam o problema. Na referida reportagem, um morador de 33 anos relata que, só no ano de 2019, o canal do Lagamar transbordou mais de cinco vezes, sendo este um problema recorrente.

Pôde-se constatar que o problema é antigo nas reportagens pesquisadas. Em 2004, foi publicada uma matéria no jornal *Diário do Nordeste*, contendo uma citação da líder comunitária Ana do Lagamar (Ana Maria Ferreira de Freitas):

A líder reconhece as deficiências do local e as dificuldades pelas quais estão passando as 1.324 famílias já atingidas pelas chuvas este ano no Lagamar. Famílias que já esperavam por estes problemas, tendo em vista que embora a área tenha passado por urbanização entre os anos de 1987 e 1990, voltou a alagar a partir do ano 2000. E agora em 2004, continua, o Lagamar já foi alagado por três vezes. Tendo sido as precipitações do último dia 7, as piores até agora em termos de perdas materiais e humanas (MORADORES..., 2004).

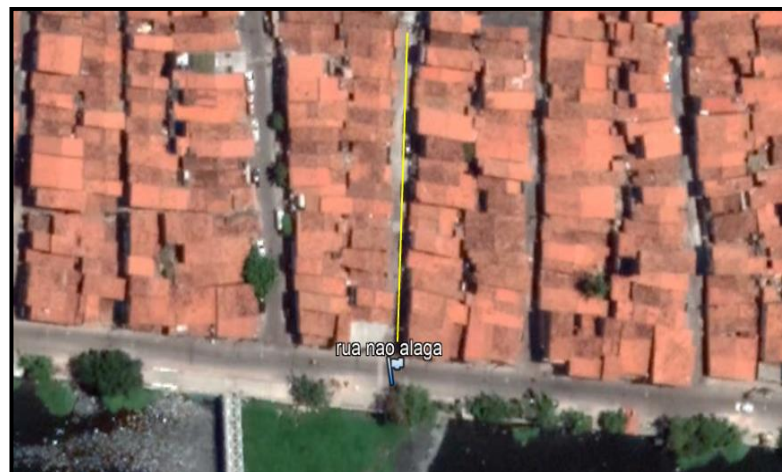
Figura 20 – Transtornos causados pelas chuvas



A: inundação de travessa perpendicular ao canal do Lagamar; B: aparelhos eletrônicos e móveis danificados pela água; C: dificuldade de mobilidade da população local.
 Fonte: CANAL... (2019).

Na travessa Alegria (linha amarela que se inicia junto ao ponto com o nome “rua não alaga”, na Figura 21), é interessante mencionar que os moradores afirmaram que não existem mais alagamentos, pois foi realizada uma obra da Prefeitura para melhorar a drenagem urbana (Figura 22). Essa melhoria ocorreu devido a protestos dos moradores, inclusive com o fechamento da rua do Canal. Isso leva a crer que as obras de drenagem, se bem dimensionadas, podem diminuir o problema de inundação e alagamentos na ZEIS.

Figura 21 – Travessa Alegria (representada pela linha amarela)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Google Earth (2019).

Figura 22 – Obra de drenagem realizada na travessa Alegria



Fonte: Elaboração própria.

5.1.3 Gerenciamento de resíduos sólidos

Na ZEIS Lagamar, é comum a existência de resíduos sólidos domiciliares e de construção e demolição dispostos em ruas e calçadas. Esse problema foi relatado nas oficinas com a comunidade e constatado nos trabalhos de campo. O problema é mais evidente nas proximidades do canal do Lagamar, especialmente na rua do Canal.

Pode-se afirmar que existe uma forte interrelação entre a drenagem urbana, os resíduos sólidos dispostos de forma inadequada nas ruas e as inundações e os alagamentos que ocorrem sazonalmente no Lagamar. Comumente, a drenagem urbana é insuficiente para escoar as águas pluviais, condição que se agrava com o entupimento das galerias pluviais (bocas de lobo) com resíduos sólidos, que são arrastados das ruas nos eventos mais extremos de chuvas.

Uma matéria veiculada em 2019, pelo jornal *O POVO*, com o título “O que contribui para as enchentes e compromete os recursos hídricos em Fortaleza”, abordou o problema dos alagamentos no Lagamar (Figura 23):

Esse cenário pode ser visto com clareza no trecho do Rio Cocó que corta o Lagamar. Entupido de detritos, esgotos, lixo e material orgânico, corre a uma velocidade quase imperceptível. “A água tá parada, tu tá vendo? Tá tudo entupido”, aponta Vicente Pereira, que vende peixes em casa e está preocupado com as rachaduras na parede. Seu vizinho, João Santos, precisou colocar a geladeira em cima de tijolos – os esgotos da casa transbordaram e inundaram todos os ambientes.

[...]

Nas ruas do bairro, a água se aproxima do Joelho. Em uma das esquinas, moradores se juntaram para quebrar o asfalto e aumentar a vazão das bocas de lobo. Em outra travessa, um senhor morreu de leptospirose. Reclamam da sujeira acumulada no rio, mas assumem sua parcela de culpa no problema. (O QUE CONTRIBUI..., 2019).

Figura 23 – Figura apresentada na matéria do jornal *O POVO* em 2019 sobre os problemas dos resíduos sólidos e alagamentos no Lagamar



Fonte: *O POVO* (2019).

Os trabalhos de campo e pesquisas no Google Street View evidenciaram o problema do lixo nas ruas, conforme pode ser visualizado na Figura 24.

Figura 24 – Disposição inadequada de resíduos sólidos na ZEIS Lagamar



A: rua do Canal; B: rua Sousa Pinto; C: margens do riacho Tauape; D e E: rua Sousa Pinto (margem Norte do riacho). Fonte: Fotos dos autores e imagens capturadas do Google Street View.

Apesar de contar com coleta regular de resíduos, a comunidade do Lagamar apresenta uma grande quantidade de resíduos dispostos de forma inadequada. As ruas que margeiam o Canal do Lagamar são áreas preferenciais para o descarte irregular de resíduos. Os moradores relatam que carros de outros locais de Fortaleza despejam resíduos tanto nas ruas quanto dentro do próprio Canal.

5.1.4 Saúde ambiental e vetores de transmissão de doenças

Muitas doenças que afetam a população residente na ZEIS Lagamar têm forte relação com as condições precárias do saneamento ambiental. Os problemas de saúde se agravam nos períodos de chuva e, conseqüentemente, com as inundações e os alagamentos. Segundo Zanella, Salles e Abreu (2009, p. 65), os resíduos sólidos acumulados nas ruas interrompem o fluxo das galerias pluviais e essas estruturas constituem-se em ambientes propícios para ratos e baratas, conhecidos transmissores de doenças.

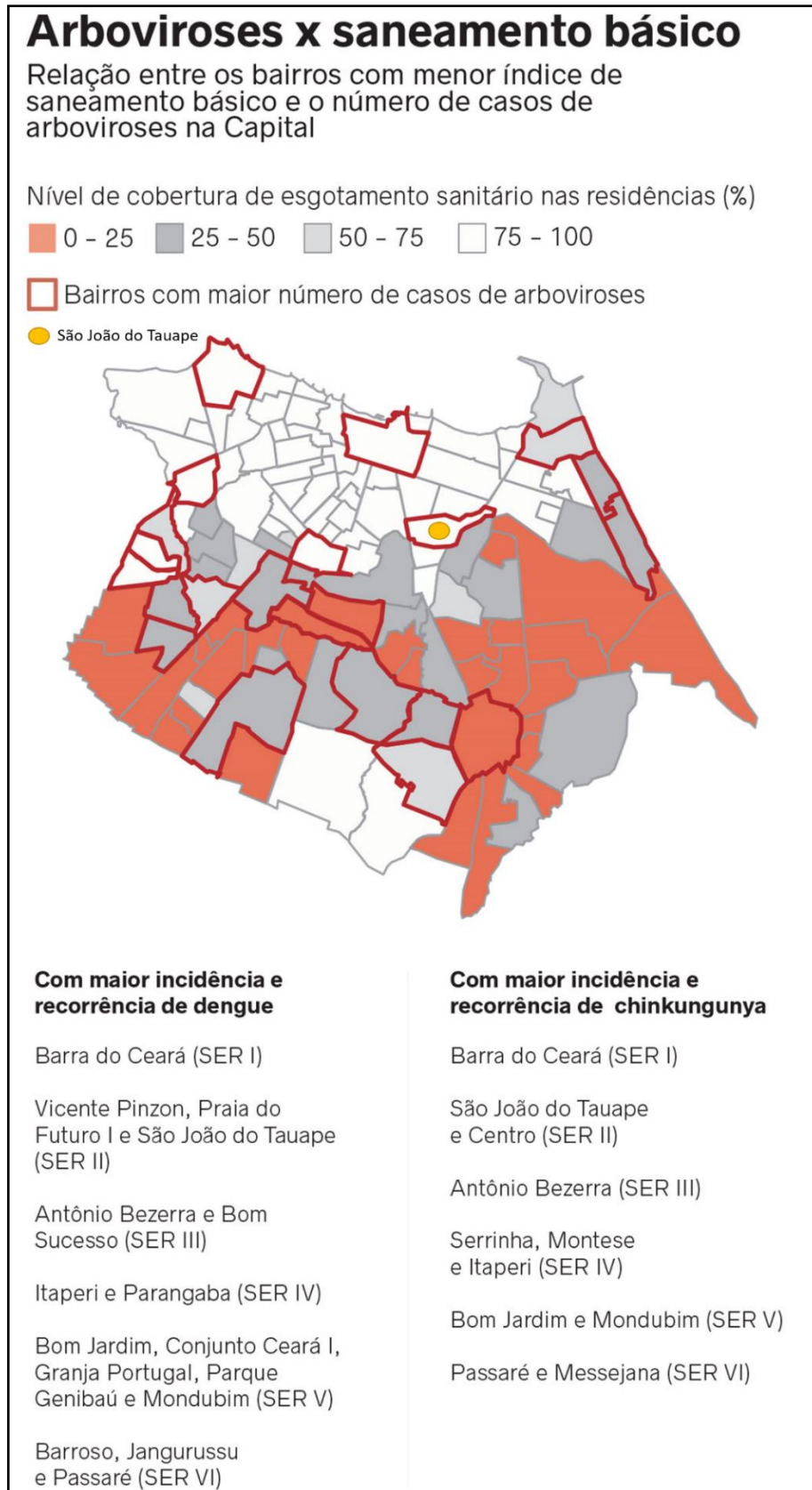
No trecho de reportagem veiculada no jornal *O POVO*, em 17 de abril de 2019, o problema socioambiental do Lagamar é relatado, com destaque para a ocorrência da leptospirose.

Nas ruas do bairro, a água se aproxima do joelho. Em uma das esquinas, moradores se juntaram para quebrar o asfalto e aumentar a vazão das bocas de lobo. Em outra travessa, um senhor morreu de leptospirose. Reclamam da sujeira acumulada no rio, mas assumem sua parcela de culpa no problema (O QUE CONTRIBUI..., 2019).

Em reportagem veiculada no jornal *Diário do Nordeste*, em 2018, destacam-se as arboviroses no bairro São João do Tauape, com incidência e recorrência de dengue e *Chikungunya* (Figura 25). A imagem mostra o bairro com cobertura de 75% a 100% de esgotamento sanitário, o que não o impede de figurar entre os bairros com maior quantidade das doenças.

Conforme dito anteriormente, a existência de rede coletora de esgotos, por si só, não garante a saúde ambiental do local. Os problemas ambientais, de engenharia e de conscientização da população, no sentido de não depositar resíduos sólidos em ruas e calçadas, dificultam a efetividade do saneamento no que se refere à promoção da saúde pública.

Figura 25 – Arboviroses e saneamento básico em Fortaleza



Fonte: *Diário do Nordeste* (2018).

5.1.5 Índice de cobertura vegetal

Um dos parâmetros mais discutidos em termos de desenvolvimentos sustentáveis de cidades no mundo todo é a cobertura vegetal. A vegetação melhora a qualidade do ar, promove um melhor conforto térmico especialmente em se tratando de cidades tropicais, melhora a interceptação e a infiltração de águas das chuvas, além de ser abrigo para a avifauna.

Para a análise da cobertura vegetal existente na ZEIS Lagamar, foi aplicado o NDVI. A partir de imagens de satélite, usando o NDVI, é possível estimar a área de cobertura vegetal em ambientes rurais ou urbanos.

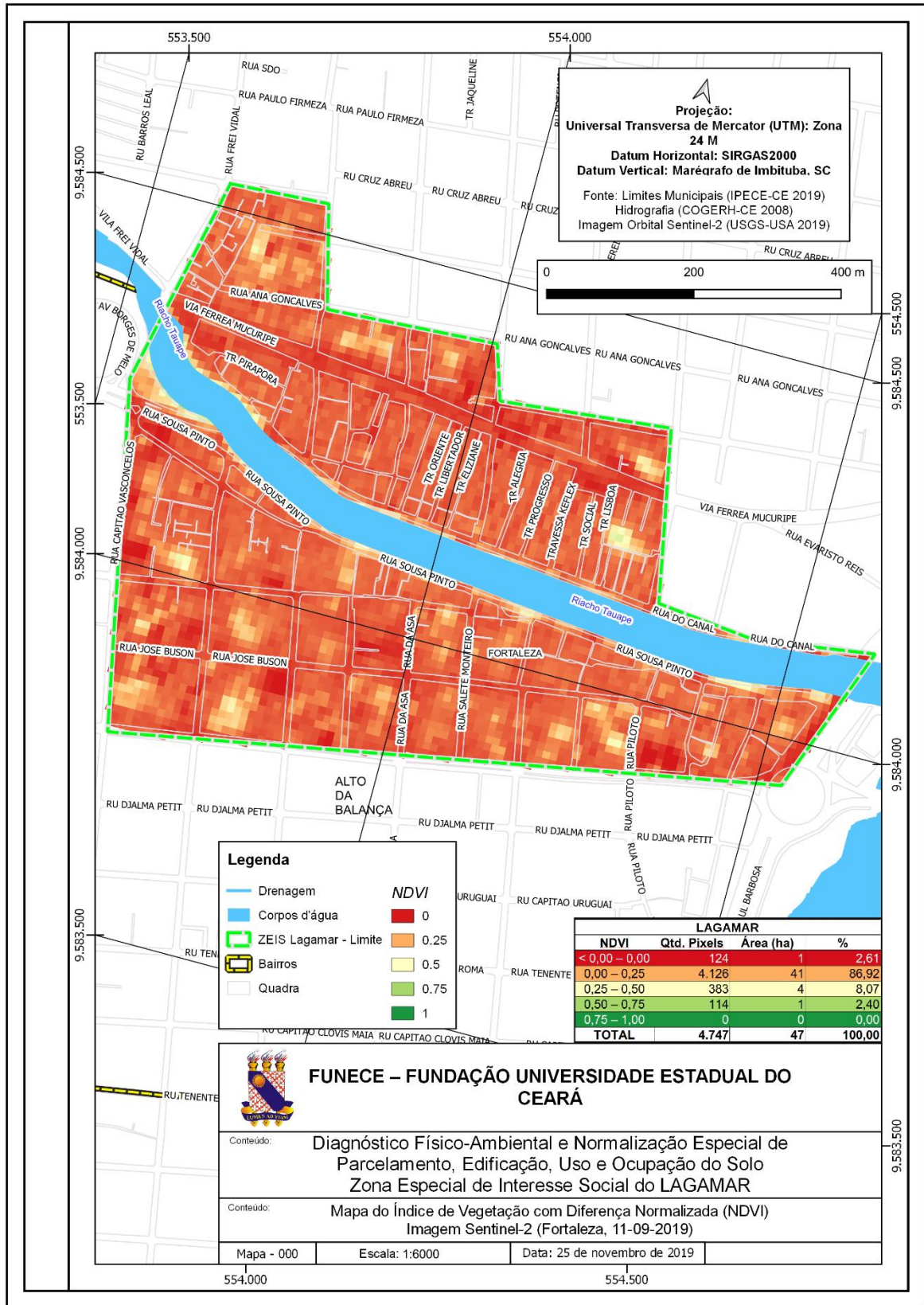
Os resultados para a ZEIS Lagamar mostram que a cobertura da terra apresenta pouca cobertura vegetal (Figura 26). No Quadro 3, quanto mais próximo ao número 1, maior é a possibilidade de existir vegetação ao nível do solo; quanto mais perto do zero, maior é a possibilidade de não existir vegetação ao nível do solo. De modo geral, em vias de uma interpretação, pode-se afirmar que, de 0 a 0,50, o NDVI indica a ausência de vegetação ao nível do solo. Assim, para a ZEIS Lagamar, tem-se apenas 1ha, correspondendo a 2,4% da área total, com possibilidade de ter vegetação ao nível do solo.

Quadro 3 – Classes do NDVI e sua distribuição na área da ZEIS Lagamar

LAGAMAR			
NDVI	Qtd. Pixels	Área (ha)	%
< 0,00 – 0,00	124	1	2,61
0,00 – 0,25	4.126	41	86,92
0,25 – 0,50	383	4	8,07
0,50 – 0,75	114	1	2,40
0,75 – 1,00	0	0	0,00
TOTAL	4.747	47	100,00

Fonte: Elaboração própria.

Figura 26 – Mapa das classes do NDVI e sua distribuição na área da ZEIS Lagamar



Fonte: Elaboração própria

5.2 Limitações de uso

5.2.1 Áreas de preservação permanente

Os principais exemplos de limitações legais de uso na ZEIS Lagamar são referentes às Áreas de Preservação Permanentes (APP), que são regulamentadas pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e a Resolução CONAMA nº 303/2002. Para efeito de definição, de acordo com a Lei nº 12.651/2012, as APPs são compreendidas como

áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Tais áreas apresentam restrições quanto ao uso, que, por sua vez, só pode ser permitido em casos específicos de utilidade pública, interesse social e baixo impacto ambiental, devidamente caracterizado e analisado pelo órgão ambiental competente, cuja função, no caso de Fortaleza, pode ser exercida pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) ou pela Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA).

Na área da ZEIS Lagamar, pode-se destacar que as principais categorias de APP existentes são referentes às margens de cursos d'água, que, no caso em questão, estão associadas às margens do riacho Tauape (Figura 27). As APPs de margens de cursos d'água natural perene ou intermitente são definidas pelo Código Florestal, em seu artigo 4º, da seguinte forma:

[...] considera-se área de preservação permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura (BRASIL, 2012).

No caso do curso d'água em questão, conforme já afirmado anteriormente, o mesmo se encontra completamente descaracterizado de seus aspectos naturais originais. Dessa forma, torna-se bastante complicado estabelecer o limite do leito regular, tendo em vista as obras de urbanização consolidadas. Face ao exposto, optou-se por considerar a largura do próprio canal urbanizado na área da ZEIS como sendo a largura de leito regular, que, no caso, possui 50 metros.

De acordo com artigo 8º da Lei 12.651/2012, “a intervenção ou a supressão de vegetação nativa em APP somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental”.

Figura 27 – Mapa da ZEIS Lagamar delimitando APP de 50 metros no riacho Tauape (Lei nº 12.651/2012)



Fonte: Elaboração própria.

A Lei Complementar nº 202/2015, publicada no âmbito do município de Fortaleza, estabelece os limites das áreas de preservação dos recursos hídricos municipais, definindo larguras de preservação variadas para cada recurso hídrico municipal. No caso específico do riacho Tauape, no trecho da ZEIS Lagamar, a referida Lei Complementar estabelece que a área de preservação deve ter largura de 60 metros, sendo 30 metros para cada lado do eixo (Figura 28).

Figura 28 – Mapa da ZEIS Lagamar delimitando APP de 30 metros no riacho Tauape (Lei Complementar nº 202/2015)



Fonte: Elaboração própria.

Além das áreas de preservação permanentes anteriormente apresentadas, o território da ZEIS Lagamar também possui outras áreas com restrição ambiental de uso que são referentes à ZPA (Zonas de Preservação Ambiental), de acordo com o Plano Diretor Participativo de Fortaleza, regulamentado através da Lei Complementar nº 62/2009 e alterada pela Lei Complementar nº 202/2015. A ZPA-1 representa a faixa de preservação permanente dos recursos hídricos e pode ser observada na Figura 29, no âmbito do Lagamar.

Figura 29 – Mapa da ZEIS Lagamar delimitando a ZPA-1 de acordo com o zoneamento do Plano Diretor Participativo de Fortaleza



Fonte: Elaboração própria.

Além das margens de cursos d'água, em termos de APP, pode-se pressupor que as margens originais do riacho Tauape poderiam ter sido originalmente colonizadas por manguezal, tendo em vista as características estuarinas do ambiente local. De acordo com o artigo 4º da Lei nº 12.651/2012, o manguezal, em toda a sua extensão, também constitui APP. No entanto, a afirmação da existência de manguezal na ZEIS Lagamar não pode ser completamente comprovada, tendo em vista se tratar de uma área de ocupação antrópica consolidada muito antiga, inclusive com carência de registros fotográficos ou cartográficos que comprovem tal hipótese.

De qualquer forma, de acordo com o § 2º, do artigo 8º, da Lei nº 12.651/2012,

a intervenção ou a supressão de vegetação nativa em APP [...] poderá ser autorizada, excepcionalmente, em locais onde a função ecológica do manguezal esteja comprometida, para execução de obras habitacionais e de urbanização, inseridas em projetos de regularização fundiária de interesse social, em áreas urbanas consolidadas ocupadas por população de baixa renda (BRASIL, 2012).

Assim, pode-se afirmar que, mesmo que tenha havido manguezal na área da ZEIS Lagamar, sua função ecológica encontra-se completamente comprometida em função de sua remoção ter ocorrido há muitas décadas.

Em projetos de requalificação urbana de interesse social em núcleos urbanos informais, como no caso específico da ZEIS Lagamar, a regularização fundiária em APPs será admitida por meio de um projeto aprovado em lei específica de regularização fundiária urbana.

A norma federal que trata de regularização fundiária é a Lei nº 13.465/2017, que aborda tal temática tanto em áreas rurais quanto em áreas urbanas. No caso de áreas urbanas, a regularização fundiária urbana é denominada de “Reurb”, e a regularização fundiária urbana de interesse social é denominada “Reurb-S”.

De acordo com artigo 64 da Lei nº 12.651/2012, na “Reurb-S dos núcleos urbanos informais que ocupam APPs, a regularização fundiária será admitida por meio da aprovação do projeto de regularização fundiária, na forma da lei específica de regularização fundiária urbana” (BRASIL, 2012).

Cabe destacar que esse projeto de regularização fundiária de interesse social deverá incluir estudo técnico que demonstre a melhoria das condições ambientais em relação à situação anterior (BRASIL, 2012), com a adoção das medidas nele preconizadas, contendo algumas informações como:

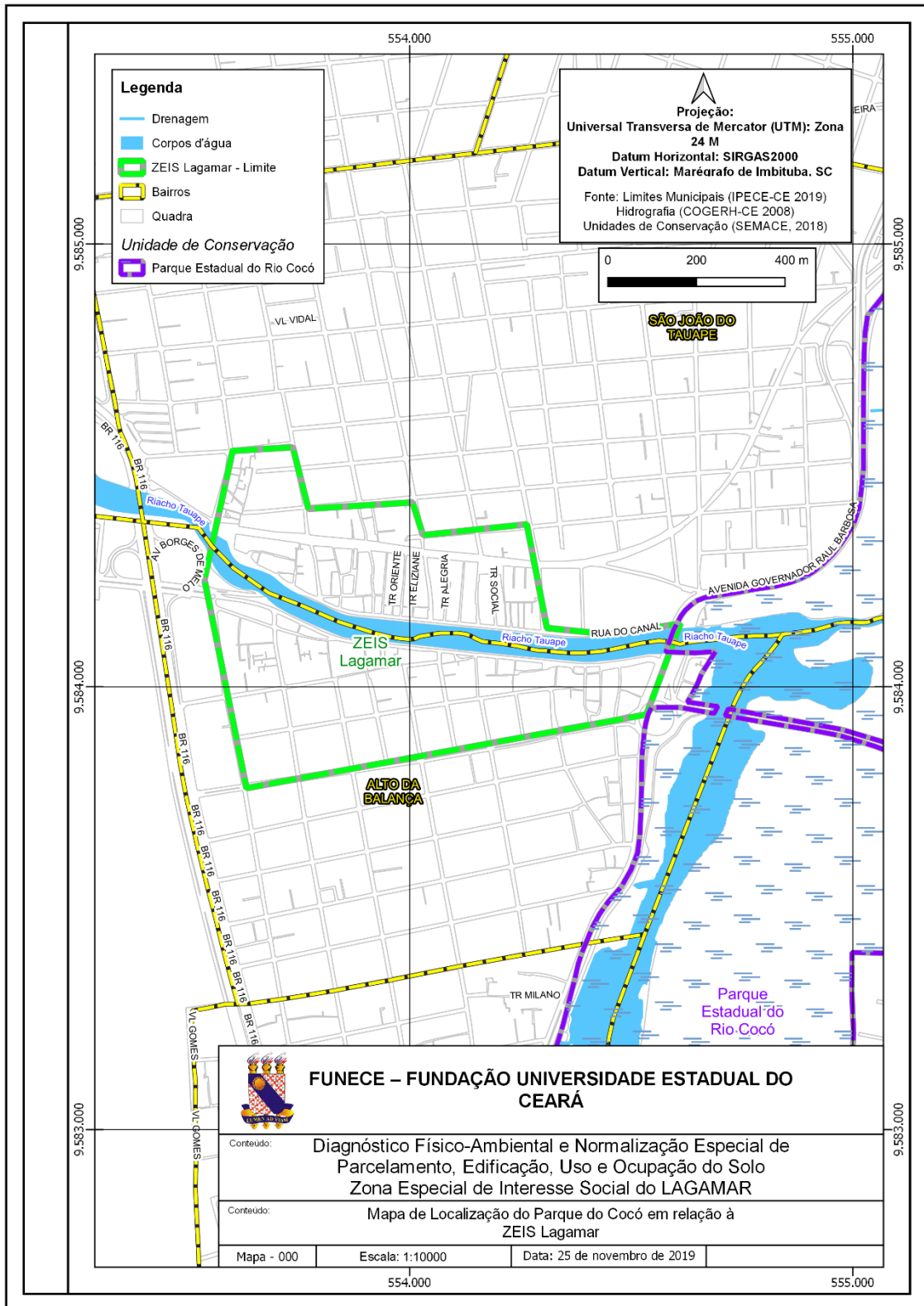
- a) caracterização da situação ambiental da área a ser regularizada;
- b) especificação dos sistemas de saneamento básico;
- c) proposição de intervenções para a prevenção e o controle de riscos geotécnicos e de inundações;
- d) recuperação de áreas degradadas e daquelas não passíveis de regularização;
- e) comprovação da melhoria das condições de sustentabilidade urbano-ambiental, considerados o uso adequado dos recursos hídricos, a não ocupação das áreas de risco e a proteção das unidades de conservação, quando for o caso;
- f) comprovação da melhoria da habitabilidade dos moradores propiciada pela regularização proposta; e garantia de acesso público às praias e aos corpos d’água.

Além dessas normas, cabe destacar também as possíveis restrições associadas à presença da zona de amortecimento do Parque Estadual do Cocó, unidade de conservação de proteção integral (Figura 30). Dessa forma, ressaltam-se o Sistema Nacional de Unidades de

Conservação (SNUC) (Lei nº 9.985/2000) e o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) (Lei nº 14.950/2011) como normas regulamentares que tutelam sobre unidades de conservação.

Cabe aqui destacar que o Parque Estadual do Cocó foi criado por meio do Decreto nº 32.248/2017, abrangendo uma área de 1.571 hectares. Até o presente momento, ainda não foi elaborado seu plano de manejo nem definida a sua zona de amortecimento. Tendo em vista as incertezas referentes a essas delimitações, é importante que conste nesse relatório que a elaboração do Plano de Manejo do Parque Estadual do Cocó deve estar em plena consonância com a requalificação urbana da ZEIS Lagamar.

Figura 30 – Mapa com a poligonal do Parque Estadual do Cocó em relação à ZEIS Lagamar



Fonte: Elaboração própria

5.2.2 Riscos para a ocupação

5.2.2.1 *Dinâmica de superfície*

O conhecimento dos aspectos geológicos (permeabilidade e porosidade), geomorfológicos e climáticos da ZEIS Lagamar é de fundamental importância para a compreensão da dinâmica de superfície e, conseqüentemente, da estabilidade do terreno, permitindo a ocupação ou reestruturação da ocupação urbana, a partir da consideração das especificidades das formas e processos morfodinâmicos.

O território da ZEIS Lagamar está inserido no domínio dos depósitos sedimentares cenozoicos, de acordo com a classificação morfoestrutural estabelecida por Souza (1988), sendo constituído por sedimentos de origem continental e marinha que foram depositados ao longo do tempo geológico (SOUZA, 2000). Na área em questão, o domínio dos depósitos sedimentares cenozoicos tem como principal unidade a planície fluviomarina do riacho Tauape, constituída por depósitos de areias finas, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica (CPRM, 1995), que apresentam elevada permoporosidade, fator essencial que possibilita a recarga do lençol freático do aquífero sedimentar, com águas pouco profundas, altamente vulneráveis à contaminação.

O contato da água do riacho Tauape, que divide a ZEIS Lagamar em duas porções (Norte: São João do Tauape; Sul: Alto da Balança), com a água do baixo curso do rio Cocó, periodicamente inundado pelas marés, característica que propicia grandes variações de salinidade, proporciona a floculação de argilas, resultando na deposição de material escuro e lamacento que aumenta a cada período de maré cheia até formar o ambiente propício à instalação dos manguezais (CPRM, 1995). O baixo curso do rio Cocó é influenciado pelas marés até 13km de sua foz (RIOS, 2009).

Na ZEIS Lagamar, a dinâmica atual, inserida no contexto dos sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza, é caracterizada pela ocorrência de precipitações elevadas, como já detalhado no item 3.2.1.2 a partir dos dados da FUNCEME (postos pluviométricos de Aquiraz, Castelão, Caucaia, Eusébio, Messejana e Pici) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (estação automática Fortaleza – A305).

Assim, o regime de precipitação do território da ZEIS Lagamar determina a ocorrência de dois períodos distintos: um chuvoso, abrangendo os meses de janeiro a junho, e outro seco, de julho a dezembro. Os meses do período úmido são os que registram casos de

inundação, conforme esperado. A partir do mês de janeiro, ocorre o aumento progressivo da umidade do solo, que, ao atingir a saturação, aumenta o volume d'água escoado superficialmente, assim como sua velocidade.

Atualmente, a dinâmica de superfície e a estabilidade do terreno da ZEIS Lagamar estão diretamente relacionadas à canalização e retificação do canal principal do riacho Tauape, assim como pela impermeabilização indevida da planície inundação, em decorrência do revestimento asfáltico e da ocupação desordenada do solo. Isso propiciou o aumento significativo do escoamento das águas pluviais, a ocorrência de inundações e a geração de pontos de alagamento, principalmente onde a infraestrutura de drenagem pluvial não tem capacidade de escoar a quantidade de água produzida ou onde ocorrem problemas de outra ordem, tais como o entupimento de galerias pluviais por descarte inadequado de resíduos sólidos (Figuras 31 e 32).

Figura 31 – Ocupação da planície de inundação do riacho Tauape por infraestrutura urbana e unidades residenciais unifamiliar e multifamiliar



Fonte: Acervo próprio.

Figura 32 – Descarte e deposição inadequada de resíduos sólidos na ZEIS Lagamar



Fonte: Acervo próprio.

A ocupação intensa e a conseqüente urbanização da planície inundaçã do riacho Tauape têm provocado alterações marcantes nos processos hidrogeológicos. A urbanização crescente nas últimas décadas do século XX e no início do século XXI tem reduzido, consideravelmente, a taxa de infiltração das águas pluviais, diminuindo o volume de recarga dos aquíferos e aumentando a velocidade do escoamento superficial no contexto dos espaços urbanos (ALMEIDA, 2010).

O aumento do escoamento superficial e da redução da infiltração de água no solo, associado ao conseqüente aumento do volume de água que passa pelo sistema de drenagem, constituído pelos pavimentos de ruas, guias e sarjetas, rede de galerias pluviais e canais artificiais de pequenas dimensões, durante a quadra chuvosa, inicialmente deveria proporcionar um crescimento na velocidade do fluxo de água que escoar pelo canal principal, o qual responderia pelo aumento da área de sua seção transversal e conseqüentemente pela diminuição da velocidade do fluxo e dos riscos de inundaçã. No entanto, com a canalizaçã e retificaçã da seção transversal do baixo curso do riacho Tauape, que visava ao aumento da capacidade da vazã e a contençã das inundações, associada à quase total ocupaçã e impermeabilizaçã de sua planície de inundaçã, as funções primárias do riacho Tauape e da planície de inundaçã foram afetadas, assim como a sua capacidade de aumentar a área da seção transversal (Figura 33).

Figura 33 – Poluição no riacho Tauape



A: descarte de resíduos sólidos no leito do riacho Tauape; B: artificialização do sistema de drenagem pluvial do bairro Alto da Balança. Fonte: Elaboração própria.

Essas alterações no sistema ambiental sobre o qual se encontra a ZEIS Lagamar proporcionaram e ainda proporcionarão graves consequências, representadas pelas inundações, se o processo natural de controle pluvial e fluvial não for compensado pela construção de sistemas de drenagem urbanos adequados.

Do exposto, verifica-se que a urbanização de uma bacia hidrográfica ou de uma seção de um curso fluvial e de sua planície de inundação altera a sua resposta à ocorrência de precipitações pluviométricas (SÃO PAULO, 1999). Os efeitos mais preponderantes são as reduções da infiltração e o tempo de trânsito das águas, que resultam em picos de vazão muito maiores em relação às condições anteriores à citada urbanização (SANTOS, 2016). Portanto, a reformulação da seção transversal do baixo curso do riacho Tauape, assim como a total impermeabilização de sua planície de inundação e a utilização de suas margens fluviais para a implantação de sistema viário, proporcionou o estrangulamento do seu sistema de drenagem e a eliminação por completo da mata ciliar.

Nesse mesmo território, as galerias de águas pluviais, que se encontram parcialmente atulhadas por sedimentos e resíduos sólidos, são insuficientes para a condução de águas pluviais, em razão do aumento do escoamento superficial, provocado pela impermeabilização progressiva do solo. Nesse caso, os excessos de escoamento superficial permanecem nas ruas, provocando prejuízos e incômodos à população, justificando-se, assim, a ampliação do sistema de galerias (Figura 34).

Figura 34 – Sistema de drenagem pluvial parcialmente atulhado de sedimentos e resíduos sólidos na margem esquerda do riacho Tauape



Fonte: Acervo próprio.

Além dos problemas expostos, os processos de desconstrução do sistema de drenagem do riacho Tauape associado ao baixo gradiente, pouco antes da confluência com rio Cocó, o qual é influenciado constantemente pelo regime de maré, intensificaram as inundações no território da ZEIS Lagamar, principalmente, no período da quadra chuvosa. O perfil longitudinal do rio Cocó apresenta-se notadamente horizontal, sem variação ao longo de quase todo o baixo curso, até a seção em que o seu leito passa a exercer influência na determinação do perfil da linha d'água, ou seja, aproximadamente a 17km do seu estuário (RIBEIRO, 2005).

Portanto, o grau de urbanização tem potencial para aumentar tanto o volume quanto as vazões do escoamento superficial direto. A influência da ocupação de novas áreas e a remoção de residência e de estabelecimentos comerciais da planície de inundação do riacho Tauape, em ambas as margens, devem ser analisadas no contexto da bacia hidrográfica na qual estão inseridas, de modo a se efetuarem os ajustes necessários para minimizar a criação de futuros problemas de inundações e pontos de alagamento.

A ocupação da planície de inundação do riacho Tauape, aliada a uma série de modificações na estrutura urbana da ZEIS Lagamar, expõe as comunidades locais – principalmente aquelas localizadas em cotas altimétricas inferiores a 6m – a inundações e alagamentos temporários de alta recorrência hidrológica, causados tanto pelo acúmulo de águas pluviais como pelas águas das enchentes do riacho Tauape, conforme relatado anteriormente.

Os pontos de alagamento, recorrentes na quadra chuvosa, ocasionam ainda o aparecimento de inúmeras doenças, sendo que, na maioria dos casos, são crianças com desidratação, apresentando sintomas como diarreia e vômitos. Estes pontos de alagamento constituem-se em ambientes propícios para proliferação de ratos, baratas, mosquitos, moscas e escorpiões, conhecidos transmissores de diversas doenças, como a leptospirose, causada pela urina do rato.

Face ao exposto, a combinação de intervenções que incluem obras de controle e amortecimento de eventos de cheias, visando diminuir a faixa de inundação; obras de desassoreamento (limpeza do canal do Lagamar e dragagem do leito do baixo curso do rio Cocó); obras de ampliação da infraestrutura de drenagem pluvial e de saneamento (substituição dos tubos de concreto armado por outros de diâmetro superior); e obras de habitação popular devem ser realizadas, tendo como principal objetivo a melhor convivência da população da ZEIS Lagamar com os problemas gerados por eventos extremos de precipitação.

5.2.2.2 Áreas de risco

No contexto da urbanização dos países periféricos, tem sido recorrente uma dinâmica de produção da cidade legal, capaz de excluir uma significativa parcela dos habitantes do espaço efetivamente urbanizado, gerando situações de ilegalidade, ausência de infraestrutura e consequente degradação ambiental. Nas cidades brasileiras, as características do quadro natural têm demonstrado capacidade de influenciar o padrão de diferenciação socioespacial urbano, ao permitir uma associação entre os espaços de exclusão urbana e aqueles de fragilidade ambiental (FREITAS, 2014).

Em Fortaleza, as maiores concentrações de pobreza urbana próximas a bairros de alta renda estão em áreas de dunas ou ao longo das margens alagáveis dos cursos d'água, como pode ser observado na ZEIS Lagamar. Obviamente, não se trata de coincidência o fato de que condições de precariedade social e urbana coexistem com sistemas naturais de grande fragilidade ambiental (FREITAS, 2014).

O risco é uma percepção humana, um componente recorrente da sociedade moderna, sendo que o termo *risco* está frequentemente acompanhado de um adjetivo, que o qualifica e que o associa ao cotidiano da sociedade: risco ambiental, risco tecnológico, risco social, risco biológico, risco econômico, dentre outros (ALMEIDA, 2010; CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005). A palavra *risco* designa, ao mesmo tempo, tanto um perigo potencial

quanto sua percepção e indica uma situação percebida como perigosa na qual se está ou cujos efeitos podem ser sentidos (VEYRET, 2007).

A expansão urbana desordenada no âmbito da ZEIS Lagamar, com proliferação de habitações informais, contribuiu e ainda contribui para exacerbar uma das principais e mais graves vulnerabilidades ambientais desse território: as inundações. Dentre os fenômenos ditos naturais ocorrentes no espaço de uma bacia hidrográfica e de estreita relação com a dinâmica fluvial, as inundações são consideradas as maiores causadoras de desastres, com as maiores consequências e grandes parcelas de vítimas e prejuízos, principalmente em extensões territoriais densamente povoadas (ALMEIDA, 2010).

No território da ZEIS Lagamar, as inundações estão entre as ameaças naturais que mais causam danos humanos e materiais. Os problemas causados pelas inundações estão fortemente correlacionados à ocupação irregular de ambientes dotados de maior fragilidade ambiental, como a planície de inundação do riacho Tauape, e ao comportamento hidroclimático da bacia hidrográfica. A camada da população menos favorecida é a que enfrenta os maiores impactos, dada a sua localização em áreas próximas aos leitos fluviais e a sua maior vulnerabilidade social (ARAÚJO, 2012).

No contexto da ZEIS Lagamar, a intensa dispersão do tecido urbano dos bairros São João do Tauape e Alto da Balança implicou mudanças nos sistemas ambientais. O quadro natural se transformou em ambiente construído ou social. A transformação do sítio natural em sítio urbano significou a remoção da cobertura vegetal e sua substituição por asfalto, concreto e outros materiais. Assim, as mudanças nas descargas pluviais e na dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do riacho Tauape foram inevitáveis, significando graves consequências, representadas pelas inundações, principalmente, nos setores onde o processo natural de controle pluvial não foi compensado pela construção de sistemas de drenagem urbanos adequados, constituindo-se assim as áreas de risco de inundações.

No que se refere ao NDVI, como citado anteriormente, no território da ZEIS Lagamar, esse índice apresenta baixa variabilidade espaço-temporal, com predomínio de pontos com baixos valores de NDVI ($<0,50$), representando 97,6% da área da ZEIS Lagamar. Esses valores resultam da redução drástica da cobertura vegetal e do aumento da impermeabilização do solo, facilitando o aumento do escoamento das águas pluviais e a ocorrência de inundações, principalmente onde a infraestrutura da drenagem pluvial não tem capacidade para escoar a água precipitada.

Dessa forma, pode-se dizer que os principais fatores que interligam a urbanização da ZEIS Lagamar aos riscos de inundações e alagamentos são: intensa ocupação e impermeabilização do solo; intensa ocupação irregular da planície de inundação da bacia do riacho Tauape, essencialmente por população socialmente vulnerável; carências de infraestrutura e serviços públicos diversos; processos naturais desencadeados pela alteração do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do riacho Tauape.

Portanto, no território da ZEIS Lagamar, verifica-se que o adensamento demográfico não foi acompanhado de melhorias nas condições de infraestrutura, tampouco de serviços que pudessem atender as necessidades essenciais da população. A ineficiência da rede de coleta e do tratamento de esgotos e das galerias de águas pluviais, além da falta de áreas de lazer e áreas verdes, é comum nesse território.

Na ZEIS Lagamar, além das ocupações em APPs, como as margens do riacho Tauape, enfrentando o perigo de inundações e alagamentos, há aquelas habitações construídas precariamente, utilizando ligações clandestinas de energia elétrica, sem saneamento básico e quaisquer condições de moradia. O ambiente é fortemente vulnerável à ocupação, em decorrência da fragilidade do equilíbrio ambiental. Obras de infraestrutura devem ser implantadas somente após Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e análises rigorosas.

5.2.2.3 Suscetibilidade a inundação – modelagem hidrológica e hidráulica

O riacho Tauape, canalizado em toda sua extensão, tem apresentando repetidos eventos de inundação. Sua extensão é de 5,27km, com uma bacia hidrográfica em área urbanizada de 21,04km².

O mapeamento de suscetibilidade a inundação realizado seguiu de acordo com o proposto por Cabral *et al.* (2016). Segundo os autores,

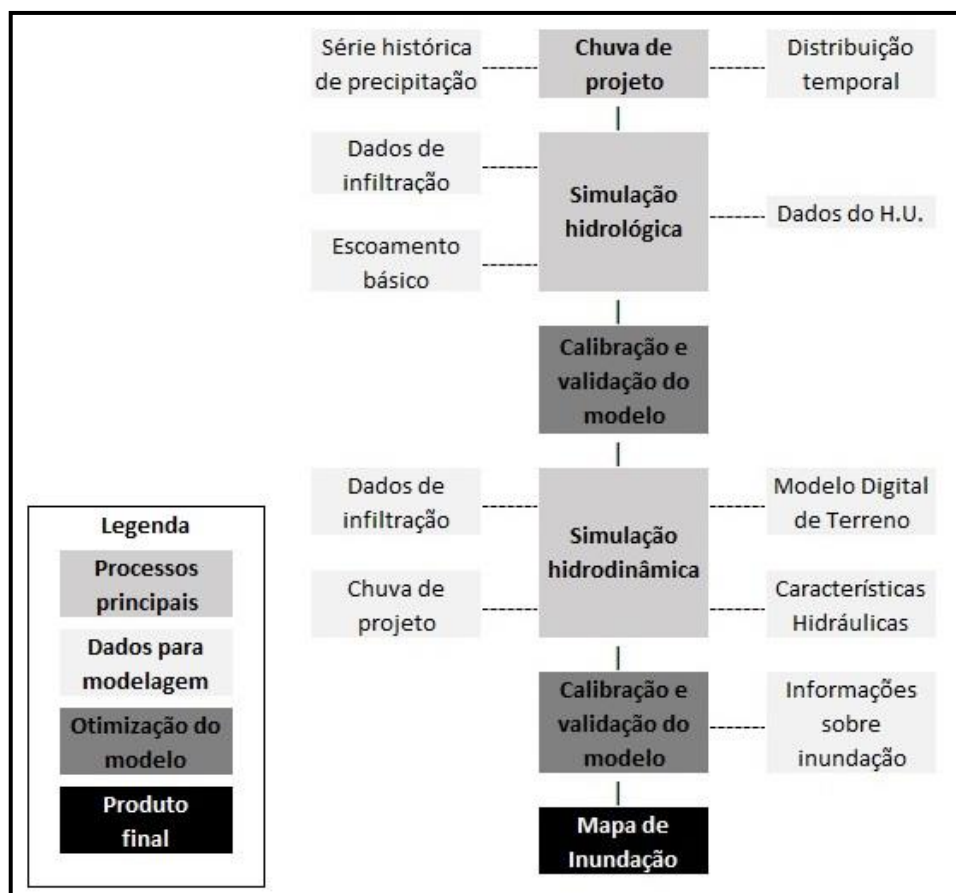
[...] o mapeamento das áreas suscetíveis a cheias é um recurso muito importante para a leitura e compreensão dos episódios de inundações, e auxilia na tomada de decisões para amenizar os impactos. Em virtude da alta capacidade de armazenamento dos computadores e das facilidades para analisar e cruzar informações, o geoprocessamento surge como uma ferramenta dinâmica capaz de conferir mais precisão aos mapeamentos e à análise espacial (CABRAL *et al.*, 2016, p. 91).

Por meio da utilização de diversas técnicas de geoprocessamento e modelagem de dados, a análise buscou estabelecer os diferentes níveis de suscetibilidade a inundação baseados

em dados de precipitação, tipologia de bacias hidrográficas, características de solo, uso e ocupação, entre outros dados disponíveis, inclusive em nível nacional.

A Figura 35 apresenta o fluxograma do procedimento metodológico, baseado em Monteiro e Kobiyama (2014). Os procedimentos principais, como explanam os autores supracitados, são a parte vital dessa metodologia, e podem ser entendidos como a “coluna vertebral metodológica”, pois ligam todos processos físicos com o banco de dados para se obter o resultado final. Dessa forma, os outros itens listados garantem a minimização do erro ao final do processo de modelagem. Assim, a obtenção da “chuva de projeto”, as simulações Hidrológicas e Hidráulicas e o Mapeamento de Suscetibilidade se apresentam como os procedimentos metodológicos principais.

Figura 35 – Fluxograma de procedimentos metodológicos para suscetibilidade a inundação



Fonte: Adaptado de Monteiro e Kobiyama (2014).

5.2.2.3.1 Chuva de projeto – o uso da Lei da Probabilidade na previsão de eventos extremos

A determinação da chuva de projeto, ou seja, a precipitação média por unidade de tempo que o projeto considera para efetuar seus cálculos e modelagem, passa pelo levantamento de séries históricas de precipitação e análise temporal, baseada em períodos de retorno definidos nas Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT, 2006).

As séries históricas de precipitação são, como o próprio nome sugere, o histórico das precipitações registrados em um determinado posto pluviométrico, responsável por servir de parâmetro de registro de uma determinada área em particular. Os dados coletados diariamente são tabelados e dispostos ao acesso público via *internet*, oferecendo assim uma base de informações sobre os totais precipitados, desde dias até décadas passadas.

A análise utiliza as séries históricas registradas no Posto Pluviométrico Castelão, localizado no bairro homônimo, a aproximadamente 5km de distância do riacho Tauape. O posto em questão possui registros que datam de 1989 até os dias atuais, servindo assim como fonte de informação confiável para as simulações baseadas numa série histórica de precipitação bem representativa com, no mínimo, 30 anos de leituras registradas.

Considerando a impossibilidade de prever com exatidão as futuras precipitações e dessa forma planejar, projetar, adequar, qualquer pesquisa a tais expectativas, os estudos hidrológicos costumeiramente se valem de metodologias estatísticas baseadas nas leis da probabilidade, de modo a estabelecer as prováveis variações que permitam que os projetos sejam efetivados fundamentados em um risco calculado.

Para que essa análise estatística possa ser realizada, é preciso observar, entre outros fatores, as séries históricas de precipitação e os tempos de recorrência admissíveis aos estudos.

O tempo de recorrência, também conhecido como período de retorno ou risco permissível, segundo Tucci (2000), é entendido como o intervalo médio de tempo (geralmente tomado em anos) em que um determinado evento observado pode ocorrer ou ser superado. É o inverso da probabilidade de um evento ser igualado ou ultrapassado. Pode ser expresso pela fórmula $TR=1/P$. Por exemplo: se uma cheia é igualada ou excedida, em média, uma vez a cada dez anos, diz-se que, para o tempo de recorrência de dez anos, há a probabilidade de 10% de tal cheia ser igualada ou excedida em qualquer ano do intervalo.

A análise estatística, a partir das leis de probabilidade, utiliza os dados de eventos de descargas observadas – séries históricas – em determinado período de tempo como projeção para um período de maior tempo. Barbosa *et al.* (2005) apontam que

Na previsão de enchentes e inundações, na determinação da magnitude das vazões de pico das cheias (que são as vazões críticas de projeto) recorre-se ao uso de modelos de probabilidade, a partir do enfoque estatístico que consiste em definir a relação entre as descargas máximas e as correspondentes frequências de ocorrência, apoiando-se no estudo de uma série (anual) de dados observados. A suposição básica é de que as cheias verificadas durante um determinado período possam ocorrer em um período futuro de características hidrológicas similares, isto é, com uma expectativa de repetição (BARBOSA *et al.*, 2005, p. 155).

Esse “período futuro” ao qual o autor se refere é tomado, para os estudos hidrológicos, como o tempo de recorrência. Kobiyama e Monteiro (2014) indicam que, para os estudos de suscetibilidade a inundação, os valores de período de retorno podem ser alterados de acordo com o interesse do estudo em questão. Dessa forma, a análise, fundamentada no documento do DNIT (2006) anteriormente citado, elaborou estudos que contemplem os tempos de retorno de 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos, uma vez que toda a área do riacho Tauape se encontra em zona urbana consolidada.

Barbosa *et al.* (2005) apontam ainda que as funções de distribuição de probabilidades mais utilizadas para análise frequência em estudos hidrológicos são:

- a) distribuição gama, também conhecida como distribuição Pearson tipo III;
- b) transformação logarítmica da distribuição gama, também conhecida como distribuição *log*-Pearson tipo III;
- c) transformação de potência da distribuição gama, ou distribuição de Kritskiy-Menkel;
- d) distribuições exponenciais, também conhecidas como distribuições de valores extremos ou distribuições de Fisher-Tippet, que consistem em 3: tipo I, duplo exponencial, conhecida como distribuição Gumbel; tipo II, conhecida como distribuição de Fréchet; e tipo III, conhecida como distribuição de Goodrich ou Weibull;
- e) distribuição gaussiana (distribuição normal de probabilidade);
- f) transformação logarítmica da distribuição normal, também conhecida como *log*-normal ou distribuição de Galton.

Os autores afirmam ainda que não existem razões para crer que um dos modelos expostos seja necessariamente melhor que o outro, sendo a escolha da utilização de um ou de outro de acordo com os dados prévios obtidos pelo analista e pela preferência do mesmo.

O estudo procedeu com a adoção do método de Galton, *log normal*.

5.2.2.3.2 Sistema de modelagem hidrológica – HMS

A análise optou por um modelo hidrológico, considerando a natureza aleatória dos dados de precipitação e a adoção de uma verificação probabilística, a relação processual entre os dados complementares admitidos, a existência de uma dependência temporal e a correlação espacial que distribui diferencialmente os fenômenos de inundação na área de estudo. Beven (1991) aponta que modelos que consideram a complexidade das relações entre os elementos que constituem o fenômeno estudado e que buscam explorar esses processos se mostram mais adequados para simular os efeitos futuros.

Dadas as definições na etapa anterior e encontradas as chuvas de projeto aos tempos de recorrência adotados, a análise se ocupou em realizar a estimativa das vazões de projeto utilizando o *software* desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica do Corpo de Engenheiros do Exército Norte-americano, o *Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Model System – HEC-HMS*. Esse programa permite o cruzamento de diversos dados hidrológicos e fisiográficos das bacias hidrográficas, como precipitação, área de contribuição da bacia, comprimento de rampas, orientação de vertentes, inclinação de terreno, tipologia de solos, tempo de concentração, entre outros, que conferem maior acurácia aos resultados obtidos.

Nessa etapa, os dados fundamentais estão relacionados com as características pedológicas e a capacidade de infiltração, as condições de escoamento básico e o estabelecimento e a relação entre hietograma e hidrograma unitário.

A análise se utilizou de um Modelo Digital de Terreno (MDT) e várias técnicas para identificar esses atributos topográficos essenciais para a modelagem hidrológica. Ciente da importância desse dado, foi desenvolvido um MDT a partir das curvas de nível disponibilizadas pela Secretaria de Finanças do Estado do Ceará (SEFIN, 2006), dado esse que conta com equidistância de 1m entre suas linhas, sendo um valioso recurso para a criação e o estudo de superfícies digitais, representando com acurácia o real.

Um dos dados hidrológicos fundamentais para o estabelecimento do modelo é a especificação do tipo de hietograma, que consiste em um gráfico que relaciona a intensidade

das precipitações a um tempo determinado de chuva ininterrupta e, com base em um tempo de recorrência admitido, fundamenta a aferição da chuva de projeto. O hietograma da análise foi calculado a partir do método de blocos alternados, sendo os dados referentes às precipitações inseridos no *HEC-HMS* pelo usuário, através da opção *Specified Hyetograph*.

Considerando que as precipitações sobre o solo incidirão em escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo, sendo esses dois últimos escoamentos classificados como modalidades de baixa velocidade de ocorrência, é necessário efetivar a conversão da precipitação em vazão (Q) em função do tempo (t), construindo hidrogramas. A análise utilizou o método do hidrograma unitário para desenvolver os resultados encontrados. Tucci (2000) define o hidrograma unitário como a resultante de um escoamento superficial unitário (1mm, 1cm, 1pol) gerado por uma chuva uniformemente distribuída sobre a bacia hidrográfica, com intensidade constante e de certa duração.

O processo de conversão do hietograma de chuva em hidrograma de cheia se deu através da aplicação do método do Hidrograma Unitário Adimensional do NCRS, que se utiliza de dados como o tempo de retardo (*LagTime*) e comprimento do rio em análise, considerando seu desnível desde sua nascente à foz.

Por fim, para definição da precipitação efetiva, ou seja, aquela precipitação que efetivamente contribui para o escoamento superficial depois de considerados os processos de infiltração e evaporação, o estudo procedeu de acordo com Cabral *et al.* (2016), em que, para considerar o processo de perda de precipitação (*loss*) por infiltração,

[...] aplicou-se o método da Curva Número (CN) desenvolvido pelo Serviço de Conservação de Recursos Naturais – NCRS dos Estados Unidos. O método SCS-CN responde pela maior parte das características das bacias hidrográficas produtoras de escoamento, tais como tipo de solo, uso da terra, condição hidrológica e umidade antecedente à condição (CABRAL *et al.*, 2016, p. 95).

O parâmetro Curva Número (CN), citado pelos autores, está relacionado com os usos e os tipos de ocupação das áreas das bacias hidrográficas em estudo. Esse coeficiente trata das condições médias de umidade e cobertura do solo antecedentes à precipitação que gera a chuva de projeto. A Tabela 2 apresenta os tipos de usos e coberturas dos solos em bacias hidrográficas urbanas e suburbanas e suas classificações quanto à CN, e a Tabela 3, as capacidades mínimas de infiltração dos solos segundo os tipos definidos por Wilken (1978).

Tabela 2 – Tipos de usos e coberturas dos solos em bacias hidrográficas urbanas e suburbanas

Utilização e Cobertura de Solos	Grupos de Solos					
	A	B	C	D		
Zonas cultivadas: sem conservação do solo	72	81	88	91		
com conservação do solo	62	71	78	81		
Pastagens ou terrenos em más condições	68	79	86	89		
Baldios em boas condições	39	61	74	80		
Prado em boas condições	30	58	71	78		
Bosques ou zonas com cobertura ruim	45	66	77	83		
Floresta: cobertura boa	25	55	70	77		
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios, boas condições						
Com relva em mais de 75% da área	39	61	74	80		
Com relva de 50% a 75% da área	49	69	79	84		
Zonas comerciais e de escritórios	89	92	94	95		
Zonas industriais	81	88	91	93		
Zonas residenciais Lotes de (m²) e % média impermeável						
	Lotes de (m²)	% média impermeável				
	< 500	65	77	85	90	92
	1000	38	61	75	83	87
	1300	30	57	72	81	86
	2000	25	54	70	80	85
	4000	20	51	68	79	84
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.		98	98	98	98	98
Arruamentos e estradas						
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais		98	98	98	98	98
Paralelepípedos		76	85	89	91	91
Terra		72	82	87	89	89

Fonte: Wilken (1978).

Tabela 3 – Capacidade mínima de infiltração conforme o grupo do solo

Grupo de solo	Capacidade mínima de infiltração (mm/h)	Média
A	7,62 a 11,43	9,53
B	3,81 a 7,62	5,72
C	1,27 a 3,81	2,54
D	0 a 1,27	0,64

Fonte: Wilken (1978).

Ao observar a cobertura urbana por meio de imagens de satélite e fotografias aéreas, bem como as características descritas na Tabela 3, adotou-se o tipo de solo C como estimativa

de CN para a bacia hidrográfica em estudo por crer que tal definição se adapta com maior veracidade à área pesquisada.

5.2.2.3.3 Modelagem hidrodinâmica e conexão com SIG

A modelagem hidráulica foi executada a partir do *software Hydrologic Engineering Center – River Analysis System – HEC-RAS* – também disponibilizado pelo Centro de Engenharia Hidrológica do Corpo de Engenheiros do Exército Norteamericano. Esse *software*, em conjunto com a extensão para ArcGIS chamada *GeoRAS*, de livre acesso, possibilita a conexão e a relação de dados hidráulicos e fisiográficos que constituem o modelo, tendo, no estabelecimento adequado de suas variáveis, a chave para uma representação mais aproximada do real.

As vazões máximas obtidas para os períodos de retorno estabelecidos, assim como os elementos hidráulicos (rede de drenagem, seções transversais e limites de calha), foram inseridas no programa, e, por se tratar de um estudo zoneado, foi considerado um regime de escoamento estável e permanente. O espaçamento das seções transversais aos rios foi adotado em 120m entre seções.

Outro dado importante para a modelagem hidráulica é o do coeficiente de Manning (n), uma variável que procura apontar para o modelo, um coeficiente de rugosidade dos canais e terrenos que constituem as bacias hidrográficas em estudo. O coeficiente para a área em estudo foi estabelecido a partir da observação de imagens de satélite e visitas em campo, identificando as principais características fisiográficas e buscando correlacioná-las com a Tabela 4, que apresenta as características e coeficientes de rugosidade de Manning.

Dessa forma, foi tomado como representativo o valor $n = 0,012$ para o coeficiente de rugosidade nas planícies de inundação e calhas dos canais que abrigam o riacho Tauape.

Ao final, calculados, os perfis de superfície d'água passam a ser exportados, em formato SIG, e sobrepostos à topografia para estimar a cota máxima de inundações por períodos de retorno para cada um dos rios em análise.

Tabela 4 – Coeficientes de rugosidade de Manning (n)

Natureza das paredes	Condições			
	Muito boa	Boa	Regular	Má
Alvenaria de pedra argamassada	0,017	0,02	0,025	0,03
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de tijolos	0,012	0,013	0,015	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,04	0,045	
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,03	0,035	0,04
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,03	0,035	0,04
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014	0,016	0,018
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,02	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,03	0,033
Condutos de barro (drenagem)	0,011	0,012	0,014	0,017
Condutos de barro vitrificado (esgoto)	0,011	0,013	0,015	0,017
Condutos de prancha de madeira aplainada 0,010	0,012	0,013	0,014	-
Gabião	0,022	0,03	0,035	-
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013	0,015
Superfícies de cimento alisado	0,01	0,011	0,012	0,013
Tubo de ferro fundido revestido c/ alcatrão	0,011	0,012	0,013	-
Tubo de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,01	0,011	0,013
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Córregos e rios limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,03	0,033
Igual anterior porém c/ pedras e vegetação	0,03	0,033	0,035	0,04
Com meandros, bancos e poços, limpos	0,035	0,04	0,045	0,05
Margens espraçadas, pouca vegetação	0,05	0,06	0,07	0,08
Margens espraçadas, muita vegetação	0,075	0,1	0,125	0,15

Fonte: Cirilo *et al.* (2001).

5.2.2.3.4 Mapeamento de suscetibilidade a inundação

Finalizados os procedimentos de conferência e consistência dos dados inseridos nos *softwares*, a análise apresenta as áreas modeladas que baseiam as afirmações acerca da suscetibilidade a inundação no entorno do riacho Tauape.

Os estudos procuraram estabelecer as cotas máximas de inundação e aferir, dessa forma, os índices de suscetibilidade, de acordo com os valores de área encontrados, para três

períodos de retorno identificados como representativos de graus de suscetibilidade que pudessem ser bem caracterizados tanto em sua probabilidade de ocorrência como em sua visualização quanto ao mapeamento, tendo em vista que períodos de retorno muito próximos tendem a apresentar resultados semelhantes. Assim, foram adotados três níveis de suscetibilidades associadas a eventos de inundação, a saber:

- a) suscetibilidade alta/constante: corresponde às porções territoriais inseridas na área máxima de inundação com período de retorno de 5 anos. O estabelecimento dessas áreas considera as características ambientais da bacia hidrográfica em questão, os parâmetros hidroclimáticos adotados e a possibilidade da causa de danos e perdas consideráveis inerentes a qualquer tipo de ocupação e à necessidade de estipular medidas de prevenção e contenção para as áreas observadas. Essa área, associada a esse período de retorno, deve ser compreendida como de elevada suscetibilidade devido a sua possibilidade de sofrer inundação mediante uma precipitação considerada corriqueira para as características hidroclimáticas predominantes, estando sujeita constantemente a padecer com problemas oriundos dessas precipitações.
- b) suscetibilidade média/sazonal: corresponde às porções territoriais inseridas na área máxima de inundação com período de retorno de 25 anos. O enquadramento dessas áreas sugere que as mesmas podem sofrer impactos diretos em caso de uma precipitação que se repete com uma frequência moderada. Essa área também está sujeita a impactos indiretos relacionados a seu contato com as áreas de elevada suscetibilidade, como proliferação de doenças, acúmulo de detritos diversos, entre outras problemáticas.
- c) suscetibilidade baixa/eventual: corresponde às porções territoriais inseridas na área máxima de inundação com período de retorno de 100 anos. Esse período de retorno identifica precipitações máximas seculares, intensas o bastante para causar danos consideráveis às regiões atingidas, mas de baixa frequência de ocorrência. Dessa forma, a área de suscetibilidade demarca a área de alcance máximo de precipitação estimada e identifica os limites da área de vulnerabilidade à inundação do corpo hídrico em estudo.

5.2.2.3.5 Resultados

Considerando o histórico pluviométrico fichado no Posto Castelão, a maior chuva registrada se deu em 29 de janeiro de 2004, com 180,4mm precipitados, sendo a média anual de 156,02mm (26,2% acima da média histórica). Esse histórico das chuvas máximas anuais do Posto Castelão foi utilizado nos procedimentos de regressão estatística para estimar as chuvas pelos tempos de recorrência adotados pela análise como concernentes às áreas de baixa, média e alta suscetibilidade a inundação. O Quadro 4 apresenta os valores de precipitação aos tempos de recorrência.

Quadro 4 – Precipitação em tempos de recorrência (TR) adotados

TR (anos)	Precipitação (mm)	Possibilidade de Ocorrência (%)
5	116.47	20
10	129.04	10
15	135.8	7
25	143.9	4
50	154.45	2
100	164.58	1

Fonte: Elaboração própria.

O tempo de recorrência (TR) de 5 anos condiz com a precipitação com maior probabilidade de ocorrência, já tendo sido fichada em igual ou maior intensidade, na série histórica do Posto Castelão em anos como 1991, 2003, 2004, 2006 e, mais recentemente, em 2011 e 2019. Por se tratar de uma chuva com menor tempo de recorrência e, de acordo com o observado, de maior probabilidade de repetição, ela foi utilizada como marco pluviométrico para a modelagem das áreas de maior suscetibilidade a inundação nas bacias estudadas.

O TR de 25 anos condiz com precipitações elevadas, de probabilidade de ocorrência consideravelmente baixa (7%), mas que já foram registradas precipitações iguais, superiores ou muito próximas desse valor na série histórica adotada. Nos anos de 1991, 2004 e 2014, foram registradas ocorrências de magnitudes como a estimada pelo tempo de recorrência de 25 anos. O valor estimado para o TR 25 é tomado como marco pluviométrico na modelagem das áreas de média suscetibilidade a inundação.

Para o tempo de recorrência de 100 anos, ou a cheia secular, a chuva de 29 de janeiro de 2004, com 180,4mm é a única com intensidade superior a estimada estatisticamente. A estimativa da regressão estatística aponta uma probabilidade de 1% de ocorrência, reforçando os estudos a considerarem a concretude da sua repetição. Sendo assim, o valor para tal tempo de recorrência foi adotado como marco pluviométrico na modelagem das áreas de baixa suscetibilidade a inundação.

Estabelecidos os valores base das precipitações, a conversão desses valores em deflúvio se deu considerando os aspectos de cada bacia hidrográfica. O Quadro 5 apresenta os parâmetros e valores adotados e encontrados ao processo de conversão da precipitação em vazão.

Quadro 5 – Parâmetros para modelagem hidrológica

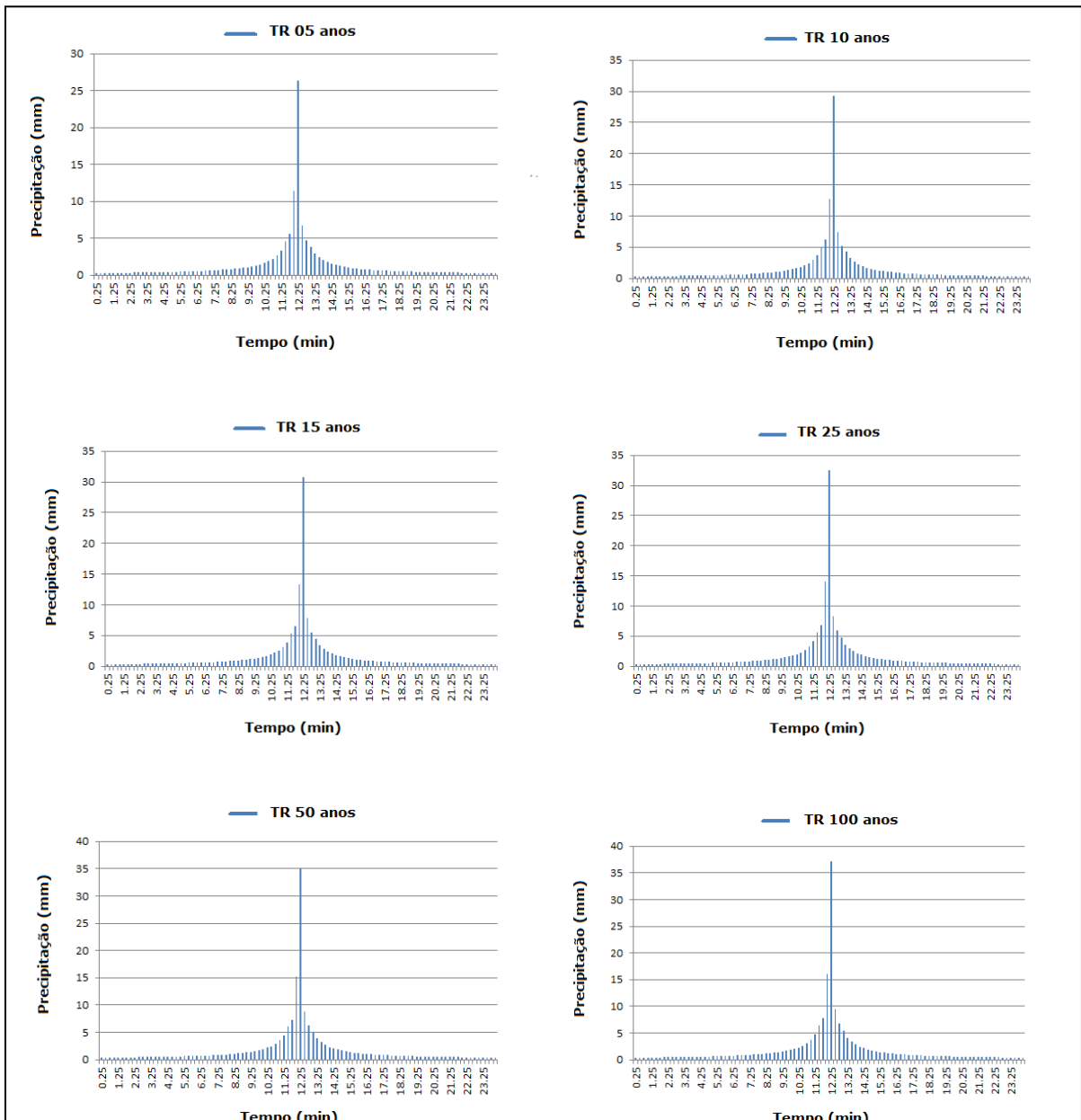
Bacia	Área (km ²)	Comprimento do Riacho (km)	Desnível (m)	Tlag	Tc (hrs)	CN
Rch. São João do Tauape	21.04	5.27	11.82	90.11	2.5	85

Fonte: Elaboração própria.

A bacia do riacho Tauape apresenta um valor de Curva Número (CN) bem elevado devido à densidade de sua cobertura urbana, que chega a atingir 100%, uma vez que ocupa uma zona nuclear na cidade de Fortaleza. Todo o talvegue do riacho se encontra canalizado, desde o Poranguabussu até seu deságue no Rio Cocó, no bairro Lagamar, a 5,27km de distância.

Os hietogramas para as chuvas de projeto adotadas na modelagem apresentam a distribuição das precipitações em função do tempo, que se convencionou determinar em um dia, com partilha em séries de 15min. O pico de precipitação se deu às 12h15min para todos os tempos de retorno, mas registrando máximas diferenciadas. A Figura 36 exhibe os hietogramas ao TRs adotados no estudo.

Figura 36 – Hietogramas de projeto da bacia do riacho Tauape para os TRs adotados



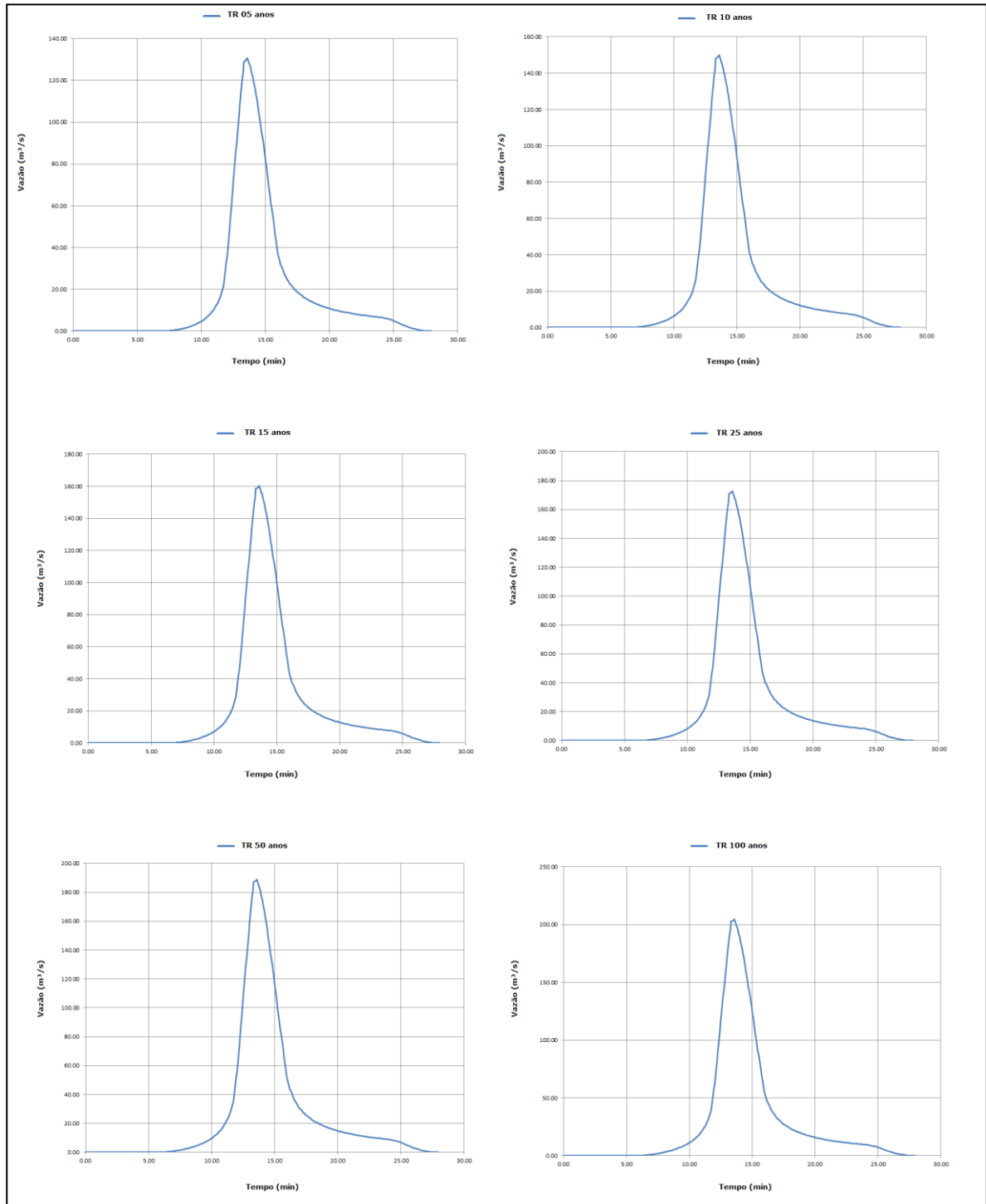
Fonte: Elaboração própria.

O maior valor evidenciado, como esperado, se deu para o TR100, atingindo um total de 37,26mm em seu pico.

A conversão das precipitações em vazões de projeto proporcionou a construção dos hidrogramas, que atuam em função das características fisiográficas das bacias na relação entre chuva e escoamento. Os hidrogramas registrados exibem pico único, já que a chuva de projeto desconsidera alterações abruptas na intensidade das precipitações ou uma sequência de chuvas intensas. Além disso, os hidrogramas apresentam a conversão da precipitação em deflúvio para

chuvas intensas decupadas em 15min de duração, indicando o período em que o solo satura, em que há o pico de descarga e que há a redução do fluxo. A Figura 37 retrata os hidrogramas para todos os tempos de recorrência, para a bacia do riacho Tauape.

Figura 37 – Hidrogramas de vazão de projeto da bacia do riacho Tauape para os TRs adotados



Fonte: Elaboração própria.

Pelos hietogramas, e considerando a natureza fortemente impermeabilizada do solo da bacia hidrográfica do riacho em estudo, estima-se que haja saturação e rápida formação de deflúvio entre os minutos 10 e 15 de precipitação intensa e regularmente distribuída, sendo igualmente rápido seu decréscimo entre os 10 e 15 minutos seguintes.

Os valores identificados pelos hietogramas e hidrogamas fundamentam a modelagem hidráulica na definição das áreas máximas de concentração de cada deflúvio junto com os parâmetros comentados em tópico anterior. O valor especificado para o coeficiente de *manning* foi atribuído em função das visitas em campo e da análise de imagens de satélite, de forma a identificar na tabela o valor mais consistente possível com o padrão apresentado pelo canal do riacho. O valor adotado foi $n=0,014$, por se tratar de um canal em concreto em boas condições.

Convencionou-se que as seções transversais ao riacho seriam equidistantes em 120m, resultando em 10 seções que cobriam o trecho do riacho que cruza a ZEIS Lagamar e que desagua no rio Cocó, como observado na Figura 36.

Ademais, considerou-se o fluxo do deflúvio como estável durante o período de precipitação adotado na modelagem hidrológica e foram desprezadas as possíveis cargas de sedimentos que poderiam acometer em alterações no resultado final, por menores que fossem, pela impossibilidade da análise em mensurar tais cargas no tocante do estudo.

O Quadro 6 apresenta o resumo da relação precipitação X deflúvio X cota de inundação para cada TR em análise.

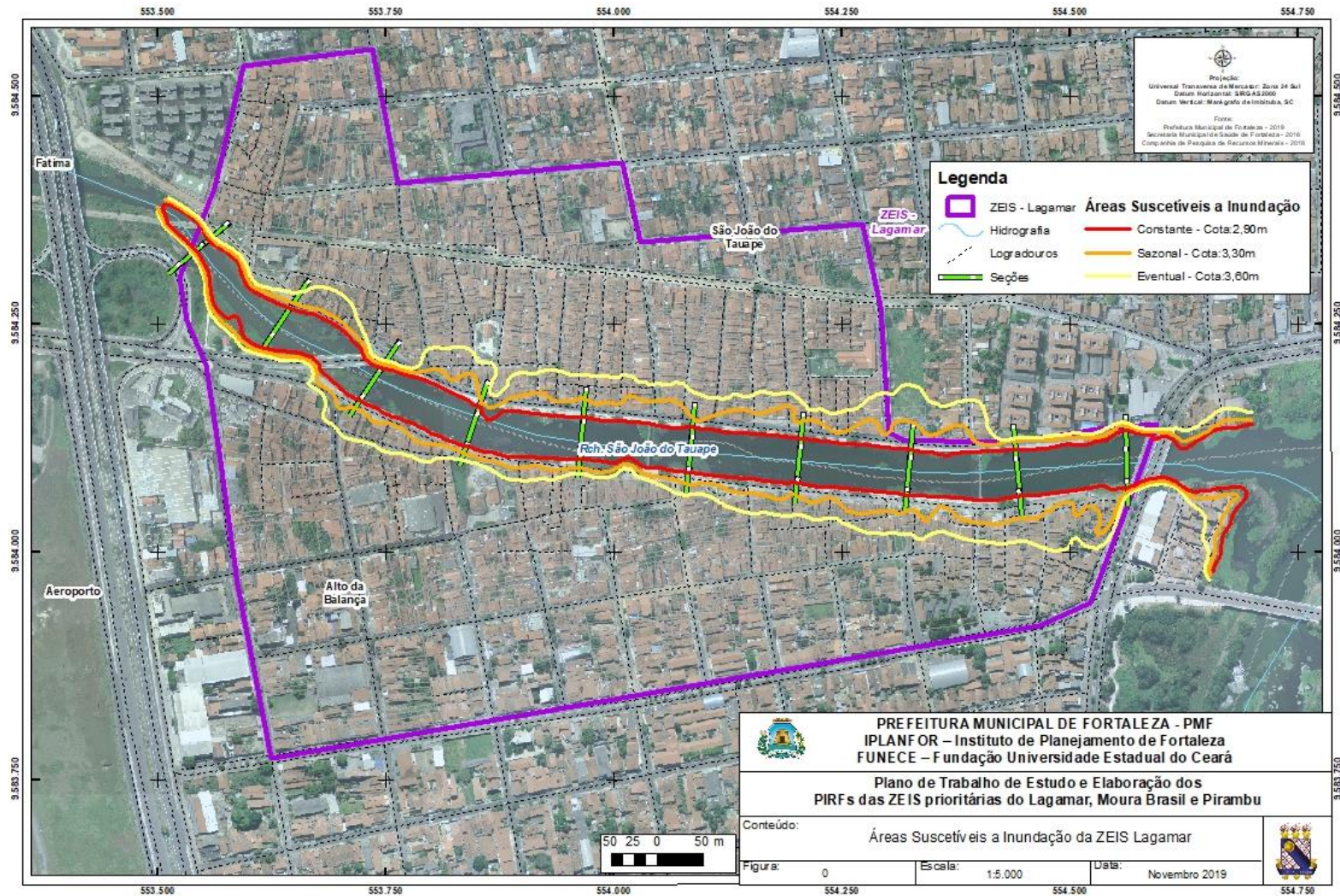
Quadro 6 – Máximas registradas de chuvas de projeto x deflúvio x cota de inundação aos tempos de recorrência adotados

Indicadores	Tempos de Recorrência (anos)					
	5	10	15	25	50	100
Precipitação (mm)	116.5	129.0	135.8	143.9	154.5	164.6
Vazão (m ³ /s)	130.7	149.9	160.3	172.7	188.9	204.5
Cota de Inundação (m)	2.9	3.1	3.2	3.3	3.4	3.6

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 38 apresenta o mapa das áreas de suscetibilidade a inundação do riacho Tauape ao trecho da ZEIS Lagamar.

Figura 38 – Áreas de suscetibilidade a inundação na ZEIS Lagamar



Fonte: Elaboração própria.

6 PERIGOS NATURAIS E PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

6.1 Áreas suscetíveis a eventos naturais danosos (perigos naturais)

Os sistemas urbanos experimentam, frequentemente, a ação de eventos naturais externos que desafiam sua capacidade de resistência e resiliência. Por sua vez, a resistência e a resiliência dependerão da organização da infraestrutura construída, que deve estar preparada para mitigar os efeitos indesejados dos fenômenos naturais, como alagamentos, inundações, movimentos de massa, erosão, entre outros.

De acordo com o EM-DAT (2020), mantido pelo CRED (*Centre of Research on the Epidemiology of Disaster*), no Brasil, entre os anos 1900 e 2016, 60% dos eventos danosos ocorridos foram relativos a inundações, 15% relativos a deslizamentos, 10% a tempestades, 9% a seca e 6% relativos a doenças ou outros eventos naturais como incêndios e outros.

Considerando o padrão histórico de ocupação que se deu no Ceará, associado à ocupação de áreas de planícies fluviais, aluviais e leitos de rios, é de se assumir que, mesmo sofrendo com as médias pluviométricas da região semiárida, os eventos de inundação acabaram se tornando frequentes nas cidades mais desenvolvidas. Apenas no Ceará, de acordo com o *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais* (2013), foram registradas oficialmente, entre os anos de 1991 e 2012, 273 ocorrências de inundações excepcionais que ocasionaram desastres.

A cidade de Fortaleza apresenta uma superfície construída bastante heterogênea em termos de qualidade da infraestrutura urbana. Essa superfície está situada em um ambiente geológico sedimentar que é naturalmente submetido a uma pluviometria média de 1.300mm por ano (IPECE, 2017), com registros regulares de eventos de chuvas extremas (acima de 100mm em intervalos de 24h). As características naturais apresentadas promoveram, ao longo do tempo, uma rede de drenagem com rios, riachos e lagoas perenes e um aquífero poroso subterrâneo.

A Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) Lagamar, que se constitui como objeto dessa análise, apresenta uma condição de ocupação precária, com uma infraestrutura de drenagem urbana deficiente, onde os eventos naturais ocorrem e provocam danos de diferentes níveis aos moradores. Cabe explicar que a maior parte dos perigos relacionados a eventos naturais está associada a eventos externos de precipitação que, com a impermeabilização da superfície e a infraestrutura de drenagem urbana deficiente, resulta em consequências negativas no âmbito social e econômico.

Nessa perspectiva de análise, é importante diferenciar conceitos relevantes como risco e perigo. Existe uma vasta literatura científica sobre o conceito de risco, que vem sendo usado em diferentes áreas do conhecimento, como a Economia, a Sociologia, a Geologia, a Geografia ou a Biologia. Essa diversidade de abordagens torna complexa a definição do que seja risco ou perigo; por isso, é necessário balizar os autores que efetivamente abordam risco e perigo associados a eventos naturais em conjunto com as alterações implementadas pela sociedade nos diversos sistemas ambientais.

A noção de risco pode ser concebida como uma probabilidade à ocorrência de um evento, somado às possíveis consequências de ordem social, econômica ou ambiental. Nessa linha, UN-ISDR (2020) e Castro, Peixoto e Rio (2005) consideram que o risco é a combinação da probabilidade de um evento, em que há uma exposição ao perigo, e as consequências negativas, como perdas e prejuízos humanos em função de processos de ordem natural, combinados com o contexto de alteração antrópica dos sistemas naturais.

É possível compreender o risco a partir de uma noção de tempo e de um determinado recorte espacial, onde os agentes ambientais, socioeconômicos e tecnológicos atuarão em sua especificação.

Marandola e Hogan (2005, p 46) conceituam risco como “uma situação, uma condição futura que traz a incerteza e insegurança. Assim existem regiões de risco e em risco (que podem apresentar problemas e já apresentam)”. Estar em risco é estar suscetível a ocorrência de um *hazard*³.

Segundo Veyret (2007, p. 24), o risco pode ser definido como “a percepção de um indivíduo ou grupo de indivíduos da probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente perigoso e causador de danos, cujas consequências são uma função da vulnerabilidade intrínseca desse grupo ou indivíduo”.

Tominaga, Santoro e Amaral (2012) consideram dois elementos na formulação do risco: o perigo e a vulnerabilidade. Com isso, percebe-se que o perigo é um dos componentes do risco e pode ser definido como a possibilidade de ocorrência de um fenômeno com potencial de causar danos. Já a vulnerabilidade se refere ao grau de suscetibilidade de um determinado ambiente ou território ser atingido por danos sociais, econômicos e ambientais.

White (1974) encontra um sentido explicativo para termo perigo, ao indicar que se considere como

³Perigo [tradução nossa].

uma interação entre pessoas e natureza governadas pelo estado de coexistência e ajuste do sistema de uso humano, o estado da natureza quanto a este sistema de uso humano, bem como quanto aos sistemas de eventos naturais”, categorizando o *Perigo* como “todo parâmetro da biosfera sujeito a flutuações estacionais, anuais ou seculares que afetam o homem em seu ajuste, magnitude, frequência, ação e extensão (WHITE, 1974, p. 73).

Os perigos são, dessa forma, apenas aqueles eventos que estão em relação ou ocorrendo em áreas já ocupadas, gerando danos, perdas e colocando em perigo os habitantes dessas áreas, configuradas, pela relação com a habitação e possibilidade ou existência factual de um perigo, como áreas de risco. Nota-se, a partir desse descritivo, que os perigos não são necessariamente naturais, sendo essa nomenclatura – *natural* – muito mais ligada à origem geoambiental dos eventos de perigo. O perigo, assim, ocorre na interface da relação entre sociedade e natureza, sendo capaz de causar danos graves onde ocorra (ANEAS DE CASTRO, 2000)

Smith (2001, p. 392) define perigo como “uma ameaça potencial para as pessoas e seus bens, enquanto risco é a probabilidade da ocorrência de um perigo e de gerar perdas”.

Tominaga, Santoro e Amaral (2012, p. 151) estabeleceram as seguintes definições:

[...] perigo: Refere-se à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer num determinado local e num período de tempo especificado.

.....

[...] vulnerabilidade: Conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, o qual aumenta a susceptibilidade de uma comunidade ao impacto dos perigos. A vulnerabilidade compreende tanto aspectos físicos (resistência de construções e proteção de infraestrutura), como fatores humanos, tais como econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais.

.....

[...] risco: É a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem. Assim, considera-se o Risco (R) como uma função do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (DP), o qual pode ser expresso como: $R = P \times V \times DP$ (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2012, p. 151).

Das definições apresentadas, o risco existe quando há um perigo com potencial de causar danos socioeconômicos. Dessa forma, é fundamental a espacialização dos perigos e riscos através de representações cartográficas, sobretudo nos projetos voltados para o planejamento ambiental. Com a facilidade no acesso às técnicas de geoprocessamento, as metodologias de mapeamentos de risco e perigo tiveram um grande desenvolvimento nas

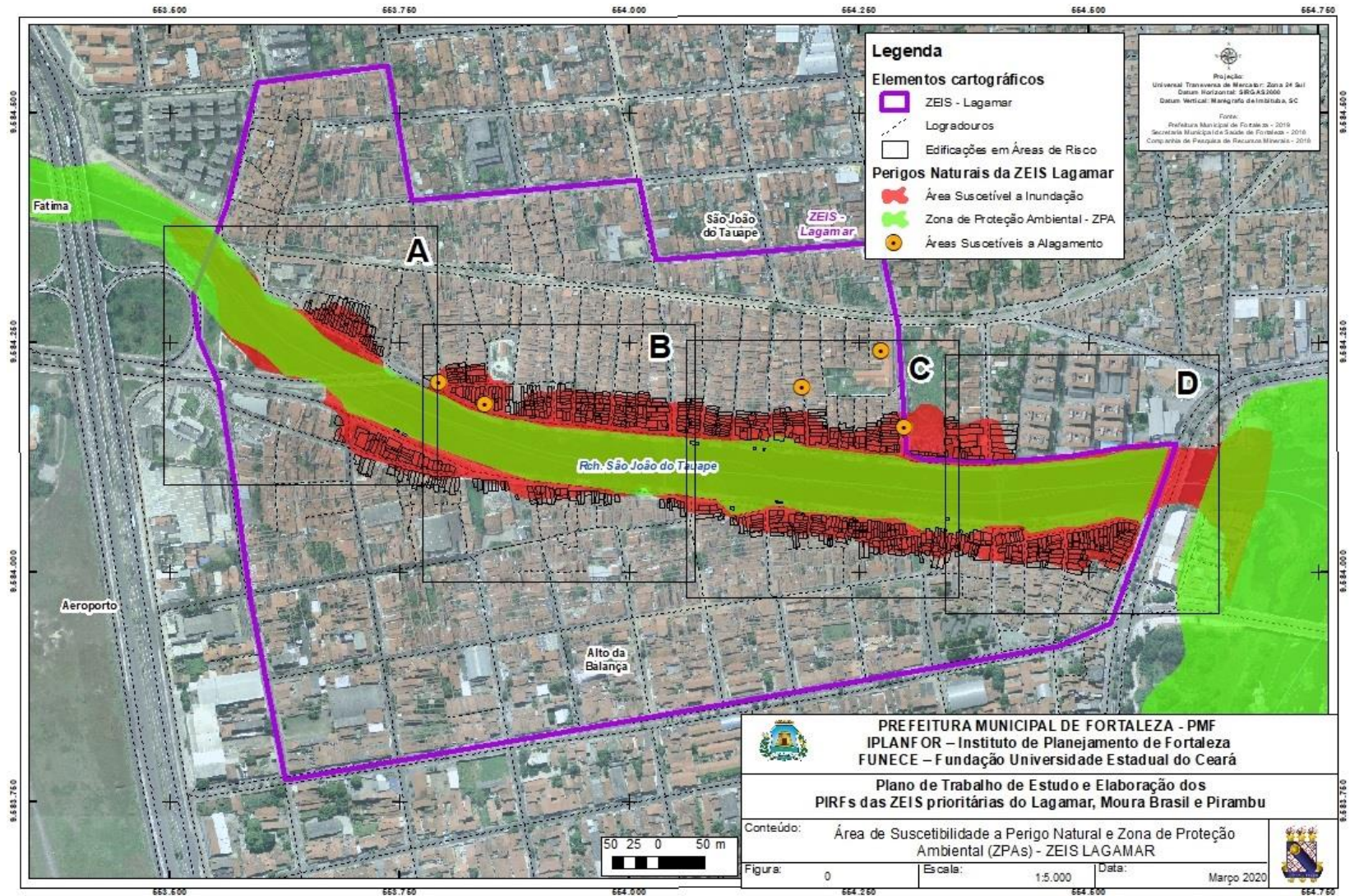
últimas décadas, contribuindo sobremaneira para implementação de políticas públicas voltadas para essa temática.

Do ponto de vista metodológico, optou-se neste trabalho por identificar e mapear os perigos existentes nos territórios da ZEIS Lagamar. No Diagnóstico físico-ambiental, foi constatado que os principais perigos na referida ZEIS são referentes a eventos de inundações. A probabilidade de ocorrência desses perigos foi discutida e interpretada de forma qualitativa e quantitativa, considerando os registros históricos, as entrevistas e oficinas realizadas com moradores, assim como a própria natureza dos perigos.

Optou-se por não abordar a questão da vulnerabilidade e, conseqüentemente, os riscos, pois, devido às dificuldades em relação à escala de abordagem, seria muito difícil estabelecer a vulnerabilidade específica dentro do território da ZEIS. Contudo, sabe-se que, na escala do município de Fortaleza, as ZEIS são territórios que reúnem um conjunto de características que os tornam fortemente vulneráveis aos perigos, como ausência de planejamento da ocupação; estruturas construídas de baixa qualidade; proximidade de áreas com intensa dinâmica natural como margem de rios e encostas; ineficiência dos sistemas de drenagem urbana etc.

Face ao exposto, com base em interpretações feitas a partir da observação em campo, revisões bibliográficas e com o uso de técnicas de geoprocessamento, a Figura 39 apresenta as áreas suscetíveis a eventos naturais danosos (perigos naturais) para a ZEIS Lagamar. As figuras 40, 41, 42 e 43 mostram a mesma área em maior detalhe.

Figura 39 – Mapa de perigos naturais na ZEIS Lagamar



Fonte: Autoria própria.

Figura 42 – Mapa de perigos naturais na ZEIS Lagamar em maior detalhe



Fonte: Autoria própria.

Figura 43 – Mapa de perigos naturais na ZEIS Lagamar em maior detalhe



Fonte: Autoria própria.

6.2 Propostas de intervenção

O Diagnóstico elaborado pelo Caderno Físico-ambiental possibilitou uma interpretação abrangente sobre os problemas oriundos do uso e da ocupação do solo na ZEIS Lagamar. A partir das informações geradas na fase de pesquisa e análise, foi possível estabelecer propostas de intervenção que deverão direcionar ações práticas a fim de melhorar a qualidade ambiental no território da ZEIS.

As propostas de intervenção têm por finalidade minimizar e/ou erradicar processos naturais perigosos identificados, utilizando, para isso, obras de engenharia específicas, como construção de sistemas de drenagem e ações de educação ambiental. As propostas estão listadas a seguir, de acordo com sua ordem de importância e prioridade.

- a) Aumento do nível topográfico das áreas marginais ao canal do riacho Tauape (canal do Lagamar)⁴, identificadas no mapa da Figura 1 como área de perigos naturais, de maneira a evitar a ocorrência de eventos de inundações, além viabilizar um melhor funcionamento da rede de drenagem pluvial e de esgotamento sanitário que já se encontra próximo do nível de base, o que acaba dificultando seu adequado escoamento topográfico.
- b) Ressalta-se que a permanência das residências nas áreas de perigo de alagamento identificadas no mapa da Figura 1 só deve ser assegurada caso as obras de aumento do nível topográfico realmente ocorram. Caso contrário, defende-se a realocação das residências de modo planejado e participativo, pois se trata de uma área de elevado perigo associado a eventos de inundação.
- c) Dragagem do canal do Lagamar de maneira a retirar o lixo e a vegetação, contribuindo com a intensificação do fluxo e sensível atenuação da ocorrência de eventos de inundação.
- d) Ampliação dos diques laterais que protegem as áreas susceptíveis ao extravasamento de água no canal do Lagamar.
- e) Redimensionamento da rede de galerias pluviais em função da quantidade de água pluvial e/ou servida que o sistema deve conduzir.

⁴ Consultar também as proposições do Plano Urbanístico referentes às soluções para erradicação do risco de alagamento.

- f) Criação de um sistema de comunicação e alerta para que a comunidade do Lagamar possa ter uma fonte de informação de qualidade sobre a possibilidade de ocorrência de eventos extremos de chuvas.
- g) Intensificação da fiscalização nas ruas adjacentes ao canal do Lagamar com relação à disposição irregular de resíduos sólidos.
- h) Avaliação e monitoramento acerca da qualidade da água de poços que é utilizada para consumo humano no Lagamar.
- i) Avaliação da possibilidade de reduzir a quantidade de cloro na água de abastecimento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), sem que isso represente risco de contaminação, para que esta seja uma opção mais utilizada no consumo humano.
- j) Criação de um programa de financiamento para que os moradores possam interligar suas casas à rede de esgoto da CAGECE.
- k) Fomento a ações de educação em saúde ambiental⁵ para que a população possa ser conscientizada sobre seu papel para a melhoria da qualidade ambiental do Lagamar, em especial sobre a adequada disposição de resíduos sólidos.

⁵ Consultar também as proposições do Caderno de Geração de Trabalho e Renda, pautadas em princípios de gestão ambiental.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Zonas Especiais de Interesse Social constituem áreas cujo planejamento urbano representa um grande desafio para o poder público municipal. Suas vulnerabilidades socioambientais associadas às características do meio físico natural, com possibilidade de eventos extremos, demandam estudos socioambientais detalhados, voltados para a tentativa de harmonizar as implicações das relações sociais com a natureza.

Tais estudos pressupõem uma análise multi e interdisciplinar, envolvendo profissionais das áreas de ciências humanas e da natureza, tentando interpretar o contexto socioambiental local, além de profissionais voltados para a área específica de requalificação urbana, com metas direcionadas para otimizar e racionalizar o uso dos espaços públicos e privados.

Nessa perspectiva, o presente Diagnóstico e as suas proposições representam uma etapa fundamental na elaboração de Plano Integrado de Regularização Fundiária-PIRF para a ZEIS Lagamar, tendo em vista a necessidade de se conhecer as potencialidades e limitações do meio físico, de maneira a se propor a elaboração e execução de políticas públicas de planejamento ambiental e ordenamento territorial, que pressupõem a qualidade e a integração das variáveis sociais, econômicas, ambientais e institucionais.

Vale ressaltar que as propostas aqui apresentadas podem e devem ser articuladas com as proposições elaboradas pelos demais cadernos, principalmente com o Plano Urbanístico, assim como o Plano de Regularização Fundiária, Geração de Trabalho e Renda, Participação Comunitária e Desenvolvimento Social, que, assim como este, também visam atender às questões técnicas e às diversas necessidades relatadas pelos próprios moradores. Este esforço coletivo teve o intuito de gerar esta contribuição – de caráter interdisciplinar – para a melhoria da qualidade urbana e socioambiental da ZEIS Lagamar.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste brasileiro. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 19, p. 1-38, 1969.

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos**: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará. 278f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2010.

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R.; MACHADO JÚNIOR, D. L.; DEHIRA, L. K. Magmatismo pós-paleozóico no Nordeste oriental do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 18, n. 4, p. 451-462, 1988.

ANEAS DE CASTRO, S. D. Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. **Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, n. 60, 2000. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>. Acesso em: 23 fev. 2020.

ARAI, M. A. Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP, Série Científica**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

ARAÚJO, L. H. S. **Diagnóstico georreferenciado do uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente (APP) da sub-bacia B1, Bacia do rio Cocó, Fortaleza-CE**. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

ARAÚJO, F. E.; ANJOS, R. S.; ROCHA-FILHO, G. B. Cartografia social: conceitos, métodos e aplicações. **Boletim Geográfico**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 128-140, 2017.

ATLAS brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012. 2. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. p. 104.

BARBOSA, S. E. S.; BARBOSA JÚNIOR, A. R.; SILVA, G. Q.; CAMPOS, E. N. B.; RODRIGUES, V de C. Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para bacia do rio do Carmo, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, jan./mar. 2005.

BENTO, V. R. S. **Centro e periferia em Fortaleza sob a ótica das disparidades na infraestrutura de saneamento básico**. 2011. 173 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

BEVEN, K. Infiltration, soil moisture, and unsaturated flow. In: BOWLES, D. S.; O'CONNELL, P. E. (Eds.) **Recent advances in the modeling of hydrologic systems**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, cap. 7, p. 137-151, 1991.

BEZERRA, F. H. R.; AMARO, V. E.; VITA-FINZI, C.; SAADI, A. Pliocene-quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 14, p. 61-75, abr. 2001.

BIGARELLA J. J.; PASSOS, E.; HERRMANN, M. L. P. SANTOS, G. F. MENDONÇA, M. SALAMUNI, E.; SUGUIO, K. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2007. v. 3. 1436p.

BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). **Arquivos UR. ICT**, n. 2, p. 1-14, 1964.

BRANDÃO, R. L. **Sistema de informações para gestão e administração territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto SINFOR**. Diagnóstico Geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: CPRM, 1995.

BRASIL. Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. **Legislação**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 7 jan. 2020.

BRASIL. Lei Nº 12.651 de 25 de março de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Legislação**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 05 dez. 2019.

CABRAL, S. L.; CAMPOS, J. N. B.; SILVEIRA, C. S.; TEIXEIRA, F. A. A. Integração do SIG, HEC/HMS e HEC/RAS no mapeamento de área de inundação urbana: aplicação à bacia do rio Granjeiro-CE. **Geociências**, UNESP, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 90-101, 2016.

CÂMARA, G., MEDEIROS, J. S. Princípios Básicos em Geoprocessamento *in*: ASSAD. E. D. **Sistema de Informações Geográficas**. Aplicações na agricultura. 2. ed., rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA – SPI/ EMBRAPA – CPAC, 1998.

CANAL do Lagamar transborda e invade casas e deixa moradores ilhados em Fortaleza. **G1 CEARÁ**, Fortaleza, 02 abr. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2019/04/02/canal-do-lagamar-transborda-e-invade-casas-e-deixa-moradores-ilhados-em-fortaleza.ghtml>>. Acesso em: 22 dez. 2019.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N.; RIO, G. A. P. Riscos ambientais e Geografia: conceituação, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 28, n. 2, p. 11-30, 2005.

CEARÁ (Estado). Lei nº 14.390, de 07 de julho de 2009. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação – SEUC. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, 9 jul. 2009. Série 3, ano 1, n. 125, p. 1.

CEARÁ (Estado). Decreto nº 32.248, de 07 de junho de 2017. Dispõe sobre a criação da unidade de conservação estadual de proteção integral denominada Parque Estadual do Cocó. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, 08 jun. 2017. Série 3, ano 9, n. 108, p. 1.

CIRILO, J. A. **Análise dos processos hidrológico-hidrodinâmicos na bacia do Rio São Francisco**. 185 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1991.

CLAUDINO SALES, V. **Les littoraux du Ceará. Evolution geomorphologique de la zone côtière de l'État du Ceará, Brésil – du long terme au court terme**. 511p. Thèse de Doctorat, Université Paris Sorbonne, Paris, 2002.

CLAUDINO SALES, V. Os litorais cearenses. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. (Orgs.). **Ceará: Um Novo Olhar Geográfico**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007, 480 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza. **Projeto SINFOR**: mapa geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Texto explicativo: CPRM, 1995. 34 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará**. Mapa na escala 1:500.000. Fortaleza: CPRM/Ministério das Minas e Energia, 2003. 1 CD-ROM.

DEMANGEOT, J. Essai sur le relief du nord-est résilien. **Annales de Géographie**, Paris, v. 372), p. 157-176, 1960.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários**: escopos básicos/instruções de serviço. 3 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/726_diretrizes_basicas-escopos_basicos-instrucoes_de_servico.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2019.

DRESCH, J. Les problèmes géomorphologiques du nord-est Brésilien. **Bulletin de l'Association de Géographes Français**, Paris, v. 263/264, p. 4 -59, 1957.

EM-DAT – The Internacional Disaster Database. **Center for Research on the Epidemiology of Disasters**. Disponível em: <<https://www.emdat.be/database>>. Acesso em: 12 mar. 2020.

ENGSAT, Engesat Imagens de Satélites e Geotecnologia. **LANDSAT 8**. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

ESTEVES, F. A. Comunidade de macrófitas aquáticas. In: ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, p. 316-373.

FORTALEZA (Prefeitura Municipal). Lei Complementar Nº 062, de 2 de fevereiro de 2009. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Ano LVI, n. 14.020, Fortaleza, 13 de março de 2009, p.1-520.

FORTALEZA (Prefeitura Municipal). **Plano municipal de saneamento básico**: drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do município de Fortaleza. Fortaleza: SEUMA, 2015. 232p.

FORTALEZA registra segunda maior chuva desde 1974, segundo fundação. **G1 CEARÁ**, Fortaleza, 27 mar. 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ceara/noticia/2012/03/fortaleza-registra-segunda-maior-chuva-desde-1974-segundo-fundacao.html>>. Acesso em: 1 dez. 2019.

FREITAS, C. F. S. Ilegalidade e degradação em Fortaleza: os riscos do conflito entre a agenda urbana e ambiental brasileira. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 6, n. 1, p. 109-125, 2014.

FREITAS, L. C. L. **A qualidade do ar na região metropolitana de Fortaleza-CE sob a perspectiva do sistema clima urbano**. 2016. 195f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Base de dados pluviométricos**. Fortaleza: FUNCEME, 2019. Disponível em: <http://www.funceme.br/?page_id=2694>. Acesso em: 23 out. 2019.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza**. 2019. Disponível em: <http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Grafico_chuvas_postos_pluviometricos/entender/entender2.htm>. Acesso em: 20 dez. 2019.

GUERRA, A. E. Qualidade e eficiência dos serviços de saneamento. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de Saneamento 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 268p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=253096>>. Acesso em: 21 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados: Fortaleza**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/fortaleza.html>>. Acesso em: 19 dez. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil municipal 2017 – Fortaleza**. Fortaleza: IPECE, Ano 1, 18 p., 2018. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Fortaleza_2017.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Panorama socioeconômico das regiões metropolitanas cearenses**. Fortaleza: IPECE, n. 1, 40 p., 2018. Disponível em: <<https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-metropolitano/>>. Acesso em: 7 jan. 2020.

KRONEMBERGER, D. M. P.; PEREIRA, R. S.; FREITAS, E. A. V.; SCARCELLO, J. A.; CLEVELARIO JUNIOR, J. Saneamento e meio ambiente. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de Saneamento 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=253096>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

LIMA, J. S. Q. **Desastres ambientais nos assentamentos precários da cidade de Fortaleza-Ceará-Brasil: riscos derivados da integração entre vulnerabilidade social e ameaças naturais**. 2018. 193 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2018.

MABESOONE, J. M; CASTRO, C. Desenvolvimento geomorfológico do Nordeste brasileiro. **Boletim do Núcleo Nordeste, SBG**, Recife, v. 3, p. 5-36, 1975.

MAGALHÃES, G. B. **Comportamento espaço-temporal da dengue e sua relação com os elementos atmosféricos e socioeconômicos em Fortaleza/CE**. 2015. 265f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

MAIA, L. P.; GASTÃO, F. G. C.; TATUMI, S. H.; LACERDA, L. D. A utilização do método de luminescência opticamente estimulada para adaptação de sedimentos de dunas costeiras do nordeste setentrional do Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 2, p. 103-115, 2011.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e riscos: entre Geografia e Demografia. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, São Paulo, v. 22, n.1, p. 29-53, jan./jun. 2005.

MIZUSAKI, A. M. P., THOMAZ FILHO, A. O magmatismo pós-paleozóico no Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (Eds.). **Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 471-486.

MONTEIRO, L. R.; KOBIYAMA, M. Proposta de metodologia de mapeamento de perigo de inundação. **REGA**, v. 10, n. 2, p.13-25, jul./dez. 2013.

MONTEIRO, J. B. **Desastres naturais no estado do Ceará: uma análise de episódios pluviométricos extremos**. 2016. 256f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

MORADORES do Lagamar reivindicam por infraestrutura. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 17 de mar. 2004. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/metro/moradores-do-lagamar-reivindicam-uma-melhor-infra-estrutura-1.460992>>. Acesso em: 1 dez. 2019.

MOURA, M. O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico**. 2008. 318f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MOURA, M. O.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Ilhas térmicas na cidade de Fortaleza. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 28, n. 2, 2008.

NASA, National Aeronautics and Space Administration. **Landsat Science**. Disponível em: <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 480p.

NUNES, F. C.; SILVA, E. F.; VILAS BOAS, G. S. Grupo Barreiras: características, gênese e evidências de neotectonismo. 2. ed. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 194**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 31p.

O QUE CONTRIBUI para as enchentes e compromete os recursos hídricos em Fortaleza. **O POVO**, Fortaleza, 17 abr. 2019. Disponível em: <<https://www.opovo.com.br/jornal/2019/04/16/as-veias-abertas-de-fortaleza.html>>. Acesso em: 3 dez. 2019.

OLÍMPIO, J. L. S.; ZANELLA, M. E. Emprego das tecnologias da geoinformação na determinação das vulnerabilidades natural e ambiental do município de Fortaleza/CE. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64, v.1, p. 1-14, 2012.

PAIVA, J. P. M. **Clima e ambiente construído**: o caso dos conjuntos habitacionais de Fortaleza/CE. 2018. 273f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros**. São Paulo: Instituto de Bio-ciências da USP, 2017. 138p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. Oficina de Textos, 2015.

RIBEIRO, R. S. **Intercomparação de modelos hidrodinâmico e hidráulico no estudo de rio estuarino**. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2005.

RIOS, D. A. M. **Ecosistema de manguezal do rio Cocó – Fortaleza/CE**: análise dos aspectos socioambientais. 97f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2009.

SAADI, A.; BEZERRA, F. H. R.; COSTA, R. D.; IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E. Neotectônica da Plataforma Brasileira. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Eds.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 211-234.

SANTOS, J. O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016. 188p.

SÃO PAULO (Prefeitura Municipal). **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999. 289 p.

SCHUBERT, C. **Atlas eólico e solar do Ceará**. Fortaleza: ADECE/ FIEC/SEBRAE, 2019.

SMITH, K. **Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster**. 3. ed. London: Routledge, 2001. p. 392.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, v. 1, n. 1, p. 73-91, 1988.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C. (Org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. p. 06-104.

SOUZA, M. J. N.; MENELEU NETO, J.; SANTOS, J. O.; GONDIM, M. S. **Diagnóstico geoambiental do município de Fortaleza**: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à

revisão do Plano Diretor Participativo (PDPFor). Fortaleza: Prefeitura de Fortaleza, 2009. 175 p.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 336p.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012, p. 196.

TUCCI, C. E. M. Escoamento Superficial. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. TUCCI, C. E. M. (Org.) 2 ed. Porto Alegre. Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, p. 391-441, 2000.

UN-ISDR. **Terminology: basic terms of disaster risk reduction**. Disponível em: <https://www.unisdr.org/files/7817_7819isdrterminology11.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2020.

USGS, United States Geological Survey. **Landsat Missions, Landsat 8**. Acesso em: 25 nov. 2019. Disponível em: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con>.

VANDOROS, P.; OLIVEIRA, M. A. F. Sobre o fonólito de Mecejana, Ceará. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 40, n. 2, p. 203-206, 1968.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007. 320p.

VILAS BOAS, G. S.; SAMPAIO, F. J.; PEREIRA, A. M. S. The Barreiras Group in the northeastern coast of the State of Bahia, Brasil: depositional mechanisms and processes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 3, p. 417-427, 2001.

WHITE, G. F. (Ed.) **Natural Hazards: local, national, global**. New York: Oxford University Press, 1974. p. 288.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.

ZANELLA, M. E.; MELLO, N. G. S. Eventos pluviométricos intensos em ambiente urbano: Fortaleza, o episódio do dia 29/01/2004. In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J. A. (Orgs.). **Litoral e sertão: natureza e sociedade no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, p. 175-186, 2006.

ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Impactos pluviais em Fortaleza – CE na perspectiva do sistema clima urbano – subsistema hidrometeorológico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 7, 2016.

ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L.; ABREU, N. J. A. Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza-CE. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, n. 1, p. 53-68, 2009.