



Uema
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO MARANHÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – CECEN
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – DEGEO
CURSO DE GEOGRAFIA

JOÃO EUDES SILVA DE LIMA

**ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES NO BAIRRO LIMA VERDE EM PAÇO DO
LUMIAR - MA**

São Luís – MA

2025

JOÃO EUDES SILVA DE LIMA

**ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES NO BAIRRO LIMA VERDE EM PAÇO DO
LUMIAR - MA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Geografia - Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito básico para a conclusão do curso.

Orientadora: Profa. Dra. Quésia Duarte da Silva

São Luís – MA

2025

Lima, João Eudes Silva de.

Alagamentos e inundações no bairro Lima Verde em Paço do Lumiar MA.
/ João Eudes Silva de Lima. – São Luís, MA, 2025.

103 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Geografia Licenciatura) –
Universidade Estadual do Maranhão, 2025.

Orientadora: Profa. Dra. Quésia Duarte da Silva.

1. Suscetibilidade. 2. Alagamentos. 3. Inundações. 4. Urbanização.
5. Lima Verde. I. Título.

CDU:551.312.2+532.333 (812.1)

Elaborado por Luciana de Araújo - CRB 13/445

JOÃO EUDES SILVA DE LIMA

**ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES NO BAIRRO LIMA VERDE EM PAÇO DO
LUMIAR - MA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Geografia - Licenciatura da
Universidade Estadual do Maranhão, como
requisito básico para a conclusão do curso.

Orientadora: Profa. Dra. Quésia Duarte da
Silva

Aprovado em: 25 de Junho de 2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **QUESIA DUARTE DA SILVA**
Data: 12/08/2025 09:46:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dra. Quésia Duarte da Silva (Orientadora)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Documento assinado digitalmente
 **ANDREZA DOS SANTOS LOUZEIRO**
Data: 12/08/2025 10:46:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dra. Andreza dos Santos Louzeiro (Avaliador 1)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Documento assinado digitalmente
 **VINICIUS VALE DIONIZIO FRANCA**
Data: 12/08/2025 11:11:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Vinnícius Vale Dionizio França (Avaliador 2)
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Dedico este trabalho a Deus, por ser minha fonte de força e inspiração. À minha família e aos amigos, que me incentivaram e apoiaram constantemente.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho é resultado de um longo processo de dedicação, esforço e superação. Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder força, sabedoria e serenidade para enfrentar cada desafio ao longo dessa caminhada.

Manifesto minha gratidão à Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pelo incentivo à pesquisa e pela oportunidade de formação acadêmica de qualidade. Ao Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento (GEOMAP) e a todos os seus integrantes, pelo acolhimento, disponibilidade e troca constante de conhecimentos.

Aos amigos de turma Kelvin Barbosa, Slatter Jhunion, Gabriel Ferreira, Marcos André e João Felipe e aos amigos do curso de Geografia Weslem Jhony e Wadrian Santos, minha sincera gratidão pela convivência, apoio mútuo e companheirismo nos momentos mais exigentes da trajetória acadêmica. Ao Prof. Ricardo Santana, agradeço pelas valiosas orientações e pelo incentivo constante durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Em especial, expresso meus agradecimentos às minhas orientadoras, Prof.^a Dr.^a Quésia Duarte da Silva e Prof.^a Dr.^a Andreza dos Santos Louzeiro, pela dedicação, paciência e confiança em meu potencial. O comprometimento e a orientação de ambas foram fundamentais para a concretização deste trabalho.

Ao meu tio, o geógrafo Josiel Ribeiro Ferreira, sou grato não apenas pelas orientações e pelo apoio constante, mas também pelas conversas enriquecedoras sobre suas muitas experiências no estado do Maranhão. Agradeço à minha mãe, Maria Suely Silva de Lima, ao meu pai, Eudes Silva de Lima, à minha irmã, Helena Silva de Lima, à minha avó, Maria José Silva de Lima e ao meu avô, (*in memoriam*) Antônio Salustiano de Lima Filho, por todo o amor, incentivo e apoio ao longo da minha vida acadêmica. Agradeço, ainda, a todos os meus familiares tios, tias, primos e primas pelo carinho e encorajamento.

Aos moradores do bairro Lima Verde, minha gratidão por colaborarem com esta pesquisa. Ao corpo docente do curso de Geografia da UEMA, Campus Paulo VI, agradeço pelo conhecimento compartilhado e pelas contribuições fundamentais à minha formação.

Agradeço a uma pessoa especial, Mailma Nascimento dos Santos, cujo apoio foi essencial para que eu mantivesse a persistência e a motivação ao longo de minha formação acadêmica. Sua presença fez toda a diferença.

Por fim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional. A cada um, meu muito obrigado!

RESUMO

A fim de entender melhor os fenômenos dos alagamentos e inundações em áreas urbanas, foi escolhido como objeto de estudo o bairro Lima Verde, localizado no município de Paço do Lumiar. Este trabalho tem como objetivo principal analisar as áreas suscetíveis a alagamentos e inundações no bairro Lima Verde. A área possui um crescimento urbano acelerado, com a presença de condomínios, comércios e shopping centers, sendo esse um dos principais fatores responsáveis pela alteração da paisagem natural e pela intensificação de fenômenos como alagamentos e inundações. Para compreender a dinâmica da área de estudo, foi feito o levantamento bibliográfico sobre temas relacionados a urbanização, ciclo da água e alagamentos e inundações. Além de mapeamento temático e visitas de campo, no qual foi possível identificar e georreferenciar nove pontos de ocorrência distribuídos ao longo das vias Estrada do Cajueiro e MA – 201, Estrada de São José de Ribamar. Foi realizado a caracterização físico-natural da área de estudo, contextualizando as características naturais e antrópicas no bairro Lima Verde, como: geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, clima, hidrografia, solos e uso e cobertura da terra, evidenciando como essas características contribuem para a análise da suscetibilidade para alagamentos e inundações no bairro Lima Verde. A pesquisa se baseou na metodologia abordada por Louzeiro (2022), baseada na ficha de campo de Guerra *et al* (2009), que consiste na análise de variáveis que influenciam na intensificação dos fenômenos naturais como alagamentos e inundações, desta forma foi possível classificar determinadas variáveis em níveis de exposição, como: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto, determinando valores de 0 a 1,0 em intervalos de 0,25 décimos, esse processo é denominado de normalização dos níveis de exposição segundo Louzeiro (2022). Esse procedimento foi aplicado em 3 pontos mais críticos dos 9 pontos mapeados com ocorrências de alagamento e inundação no bairro Lima Verde. Para cada ponto crítico foi aplicado a ficha de campo para alagamento e outra para inundação, totalizando 6 fichas de campo. Posteriormente esses dados já normalizados, foi efetuado o cálculo da média aritmética, essa média serviu para definir os setores de maior suscetibilidade para alagamentos e inundações. Que apontaram níveis elevados de suscetibilidade tanto para alagamentos como inundações, demonstrando a necessidade de medidas mais eficazes para amenizar os danos sofridos pela população.

Palavras-chave: Suscetibilidade; Alagamentos; Inundações; Urbanização; Lima Verde.

ABSTRACT

In order to better understand the phenomena of flooding in urban areas, the Lima Verde neighborhood, located in the municipality of Paço do Lumiar, was chosen as the object of study. The main objective of this work is to analyze the areas susceptible to flooding in the Lima Verde neighborhood. The area has accelerated urban growth, with the presence of condominiums, businesses and shopping centers, which is one of the main factors responsible for the alteration of the natural landscape and the intensification of phenomena such as flooding. In order to understand the dynamics of the study area, a bibliographic survey was carried out on topics related to urbanization, the water cycle and flooding. In addition to thematic mapping and field visits, in which it was possible to identify and georeference nine points of occurrence distributed along the roads of Cajueiro and MA-201, road São José de Ribamar. The physical-natural characterization of the study area was carried out, contextualizing the natural and anthropic characteristics in the Lima Verde neighborhood, such as: geology, geomorphology, hypsometry, slope, climate, hydrography, soils and land use and cover, highlighting how these characteristics contribute to the analysis of susceptibility to flooding in the Lima Verde neighborhood. The research was based on the methodology addressed by Louzeiro (2022), based on the field form by Guerra et al (2009), which consists of the analysis of variables that influence the intensification of natural phenomena such as flooding. In this way, it was possible to classify certain variables into exposure levels, such as: very low, low, medium, high and very high, determining values from 0 to 1.0 in intervals of 0.25 tenths, this process is called normalization of exposure levels according to Louzeiro (2022). This procedure was applied in the 3 most critical points of the 9 points mapped with occurrences of flooding in the Lima Verde neighborhood. For each critical point, a field form for flooding and another for inundation was applied, totaling 6 field forms. After this data was standardized, the arithmetic mean was calculated, which served to define the sectors most susceptible to flooding and inundation. These indicated high levels of susceptibility to both flooding and inundation, demonstrating the need for more effective measures to mitigate the damage suffered by the population.

Keywords: Susceptibility; Flooding; Inundations; Urbanization; Lima Verde.

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Mapa de localização do bairro Lima Verde município de Paço do Lumiar – MA.....	19
Mapa 2 – Mapa de Geomorfologia.....	53
Mapa 3 – Mapa de Hipsométrico.....	55
Mapa 4 – Mapa de Declividade.....	58
Mapa 5 – Mapa de Hidrografia.....	63
Mapa 6 – Mapa solos.....	66
Mapa 7 – Mapa de uso e cobertura da terra.....	71
Mapa 8 – Pontos de alagamentos e inundações.....	84
Mapa 9 – Suscetibilidade (inundação).....	90
Mapa 10 – Suscetibilidade (alagamento).....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo hidrológico.....	22
Figura 2 – Alagamentos, inundações e enchentes.....	27
Figura 3 – Banco de dados.....	31
Figura 4 – Normais climatológicos.....	32
Figura 5 – Gráfico de precipitação.....	33
Figura 6 – Elaboração de mapa e análise de dados geomorfológicos.....	34
Figura 7 – Mapeamento da rede drenagem.....	35
Figura 8 – Análise de imagem de satélite.....	37
Figura 9 – Imagem SRTM.....	38
Figura 10 – Ficha de vulnerabilidade a enchentes.....	40
Figura 11 – Normalização dos níveis de exposição.....	44
Figura 12 – Tabulação dos níveis de exposição.....	45
Figura 13 –Cálculo da média.....	45
Figura 14 –. Coluna estratigráfica.....	48
Figura 15 – Classificação da taxonomia do relevo.....	50
Figura 16 – Limites do bairro.....	69
Figura 17 – Reportagem hora extra.....	77
Figura 18 – Reportagens.....	78
Figura 19 – Pontos de alagamentos e inundações.....	79
Figura 20 – Estrada do Cajueiro.....	81
Figura 21 – Ficha de inundação ponto 1.....	86
Figura 22 – Ficha de inundação ponto 2.....	87
Figura 23 – Ficha de inundação ponto 3.....	88
Figura 24 – Ficha de alagamento ponto 1.....	91
Figura 25 – Ficha de alagamento ponto 2.....	92
Figura 26 – Ficha de alagamento ponto 3.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ficha de campo alagamentos e inundações.....	41
Quadro 2 – Ficha de campo variáveis inundação.....	42
Quadro 3 – Ficha de campo variáveis alagamento.....	43
Quadro 4 – Normalização estatística.....	44
Quadro 5 – Unidades do relevo.....	51
Quadro 6 – Classificação declividade.....	56
Quadro 7 – Tipos de solos.....	65
Quadro 8 – Classes de uso e cobertura.....	70
Quadro 9 – Pontos de alagamentos e inundações.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Precipitação acumulada de 2024.....	61
Tabela 2 – População residente por região 2010.....	68
Tabela 3 – População residente por região 2022.....	68
Tabela 4 – Classes de uso e cobertura.....	72
Tabela 5 – Classes de uso e cobertura vegetal.....	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Precipitação acumulada.....	59
Gráfico 2 – Gráfico de precipitação acumulada.....	60

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Pontos de alagamentos na MA – 201.....	74
Foto 2 – Placa de aviso.....	75
Foto 3 – Residenciais e comércios.....	76
Foto 4 – Estrada de ribamar alagada.....	78
Foto 5 – Estrada do Cajueiro.....	82
Foto 6 – Estrada de São José de Ribamar.....	83
Foto 7 – Estrada do Cajueiro bairro Lima Verde.....	83

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil

IMESC – Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos

ONU – Organização das Nações Unidas

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO CICLO DA ÁGUA E DA SUSCETIBILIDADE PARA ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES	21
2.1 Ciclo da água	21
2.2 Suscetibilidade para alagamentos e inundações.....	24
3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS-OPERACIONAIS.....	29
3.1 Levantamento bibliográfico.....	29
3.2 Mapeamento temático.....	30
3.3 Procedimentos técnicos para a caracterização físico-natural da área de estudo	32
3.4 Procedimentos operacionais da análise de variáveis relativos aos alagamentos e inundações	39
3.5 Trabalho de campo	46
4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-NATURAL DA ÁREA DE ESTUDO	48
4.1 Geologia.....	48
4.2 Geomorfologia	49
4.3 Hipsometria	54
4.4 Declividade.....	56
4.5 Clima	59
4.6 Hidrografia	62
4.7 Solos.....	64
4.8 Uso e cobertura da terra.....	67
5 SUSCETIBILIDADE A ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES NO BAIRRO LIMA VERDE.....	74
5.1 Alagamentos e inundações no bairro Lima Verde	74
5.2 Eventos recorrentes.....	76
5.3 Setores de Suscetibilidade	79
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS	98
APÊNDICE A – FICHA DE CAMPO DE INUNDAÇÃO	102
APÊNDICE B – FICHA DE CAMPO DE ALAGAMENTO	103

1 INTRODUÇÃO

A rápida urbanização e o crescimento desordenado das cidades têm gerado uma série de desafios, tanto na gestão do espaço urbano quanto na preservação ambiental. A ausência de um planejamento urbano adequado vem agravando os problemas sociais e provocando consequências ao meio ambiente. Conforme Tucci (1997, p.03), “o planejamento da ocupação do espaço urbano no Brasil, não tem considerado aspectos fundamentais, que trazem grandes transtornos e custos para a sociedade e para o ambiente”.

A população brasileira vive predominantemente em áreas urbanas, onde, em muitos casos, há uma falta de conscientização social sobre a importância da natureza. Esse problema é mais evidente em regiões que passaram por processos de ocupação desordenada, como apontado Guerra e Cunha (2001).

Para Carvalhais (2019, p. 9766), “o processo de uso e ocupação do solo sem planejamento urbano influencia nos desastres ambientais. O crescimento desordenado da sociedade e a desigualdade social geram ocupações inapropriadas”. Regiões mais distantes do fluxo urbano, desassistidas pelo poder público e de menor valor imobiliário, inicialmente não destinadas para moradia, são muitas vezes ocupadas por populações mais vulneráveis, que buscam alternativas acessíveis. Essas áreas se caracterizam por serem periferias urbanas, com infraestrutura precária sem valor atrativo para o mercado imobiliário formal, mas também zonas de risco e de preservação ambiental, como terrenos instáveis, matas nativas, encostas e regiões próximas a cursos d’água, além de terem baixo valor econômico, estão expostas a riscos ambientais significativos.

Segundo França (2019), a modificação da paisagem pelos agentes responsáveis pela organização do espaço, os proprietários fundiários, imobiliários e o poder público, favorece a ocupação dos melhores terrenos, como áreas planas e de baixa inclinação, por pessoas de maior poder aquisitivo. Em contrapartida, as áreas ambientalmente frágeis, como planícies, encostas íngremes e regiões próximas às nascentes são ocupadas pela população de baixa renda.

Essas regiões de maior risco ambiental estão mais suscetíveis às intempéries climáticas como grandes volumes de água, provenientes da chuva e também aos fenômenos hidrogeomorfológicos como os alagamentos, inundações e deslocamentos rápidos de solo e rochas.

Conforme as árvores são removidas, ruas pavimentadas, edifícios erguidos e encostas impermeabilizadas, além de rios serem canalizados e retificados, desencadeiam-se diversas reações geomorfológicas. Os fenômenos de alagamentos, enchentes, inundações,

enxurradas, erosões e deslizamentos de terra, tornam-se frequentes e, muitas vezes, não requerem chuvas intensas para acontecer (Guerra, 2012).

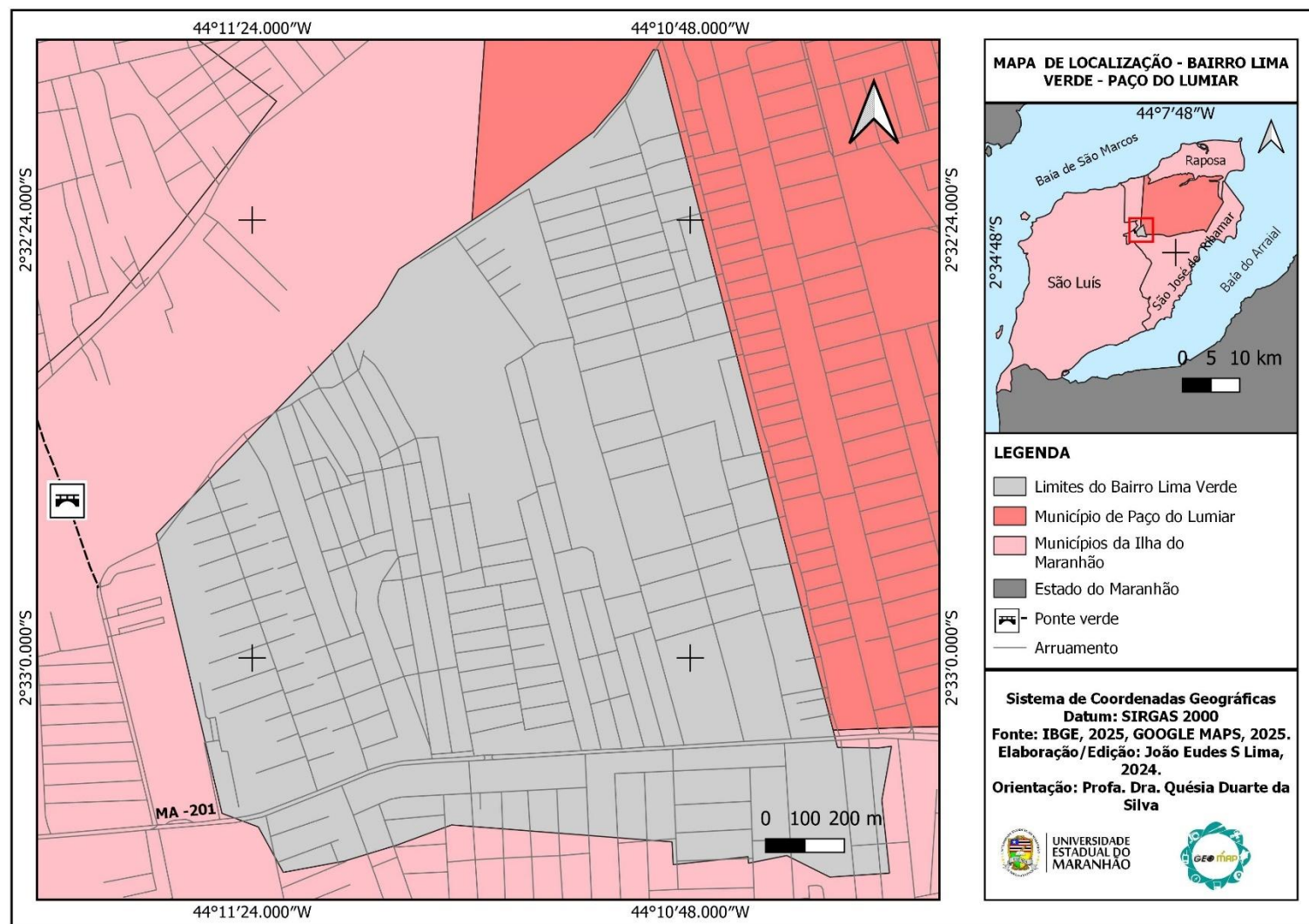
As enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos são fenômenos comuns em grandes cidades, principalmente durante os períodos chuvosos, e podem ocorrer por várias razões. Segundo Tucci e Bertoni (2003), as inundações podem ser causadas por eventos naturais, como as inundações ribeirinhas, que ocorrem quando o transbordamento do leito maior do rio é influenciado pela duração e intensidade das chuvas. Também podem ser desencadeadas pela urbanização que promove práticas de canalização dos cursos d'água e a impermeabilização do solo.

Segundo Fonseca, Farentz e Garcias (2019), os alagamentos geralmente ocorrem quando a infraestrutura de drenagem não consegue dar conta do volume de água das chuvas intensas, seja porque foi mal dimensionada ou porque está obstruída. Nessas situações, o escoamento da água na superfície não é devidamente conduzido, o que agrava o problema, especialmente em áreas com características físicas desfavoráveis.

Segundo Villela e Mattos (1975), existem alguns fatores que contribuem para ocorrência de enchentes, alagamentos e inundações. Entre eles, está o excesso de precipitações à montante, que aumenta o volume de água no canal do rio, ultrapassando sua capacidade de suportar a vazão durante uma enchente. Além disso, obstruções na rede de drenagem, como problemas estruturais, que deveriam evitar o transbordamento em determinado trecho, acabam deslocando o volume de água a jusante com maior força.

Devido a esses transbordamentos que acontecem no canal natural de um rio, intervenções são frequentemente realizadas para minimizar os impactos. Com o objetivo de controlar os transbordamentos e adequar o canal, diversas técnicas de manejo são empregadas, como a ampliação de canais e a implantação de sistemas de drenagem. Essas medidas visam melhorar a capacidade de escoamento e reduzir a suscetibilidade de novas enchentes e inundações.

No contexto da Ilha do Maranhão, o bairro Lima Verde Mapa 1, localizado no município de Paço do Lumiar, insere-se em uma realidade marcada por tais problemáticas. O município de Paço do Lumiar compõe um dos quatro municípios da Ilha do Maranhão (São José de Ribamar, Raposa, São Luís e Paço do Lumiar), limita-se ao norte com o município de Raposa e ao oeste, sul e leste com São José de Ribamar. Está inserido na Região de Desenvolvimento Metropolitano de São Luís, possuindo uma extensão de 127.193 km², ocupando a 216ª posição em extensão territorial no Maranhão (IMESC, 2021).

Mapa 1 - Localização da área de estudo

Fonte: Autoria própria, 2025.

A região pertencente ao município de Paço do Lumiar onde está localizada a área de estudo, apresenta características físico-naturais e de ocupação que influenciam diretamente na dinâmica dos fenômenos de alagamentos e inundações. Esses eventos são recorrentes em períodos de chuvas intensas, e trazem inúmeras consequências para a comunidade.

Diante deste cenário, esse trabalho teve como motivação compreender melhor a relação entre os aspectos ambientais e antrópicos responsáveis pela ocorrência desses eventos. A pesquisa propõe investigar e analisar a dinâmica dos alagamentos e inundações no bairro Lima Verde. Para isso, estabelece como objetivo geral, analisar as áreas com ocorrência de alagamentos e inundações no bairro Lima Verde. Como objetivos específicos, caracterizar a área de estudo quanto aos aspectos físico-naturais e ao uso e cobertura da terra; analisar os dados pluviométricos e espacializar as áreas afetadas.

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, que abordam os fenômenos naturais dos alagamentos e inundações no bairro Lima Verde, município de Paço do Lumiar – MA. No 1 capítulo é apresentada breve informações da área de estudo, o tema central da pesquisa, alagamentos e inundações e o processo de urbanização. No 2 capítulo é apresentado os conceitos fundamentais sobre ciclo da água, noções de suscetibilidade, desastres naturais e os conceitos de enchentes, enxurradas, alagamentos e inundações.

O 3 capítulo discorre sobre a metodologia utilizada na pesquisa e os procedimentos técnicos, são descritos o levantamento bibliográfico, mapeamento temático, trabalho de campo e como foi feita a análise das variáveis relacionadas aos alagamentos e inundações. No capítulo 4 é feito um detalhamento dos aspectos naturais da área analisada, são abordados temas como geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, clima, hidrografia, solos e uso e cobertura da terra.

Por fim, o capítulo 5, apresenta os resultados da pesquisa. São discutidos os eventos recorrentes de alagamentos e inundações, a suscetibilidade a esses fenômenos, a setorização das áreas mais suscetíveis e toda as dinâmicas envolvidas. A análise é baseada em uma abordagem metodológica de Louzeiro (2022), até então inédita para essa localidade.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO CICLO DA ÁGUA E DA SUSCETIBILIDADE PARA ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES

No cenário atual, os fenômenos climáticos e hidrológicos têm ganhado destaque devido às consequências cada vez mais evidentes das mudanças climáticas.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2023), “as atividades humanas têm sido o principal motor das mudanças climáticas, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis”. A afirmação da ONU destaca as consequências significativas das atividades humanas nas mudanças climáticas, principalmente devido à emissão de gases do efeito estufa provenientes da queima de combustíveis fósseis.

Essas alterações no clima influenciam diretamente fenômenos naturais como El Niño e La Niña, que afetam os padrões climáticos globais, sendo caracterizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, como:

O El Niño e a La Niña são partes de um mesmo fenômeno acoplado (atmosférico-oceânico) que ocorre no oceano Pacífico Equatorial (e na atmosfera adjacente), denominado de El Niño Oscilação Sul (ENOS). A fase El Niño do fenômeno acoplado ENOS refere-se às situações nas quais o oceano Pacífico Equatorial está mais quente do que a condição média histórica (climatológica), e a fase La Niña refere-se a situação oposta, ou seja, quando o oceano Pacífico Equatorial está mais frio do que a condição média histórica. A mudança na temperatura do oceano Pacífico Equatorial acarreta efeitos globais nos padrões de circulação atmosférica, transporte de umidade, temperatura e precipitação (INPE, 2024, n.p).

Pode-se assim compreender que esses fenômenos influenciam diretamente os sistemas climáticos ao redor do mundo, intensificando ou alterando a frequência de eventos climáticos extremos.

Diante desse contexto, compreender a dinâmica morfoclimática, assim como os processos de uso e cobertura da terra na região estudada, torna-se fundamental para uma análise aprofundada das causas e consequências dos alagamentos e inundações. É fundamental também considerar que esses eventos são influenciados pelas alterações climáticas e podem ser agravados pela crise climática.

2.1 Ciclo da água

Antes de entendermos como atuam esses fenômenos enchentes, inundações, alagamentos e enxurradas é necessário entender como funciona a dinâmica hidrológica, compreendendo o ciclo que permeia todos esses eventos. “O ciclo hidrológico é um fenômeno

global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre” (Tucci, 2001, p. 36).

A água, possui três estados da matéria, estado gasoso, líquido e sólido, está presente na atmosfera, nos mares, rios, lagos e organismos. O ciclo hidrológico é um fenômeno de circulação da água em seus três estados, onde está relacionado a radiação solar, a gravidade e a rotação da terra Figura 1.

Figura 1 - Ciclo hidrológico



Fonte: USGS (United States Geological Survey).

Através da energia solar, da gravidade e do movimento de rotação terrestre, o ciclo hidrológico tem a sua dinâmica. A água e a terra são aquecidas pela energia solar, consequentemente aumentando sua temperatura, a água passa do estado líquido para o gasoso quando aquecida, mas ela também pode se transformar para o estado gasoso pelos seres vivos em um processo chamado de evapotranspiração. Após subir para a atmosfera a água condensa por consequência da baixa temperatura, criando nuvens, precipitando na forma de chuvas, granizo e neve (Fritzen e Binda, 2011).

O ciclo hidrológico é um fenômeno fechado de recirculação de toda a água do planeta. Ele é um sistema no qual a água do planeta é constantemente recirculada entre a superfície terrestre e a atmosfera (Manziona, 2015, p. 57).

O ciclo da água, tem início com a evaporação da água dos oceanos, esse vapor d'água é deslocado pelo movimento das massas de ar. Em determinadas condições, entra em

processo de condensação formando as nuvens que resultaram em precipitações, a precipitação que acontece no continente, se distribui de várias maneiras, uma parte fica momentaneamente no solo, para depois retornar para atmosfera pelos processos de evaporação e transpiração dos seres vivos, outra parte escoar sobre a superfície do solo, caracterizando o escoamento superficial. Quando a água infiltra no solo por meio da percolação, ocorre o escoamento subsuperficial, e uma parte ainda maior pode atingir o lençol freático (Balbinot *et al*, 2008).

Dentre os processos que compõe o ciclo hidrológico, podemos destacar a precipitação, a evapotranspiração e o escoamento superficial como elementos cruciais do ciclo. A precipitação é proveniente do vapor d'água da atmosfera depositada na superfície terrestre de várias maneiras, como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve e geada.

No contexto deste trabalho, daremos ênfase ao fenômeno da precipitação como forma de chuva, que consiste um dos principais mecanismos de reposição da água no sistema terrestre, contribuindo diretamente para a vazão dos rios. Além de ser interceptada pela vegetação, também infiltra no solo, alimentando aquíferos. Em regiões com coberturas vegetais mais densas, as águas provenientes da precipitação, tem maior capacidade de infiltração, já nas áreas com menor vegetação e maior urbanização, tem menor capacidade de infiltração, podendo aumentar a vazão da água, elevando os níveis dos rios, podendo provocar enchentes e inundações repentinas (Tomasella e Rossato, 2005).

Os processos de evaporação e transpiração ocorrem de forma integrada e são reunidos sob o conceito de evapotranspiração, que representa a perda de água para atmosfera tanto diretamente do quanto por meio da transpiração das plantas. Esse mecanismo, influencia diretamente a quantidade de água disponível para os demais processos hidrológicos. Além disso, quando a precipitação atinge o solo, nem toda a água contribui de forma imediata para a formação dos rios. Parte dela escoar rapidamente sobre a superfície, caracterizando o escoamento superficial (Tomasella e Rossato, 2005).

O escoamento superficial, tem como principal elemento catalisador, a impermeabilização do solo, a substituição das áreas vegetadas por superfícies pavimentadas, reduz drasticamente a capacidade de infiltração da água, comprometendo a recarga de aquíferos e intensificando o escoamento superficial. Resultando em grandes volumes de escoamento, mesmo com precipitações moderadas, favorecendo a ocorrência de alagamentos e inundações (Targa, 2012).

2.2 Suscetibilidade para alagamentos e inundações

Enquanto o ciclo hidrológico segue suas etapas naturais, certas modificações humanas no ambiente urbano, desestabilizam esse equilíbrio, resultando em problemas ambientais e desencadeando fenômenos naturais mais intensos. Dentre esses eventos podemos destacar as enchentes, inundações, alagamentos, enxurradas e deslizamentos.

“Com o grande crescimento da população mundial, os fenômenos naturais passaram a gerar prejuízos ao homem como perda de bens materiais e de vidas. Assim, quando causam impactos negativos, fenômenos naturais tornam-se desastres ambientais” (Lousada e Farias, 2014, p. 132).

Os desastres ambientais, estão relacionados a vários elementos, dentre eles podemos destacar o crescimento acelerado das cidades sem o devido planejamento, muitas pessoas passam a viver em áreas que são impróprias para morar, esse elemento faz com que a suscetibilidade a desastres, como inundações e alagamentos, aumente.

A suscetibilidade a desastres, é um termo que se refere aos fenômenos e processos do meio físico, no qual a dinâmica pode gerar desastres naturais (Bitar, 2014).

Portanto, o termo suscetibilidade está ligado às características do ambiente que favorecem a ocorrência de eventos extremos. Evidenciando que certas áreas, por sua formação natural, como relevo, tipo de solo ou proximidade com rios, são mais propensas a sofrer com fenômenos como inundações, alagamentos e erosões. Esses locais, mesmo sem a ação humana, já possuem uma tendência maior a esses eventos, e somados ao uso mal planejado do solo, aumentam as chances de ocorrência de desastres naturais.

Segundo Bitar (2014, p. 1) “o conhecimento prévio das suscetibilidades dos terrenos à geração e desenvolvimento de fenômenos e processos do meio físico cuja dinâmica pode ocasionar desastres naturais é de grande importância aos municípios, contribuindo para o planejamento do uso e ocupação do solo, controle da expansão urbana, avaliação de cenários potenciais de riscos e, ainda, no âmbito regional, auxiliar na elaboração de zoneamentos ecológicoeconômicos”.

O conhecimento das áreas mais suscetíveis a desastres é essencial para que os municípios possam planejar melhor o uso do solo. Prevenindo as ocupações em locais de risco e controlando o crescimento das cidades. Além disso, permite organizar medidas de prevenção.

Avaliar o nível de suscetibilidade de uma determinada área, é fundamental para definir limites à ocupação humana nesses locais. Essa análise deve orientar ações que impeçam a criação de novas zonas de risco e contribuam para a elaboração de regras técnicas e práticas

que garantam o uso correto do solo em áreas ainda não urbanizadas (Bitar, 2014).

A frequência de desastres ambientais em áreas urbanas, causados por fenômenos naturais, tem aumentado significativamente com o avanço acelerado da urbanização. Eventos como alagamentos e inundações, muitas vezes decorrentes de chuvas intensas, parecem ter impactos cada vez mais severos, especialmente à medida que as cidades se expandem, tornam-se mais densamente povoadas e a infraestrutura existente se mostra insuficiente para lidar com esses desafios (Jatobá, 2011).

O processo de urbanização impermeabiliza o solo proporcionando o aumento dos problemas relacionados às inundações que frequentemente afetam a população dessas áreas, tornando inevitável seu sofrimento por conta da perda de seus bens materiais e o aumento do risco de contaminação por doenças veiculadas por meios hídricos (Santos e Rocha, 2013, p. 35).

A urbanização acelerada colabora de forma significativa com o aumento do nível de impermeabilização do solo, ocasionando um verdadeiro obstáculo para o processo de infiltração, consequentemente sobrecarregando os sistemas de drenagem. Essas áreas mais impermeáveis, favorecem o acúmulo da água proveniente das precipitações e resultam em alagamentos, especialmente nas áreas mais baixas do relevo.

As consequências do crescimento urbano no ambiente natural, são vários, entre eles a ocupação de áreas sujeitas a alagamentos, como as planícies de inundação, e a modificação dos trechos de drenagem naturais, que são retificados e menos adaptados à dinâmica natural. Além disso, as cidades de porte médio que apresentavam uma dinâmica mais controlada, vêm registrando um acelerado crescimento urbano e desordenado, ocasionando os mesmos desafios enfrentados pelas grandes metrópoles (Moraes *et al*, 2014).

Tucci e Bertoni (2003 p.27) apontam as principais consequências do aumento da urbanização:

Aumento das vazões máximas e da sua frequência devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies; aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos (lixo); deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido e às ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial e contaminação de aquíferos; devido à forma desorganizada como a infra-estrutura urbana é implantada, tais como: pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; redução de seção do escoamento por aterros de pontes e para construções em geral; deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixos e sedimentos; projetos e obras de drenagem inadequadas, com diâmetros que diminuem para jusante, drenagem sem esgotamento, entre outros.

Dentre esses problemas que acabam surgindo, os fenômenos como alagamentos e inundações se intensificam, em virtude da diminuição da infiltração da água e do aumento do

escoamento superficial, além disso muitas áreas acumulam lixo e entulho, que entopem os bueiros e canais, o sistema de drenagem pluvial por completo.

São inúmeras as consequências geradas pelas inundações, alagamentos e enchentes, além desses fenômenos podemos observar também a ocorrência de enxurradas, contudo é importante distinguir o que cada um significa, para que não sejam confundidas.

Segundo Júnior e Santos (2013, p. 25 apud Tucci 2005) “As enchentes ocorrem, devido a um processo natural dos cursos hídricos em que os rios tendem a escoar e ocupar o leito maior”. Já as inundações, segundo Borges e Ferreira (2019, p. 124) “trata-se de um alagamento exterior à calha fluvial, resultante do aumento do volume de águas em consequência de fortes chuvas, ocupação incorreta do solo, topografia plana e outros fatores”.

As inundações e enchentes ocorrem de forma natural, mas esse processo se torna desastroso em áreas urbanas, pois as áreas de planícies de inundações dos canais fluviais que em tese deveriam estar livres para a ocorrência desse processo natural, encontram-se ocupadas pela sociedade (Cruz, 2022, p. 44).

As enchentes e inundações são fenômenos que fazem parte do comportamento natural dos rios. No entanto, quando o ser humano ocupa áreas que deveriam estar livres, como margens de rios e áreas mais baixas, esses fenômenos acabam causando prejuízos. Em vez da água seguir seu caminho natural, ela invade ruas, casas e comércio, trazendo transtornos para a população. Ou seja, o problema está ligado a maneira como as cidades foram construídas em lugares inadequados.

Esse ordenamento territorial excludente consiste em uma distribuição desigual do espaço, onde há investimentos e políticas públicas priorizando determinadas áreas em detrimento de outras, aprofundando as desigualdades e comprometendo o desenvolvimento social.

Dentre esses fenômenos naturais que são agravados pelas ocupações urbanas, podemos destacar também, os alagamentos, o escoamento superficial e as enxurradas Figura 2.

Figura 2 - Alagamentos, inundações, enchentes e enxurradas



Fonte: CPRM, 2024.

Os alagamentos são consequência da impermeabilização do solo, do asfaltamento das cidades, e também da remoção da vegetação ali presente, o que provoca a diminuição da infiltração da água, oriunda da precipitação, contribuindo para a elevação do escoamento superficial (Cruz, 2022).

Segundo Alencar, Silva e Oliveira (2006, p. 104, apud Chow *et al*, 1988):

Iniciada a precipitação pluviométrica, parte dela é interceptada pela vegetação, parte infiltra no solo e parte pode ser retida em depressões da superfície do terreno. Se a duração da chuva continuar, após o preenchimento dessas depressões, terá início o escoamento superficial propriamente dito. Assim, a água que escoar sob a superfície do solo, sem infiltrar, formará a enxurrada que irá compor, junto com o escoamento de base, os córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios.

A precipitação, ao atingir o solo, pode seguir diferentes caminhos: infiltrar, ficar retida, formar poças ou escoar superficialmente, formando cursos d'água. No entanto, em áreas urbanas, a alteração da paisagem e a falta de sistemas de drenagem adequados dificultam esse processo natural.

Segundo França (2019, p. 26) “os alagamentos são fenômenos que não estão diretamente associados ao canal fluvial e sim às alterações da paisagem e à ineficácia ou inexistência do sistema de drenagem urbana”.

A inundação é caracterizada pelo transbordamento de rios, quando a água ultrapassa suas margens e ocupa áreas de várzea ou planícies de inundação. Já as enchentes são caracterizadas como o aumento do nível da água dentro do canal, causado pelo aumento da vazão, alcançando seu limite máximo sem, mas sem ultrapassá-lo. O alagamento, consiste no

acúmulo temporário de água em determinadas áreas urbanas, geralmente provocado pela insuficiência ou falha no sistema de drenagem. E as enxurradas representam o escoamento superficial intenso e concentrado, com grande capacidade de erosão e transporte de sedimentos, podendo causar danos significativos ao ambiente e à infraestrutura urbana (Dowell e Licco, 2015).

Esses fatores evidenciam como a impermeabilização do solo e a remoção da vegetação contribuem para o aumento do escoamento superficial, que auxilia no comprometimento da capacidade do solo de reter água, agravando processos erosivos, intensificando esses fenômenos naturais.

3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS-OPERACIONAIS

3.1 Levantamento bibliográfico

No levantamento bibliográfico, foram consultados monografias, teses, dissertações, artigos, livros e revistas, além de órgãos governamentais que abordam a temática de alagamentos, inundações e uso e cobertura da terra, com ênfase nos municípios da Ilha do Maranhão, especialmente o município de Paço do Lumiar e especificamente o bairro Lima Verde. A pesquisa se baseou em autores que discutem o tema em escalas nacional, estadual e municipal, buscando compreender os fatores que contribuem para esses fenômenos.

Segundo Marconi e Lakatos (2002, p. 25), “A pesquisa bibliográfica é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema”.

Entre os autores citados, destacam-se Tucci (1997), que critica a ocupação desordenada do espaço urbano no Brasil e seus impactos socioambientais. Guerra e Cunha (2001) que também analisaram os problemas decorrentes da ocupação irregular em áreas urbanas, enquanto Carvalhais (2019) relacionou a falta de planejamento urbano ao aumento de desastres ambientais. França (2019) complementou essa discussão ao abordar a segregação socioespacial, destacando as áreas ambientalmente frágeis.

Guerra (2012) vem falar das consequências da impermeabilização do solo e da canalização de rios, demonstrando como essas intervenções humanas intensificam alagamentos e enchentes. Tucci e Bertoni (2003) diferenciam inundações naturais, como as ribeirinhas, das inundações agravadas pela urbanização. Villela e Mattos (1975) listaram fatores como precipitação excessiva e obstruções na drenagem como causas diretas de enchentes.

Cruz (2021) analisou o crescimento urbano de Paço do Lumiar, enquanto Santana (2021) destacou a importância da análise hipsométrica para compreensão do relevo e da drenagem. Já Silva (2012) e Pereira (2006) contribuíram para o entendimento da geomorfologia local, especialmente ao classificar as formas de relevo da Ilha do Maranhão. Ross (1992), por sua vez, sistematizou a taxonomia das formas de relevo em seis níveis hierárquicos, proporcionando uma base metodológica sólida para análises geomorfológicas como as realizadas neste estudo.

Para entender a dinâmica hidrológica, foram utilizados trabalhos como os de Fritzen e Binda (2011) e Manzione (2015), que explicaram o ciclo da água e seu papel. Lousada e Farias (2014) destacaram que o crescimento populacional podem desencadear fenômenos extremos ocasionando prejuízos para o homem. Borges e Ferreira (2019) e Cruz (2022)

diferenciam enchentes de inundações. Enquanto Alencar, Silva e Oliveira (2006) detalham o processo de escoamento superficial.

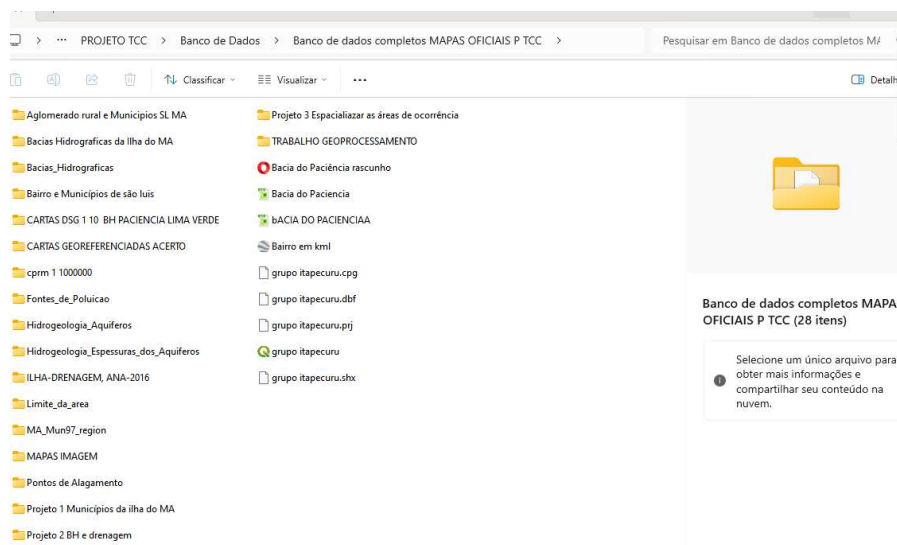
A metodologia da pesquisa foi fundamentada em abordagens quantitativas, seguindo as contribuições de Andrade e Schmidt (2019) e Louzeiro (2022). Além disso, informações e dados do IBGE (2010), IMESC (2021), CPRM;ANA, 2019, INMET (2023) e ONU (2023) foram incorporadas para contextualizar o cenário socioambiental e climático da região. Dessa forma, o levantamento bibliográfico permitiu uma compreensão abrangente dos fatores naturais e antrópicos que influenciam a ocorrência de alagamentos e inundações no bairro Lima Verde, em Paço do Lumiar.

3.2 Mapeamento temático

O mapeamento temático foi realizado com base na integração de diversas fontes de dados e no uso de ferramentas de geoprocessamento no software QGIS, versão 10.34 (Quantum GIS), um sistema de informações geográficas (SIG) de código aberto. As fontes utilizadas incluíram dados da CPRM e ANA (2019), Silva (2012), Pereira (2006), Ross (1992), além de shapefiles do IBGE, CPRM e ANA. Também foram empregadas as cartas 24 e 25 do Diretório de Serviço Geográfico do Exército (DSG), na escala 1:10.000, datadas de 1980, bem como informações geográficas obtidas por meio do Google Maps e Google Earth.

Inicialmente, foi criado um banco de dados integrando todas essas fontes Figura 3. Para elaboração dos mapas de: geomorfologia, localização, uso e ocupação da terra, solos, hidrografia, hipsométrico e de declividade, foram aplicados diversos procedimentos no QGIS, como georreferenciamento, criação e edição de shapefiles, simbologia personalizada, delimitação de áreas, e montagem dos layouts cartográficos contendo elementos fundamentais como legenda, escala gráfica, coordenadas geográficas, título, norte e fonte dos dados.

Figura 3 – Banco de dados



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

Na elaboração do mapa de localização do município, foram utilizados shapefiles fornecidos pelo IBGE (2025), contendo as camadas estaduais e municipais, e aplicadas simbologias para representar adequadamente os limites territoriais. Para a localização do bairro, foram usados os limites obtidos no Google Maps, as quais foram importadas para o QGIS e processadas junto com shapefiles do IBGE e o vetor poligonal do bairro, permitindo a construção do mapa temático.

a) Elaboração dos mapas de suscetibilidade a alagamentos e a inundações

A elaboração dos mapas de suscetibilidade a alagamentos e a inundações foi realizada com base na aplicação de fichas de campo em três pontos previamente identificados, a partir de análises visuais e relato de moradores, como os mais recorrentes. Cada ficha avaliou variáveis ambientais e urbanas relacionadas à ocorrência de alagamento e inundações, gerando valores médios de suscetibilidade para cada local analisado.

As médias obtidas foram utilizadas como critério para representar a suscetibilidade em trechos lineares do espaço urbano. Esses dados foram importados para o QGIS, adicionando aos arquivos shapefiles, representando os setores em linhas.

Os setores foram categorizados em três classes de suscetibilidade: alta, moderada e baixa, utilizando uma escala de cores distintas marrom escuro, verde e bege. Essa categorização

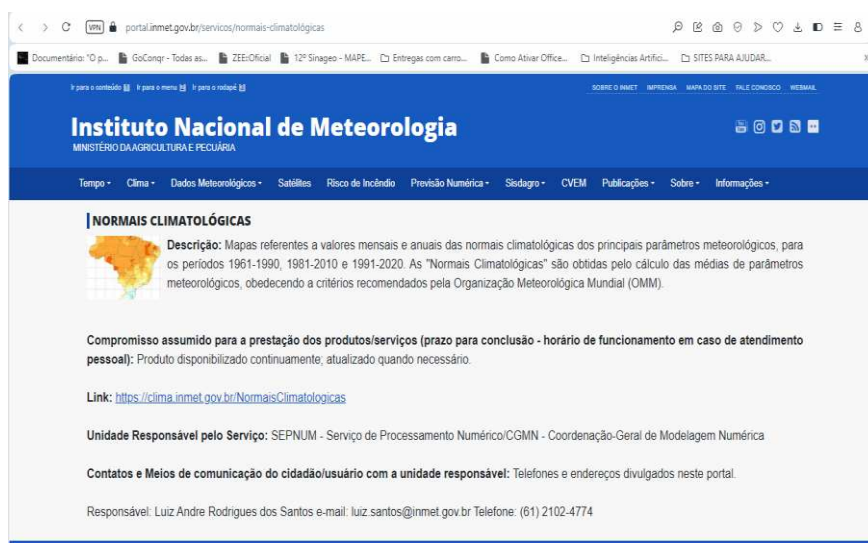
teve como base os valores médios obtidos nas fichas e permitiu a representação visual das áreas mais propensas a eventos de alagamento e inundações.

3.3 Procedimentos técnicos para a caracterização físico-natural da área de estudo

a) Levantamento de dados climáticos e pluviométricos:

Para a obtenção dos dados pluviométricos e climatológicos, foi utilizado fontes, como IMESC, PREFEITURA DE SÃO LUÍS E INMET, com o objetivo de analisar o comportamento das precipitações na área de estudo. Os dados históricos de precipitação acumulada (1991-2020) foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na página das normais climatológicas Figura 4.

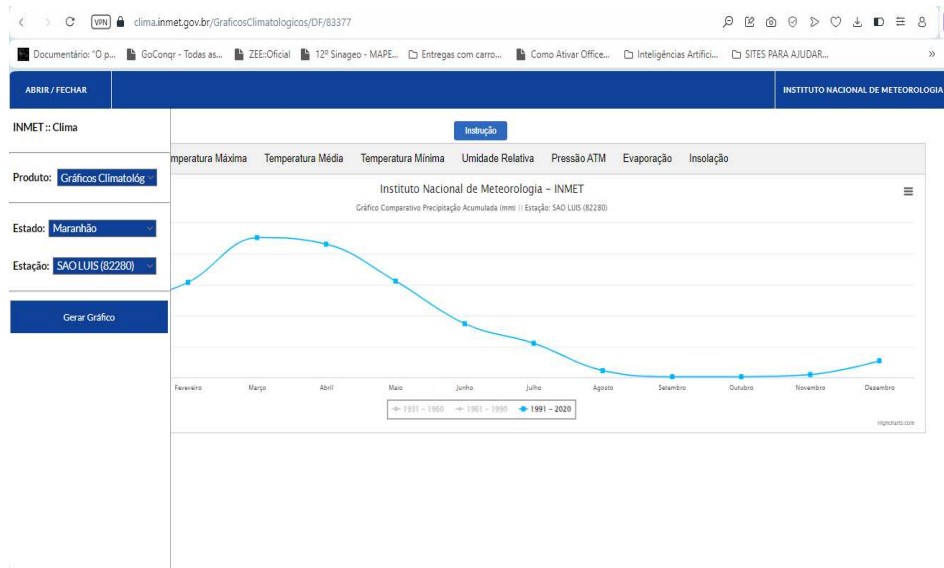
Figura 4 – Página de acesso normais climatológicas



Fonte: INMET, 2024.

Após o acesso a plataforma, selecionou-se o produto, estado e estação para gerar o gráfico, Figura 5. A estação selecionada foi a 82280, que fica próxima a área de estudo. Posteriormente foi selecionado a série histórica, de 1991 a 2020. Desta forma obteve-se o gráfico da série histórica de 1991 a 2020 de precipitação acumulada.

Figura 5 - Gráfico de precipitação acumulada



Fonte: INMET, 2024.

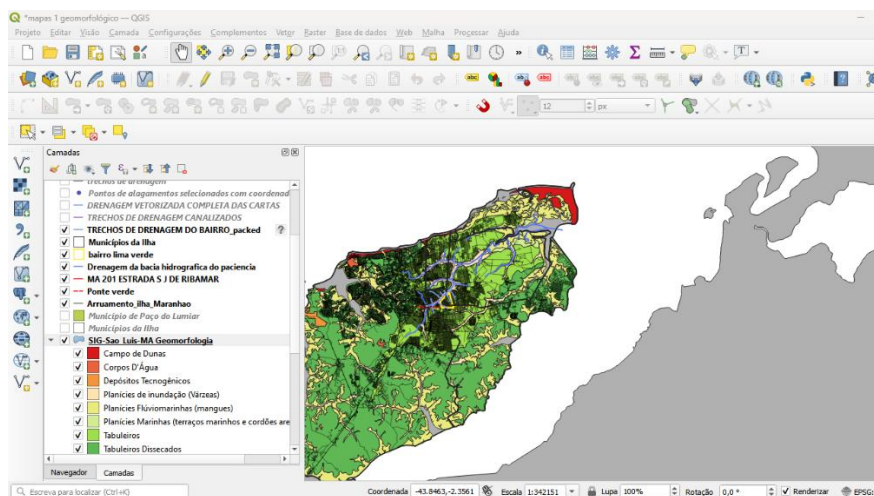
Para identificar a precipitação acumulada do ano de 2024, selecionou-se o mapa de estações na estação 82280 novamente, colocando na opção tabela, onde selecionou-se o ano de 2024, dos meses de janeiro a dezembro.

A partir da tabela, foram organizado os dados para se obter o acúmulo mensal de precipitação. Os valores de precipitação acumulada para o ano de 2024 foram sistematizados com base em informações extraídas do INMET.

b) Geomorfologia:

Foi utilizado uma abordagem sistemática baseada na taxonomia do relevo proposta por Ross (1992), com aplicações metodológicas conforme Silva (2012), análises geomorfológicas regionais de Santana (2021) e Pereira (2006). O processo técnico de construção cartográfica foi executado no software QGIS, utilizando uma combinação de bases vetoriais, dados topográficos e ferramentas do programa, Figura 6, para análise espacial e simbologia temática.

Figura 6 – Elaboração de mapa e análise de dados geomorfológicos



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

As fontes utilizadas foram: CPRM, ANA, IBGE, GOOGLE MAPS e as cartas 24 e 25 do Diretório de Serviço Geográfico do Exército (DSG) na escala 1: 10.000 do ano de 1980.

Inicialmente, realizou-se a organização do banco de dados que incluíam as imagens em Rasters e os vetores em shapefile, posteriormente foram importados os dados utilizando a ferramenta “adicionar camada vetorial” para os shapes em formato shp, e na ferramenta “adicionar raster” para as imagens raster. Foi feito o georreferenciamento das imagens utilizando a ferramenta “Georreferenciador” para obter o correto posicionamento espacial. A delimitação da área de estudo, corresponde ao bairro Lima Verde, seus limites foram obtidos através da vetorização do Google maps com a ferramenta “nova camada shapefile” onde foi possível identificar os limites do bairro, gerando o shapefile de seus limites.

A classificação geomorfológica seguiu os princípios da taxonomia hierárquica de Ross (1992), que divide o relevo em unidades até o 4º táxon. Com base nessa classificação, o relevo da área foi segmentado em três unidades principais: tabuleiros e planícies de inundação. A definição dessas classes foi fundamentada nas informações extraídas dos shapefiles da CPRM e ANA (2019) e em Silva (2012).

Em seguida, as feições geomorfológicas foram simbolizadas com cores distintas usando a ferramenta “simbologia”, e colocando na opção “categorizado” alterando o parâmetro para relevo, a simbologia seguiu o padrão da CPRM e ANA (2019).

Elementos complementares, como a drenagem, o arruamento e as rodovias principais, foram inseridos com base em shapefiles existentes extraídas do IBGE ou vetorizadas

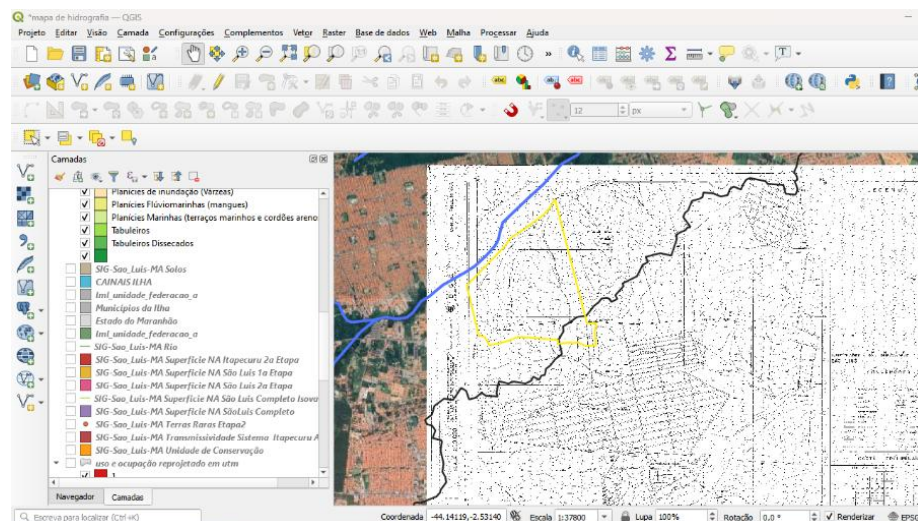
a partir do Google Maps. Esses elementos foram fundamentais para contextualizar espacialmente as unidades do relevo. A montagem do mapa final foi realizada por meio do “Gerenciador de Layout”, onde se organizou a legenda, barra de escala, norte geográfico e títulos. Também foram inseridos mapas de localização regional e estadual, além de um quadro de fontes e referências. O mapa final foi exportado em alta resolução nos formatos JPG e adicionado ao texto.

c) Hidrologia:

Com base em autores como: Araújo *et al* (2009), Silva (2012) e Santos (2020), além de dados hidrológicos e geoespaciais da CPRM e ANA (2019), das cartas 1: 10.000 do (DSG) do Exército, foi possível delimitar a drenagem da área de estudo, que se insere na bacia hidrográfica do Paciência, a 3ª maior da Ilha do Maranhão com aproximadamente 145,7 km².

A delimitação da bacia hidrográfica do Rio Paciência foi feita com base nas imagens de satélite e dados do CPRM; ANA, 2019, IBGE e Google Maps, 2025. O mapeamento da rede hidrográfica permitiu identificar os cursos d’água naturais, evidenciando intervenções antrópicas no sistema natural de drenagem. Essas alterações estão associadas à urbanização e à expansão do bairro Lima Verde Figura 7.

Figura 7 – Mapeamento da rede de drenagem



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

d) Solos:

A metodologia utilizada fundamentou-se nos princípios pedogenéticos descritos por Silva (2012), os quais identifica que os solos se desenvolvem a partir de processos físicos, químicos e biológicos contínuos, atuando em conjunto com fatores de formação como relevo, clima, organismos e tempo. Para classificar os tipos de solos utilizou-se a fonte de dados da CPRM e ANA (2019), apoiadas em estudos anteriores como os de Gama *et al.* (2012), classificaram os solos da Ilha do Maranhão levando em consideração aspectos morfológicos, geológicos e topográficos.

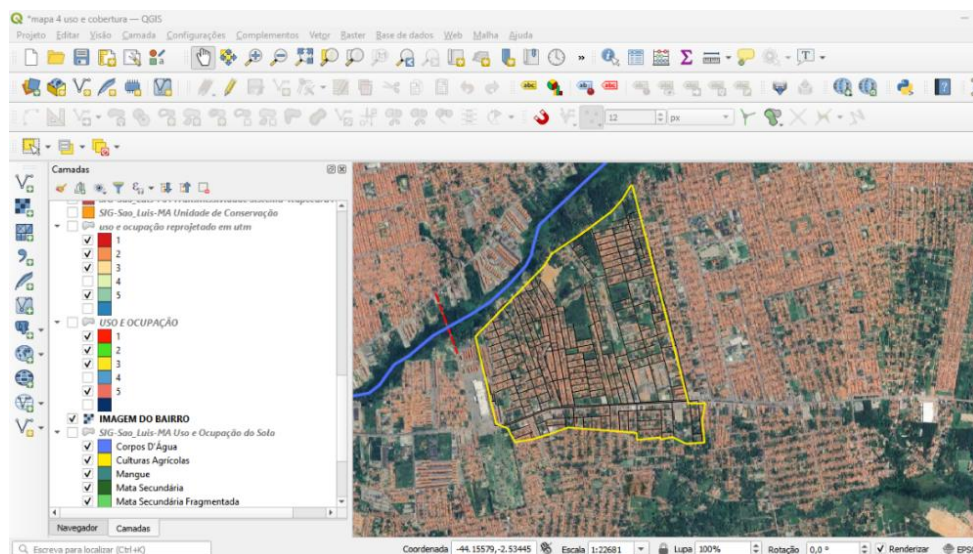
O mapa foi elaborado por meio de técnicas de geoprocessamento, com base nas imagens de satélite do Google, dados do IBGE e dados da CPRM e ANA (2019). Dessa forma, a integração entre os dados técnicos e vetoriais de pedologia e as ferramentas cartográficas permitiu a delimitação das unidades de solo na área estudada, evidenciando tanto a diversidade edáfica natural quanto os impactos antrópicos sobre o meio físico da área de estudo.

e) Uso e cobertura da terra:

A partir do entendimento sobre o processo histórico de ocupação do território maranhense, se baseando em autores como: Rezende (2006), Souza (2005), Cruz (2021), IMESC (2021), CPRM e ANA (2019) e relacionando com dados do censo demográfico do IBGE (2025), foi possível entender a forma de ocupação do bairro Lima Verde.

A metodologia aplicada também fez uso de imagens de satélites, dados cartográficos e uso de SIGs para sistematização dos dados. Conforme critérios estabelecidos pela CPRM e ANA (2019), a área de estudo foi classificada como: urbano de alta densidade, urbano de média densidade, mata secundária fragmentada e solo exposto. Através da imagem de satélite, foi possível realizar a sobreposição de vetores, permitindo a identificação das principais áreas urbanas, áreas de vegetação e acesso viários como a MA-201 e a Ponte Verde, além evidenciar a proximidade com o Rio Paciência, elemento crucial para o entendimento da dinâmica local Figura 8.

Figura 8 – Análise de imagens de satélite



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

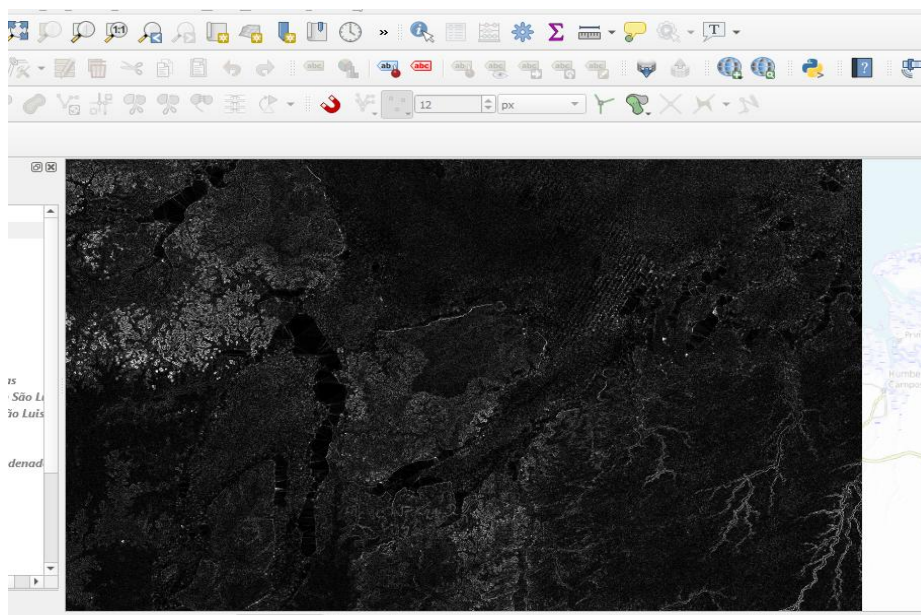
f) Hipsometria

A análise hipsométrica foi fundamentada na abordagem de Santana (2021), que destaca que a análise hipsométrica é essencial para compreender as características altimétricas e seus reflexos sobre a morfologia e dinâmica hídrica de áreas urbanas.

Para realizar essa análise da hipsometria do bairro Lima Verde foi importado dados altimétricos provenientes da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Disponibilizado no site do INPE, correspondente à cena 02S45_SN da Ilha do Maranhão Figura 9. A imagem raster foi inicialmente importada para o software QGIS, onde foi recortada com o uso de uma camada de máscara delimitando a área de estudo. Após o recorte, aplicou-se simbologia de banda simples em falsa cor, sombreamento e renderização de cor com o modo “multiplicar”, visando realçar visualmente as variações do relevo.

Com a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE), foi possível elaborar o mapa hipsométrico da área. A faixa altimétrica predominante encontrada situa-se entre 25 e 50 metros.

Figura 9 – Imagem SRTM da Ilha do Maranhão



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

g) Declividade:

A análise da declividade foi desenvolvida também a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) derivado da imagem SRTM utilizada na análise hipsométrica. No QGIS, utilizou-se a ferramenta “Análise de terreno – Declive” para calcular a declividade percentual da imagem raster. Em seguida, os valores foram classificados com base na abordagem proposta por Santos e Ross (2012), derivada de Ross (1994), e aplicada por Santana (2021) em estudos voltados ao ambiente urbano. Essa metodologia permite avaliar a influência do relevo frente aos impactos causados pela urbanização e impermeabilização do solo.

As faixas de declividade encontradas na área de estudo variaram entre 0% e 20%, sendo distribuídas nas seguintes classes: 0-3%, 3,1-5%, 5,1-10% e 10,1-20%. Não foram identificadas áreas com declividades superiores a 25%.

Complementado essa abordagem, Bernardelli (2019) contribui classificando a viabilidade do uso urbano segundo a declividade: áreas entre 3,1% e 5% são consideradas planas e sem limitações para drenagem; faixas entre 5,1% e 10% correspondem a áreas de transição com inclinação leve; e terrenos entre 10,1% e 20% indicam áreas com inclinação mais acentuada.

3.4 Procedimentos operacionais da análise de variáveis relativos aos alagamentos e inundações

Os procedimentos técnicos da presente pesquisa estão fundamentados na análise de variáveis e na pesquisa quantitativa, afim de se obter resultados mais abrangentes da área de estudo. Para embasar essa metodologia, foi utilizado as contribuições teóricas de Andrade e Schmidt (2019), que destacam a importância da pesquisa quantitativa para se obter maior precisão e validade nos resultados e de Louzeiro (2022).

Segundo Andrade e Schmidt (2019, p. 12), “na pesquisa quantitativa tudo é quantificável, ou seja, os fatos e fenômenos podem ser traduzidos por números, relatos e informações, propiciando classificações e análise dos resultados”.

Essa abordagem permite a mensuração precisa e a comparação de informações, promovendo a construção de classificações e interpretações fundamentais. Com isso, a pesquisa quantitativa se torna uma ferramenta essencial para identificar padrões, validar informações e chegar a resultados precisos e confiáveis.

A metodologia de análise de variáveis consiste na identificação dos pontos mais críticos de alagamentos e inundações através das variáveis. Essa abordagem é baseada em Louzeiro (2022), adaptada a partir da ficha de campo Figura 10 proposta por Guerra *et al* (2009). Essa ficha é aplicada para estudos em escala de detalhes, permitindo uma investigação minuciosa das condições locais e contribuindo para a identificação precisa dos fatores que intensificam os processos de inundação e alagamentos.

Essa metodologia foi escolhida por sua eficácia na avaliação de fatores de vulnerabilidade relacionados a movimentos de massa, inundações e alagamentos, considerando tanto aspectos naturais quanto antrópicos. No entanto a presente pesquisa será direcionada para alagamentos e inundações, não adentrando nos conceitos e discussões sobre deslizamento de massa e vulnerabilidade social da área de estudo. A aplicação desse método em escala detalhada reforça a importância de análises aprofundadas para auxiliar nas medidas preventivas a serem implementadas.

Figura 10 - Ficha de campo sobre vulnerabilidade a enchentes

Fatores de Vulnerabilidade para Enchentes	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Drenagem natural (quantidade de canais)	Fundo de vale que não recebe nenhuma contribuição de canais	Local que recebe pouca contribuição de canais de drenagem	Local que recebe contribuição de canais de drenagem maior	Local situado nos flancos dos canais de drenagem	Local situado dentro de um talvegue ou canal de drenagem (canal de 1 ordem)
Lançamento de detritos (lixo/entulho) dentro ou nas margens dos rios	Ausência de lançamento de detritos	Presença de pequena quantidade de detrito	Presença de razoável quantidade de detritos	Presença de grande quantidade de detritos jogados a intervalos	Presença de grandes quantidades de detritos despejadas frequentemente
Cobertura vegetal	Floresta densa e estabilizada	Árvores de médio porte e bem concentradas	Árvores de pequeno porte e bem espaçadas com capim	Capim	Solo exposto
Impermeabilização das margens (% de ocupação das margens)	0 a 20%	21 a 40%	40 a 60%	61 a 80%	Acima de 81%
Grau de assoreamento dos canais por sedimentos	Não assoreado	Pouco assoreado	Moderadamente assoreado	Muito assoreado	Extremamente assoreado
Impermeabilização das encostas contribuintes	0 a 10%	11 a 25%	26 a 35%	36 a 45%	Acima de 45%
Drenagem em direção ao rio principal	Escoamento na direção contrária ao rio principal	Ruas pouco asfaltadas com fluxo de águas em direção ao rio principal	Ruas razoavelmente asfaltadas com drenagem em direção ao rio principal	Ruas muito asfaltadas ou de paralelepípedos com drenagem em direção ao rio	Ruas totalmente asfaltadas (impermeabilizadas) com drenagem em direção ao rio principal

Fonte: Guerra *et al*, 2009.

No estudo realizado por Louzeiro (2022), a ficha de campo proposta por Guerra *et al* (2009) foi utilizada como base metodológica para análise de indicadores ambientais relacionados a deslizamentos, enchentes e inundações, no entanto foi feita algumas adaptações por Oliveira (2018) para que a ficha fosse aplicada na área de estudo.

Desta forma a ficha de campo original mudou a nomenclatura de “Vulnerabilidade a enchentes” para ficha de “Suscetibilidade para inundações” Louzeiro (2022). Desse modo, a utilização da ficha de Guerra *et al* (2009) por Louzeiro (2022) demonstra a aplicabilidade desse método em contextos similares, reforçando sua eficácia na identificação e classificação de áreas com ocorrência de alagamentos e inundações.

Dito isto, foi adaptado a ficha de campo baseada em Guerra *et al* (2009) adaptada por Louzeiro e Oliveira, Quadro 1 para os propósitos dessa pesquisa, sendo utilizada para

identificar as variáveis tanto de alagamentos quanto de inundações, afim de se obter uma análise da real situação da área de estudo.

Quadro 1 - Ficha de campo para alagamentos e inundações

Fatores de Suscetibilidade para alagamento e inundações	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Drenagem natural (quantidade de canais)	Fundo de vale que não recebe nenhuma contribuição	Local que recebe pouca contribuição de canais de drenagem	Local que recebe contribuição de canais de drenagem maior	Local situado nas laterais dos canais de drenagem	Local situado dentro de um talvegue ou canal de drenagem (canal de 1º ordem)
Trechos de drenagem (quantidade)	Trechos bem definidos e canais preservados sem obstruções	Trechos bem definidos com pequenas interrupções ou desvios isolados	Rede drenagem com desvios e obstruções parciais comprometendo o fluxo em alguns pontos	Múltiplos trechos de drenagem com significativas alterações, interrupções e obstruções	Ausência de trechos de drenagem, existência de trechos aterrados ou inexistentes
Presença de canais retificados ou aterrados	Inexistente, os canais mantêm às características naturais	Intervenções pontuais, apenas sem predominância sobre as características naturais	Distribuição equilibrada entre trechos naturais e intervenções	Grande parcela dos canais retificados e aterrados	Canais totalmente modificados, retificados e aterrados, inibindo completamente os processos naturais e intensificando o fluxo de escoamento
Lançamento de detritos (lixo/entulho) Dentro ou nas margens dos rios	Ausência de lançamento de detritos	Presença de pequena quantidade de detritos	Presença de razoável quantidade de detritos	Presença de grande quantidade de detritos jogados a intervalos	Presença de grande quantidade de detritos despejados frequentemente
Lançamento de esgoto	Lançamento inexistente	Lançamentos ocasionais e de pequena escala	Lançamento moderado de esgotos, impactando na qualidade dos corpos d'água	Lançamentos frequentes e em volume considerável de esgotos não tratados	Lançamento maciço e sistemático de esgotos não tratados, com altos volumes e frequência elevada
Cobertura vegetal	Floresta densa e estabilizada	Árvores de médio porte e bem concentradas	Árvores de pequeno porte e bem espaçadas com capim	Capim	Solo exposto
Impermeabilização Das margens (% de ocupação das margens)	0 a 20%	21 a 40%	41 a 60%	61 a 80%	Acima de 81%
Nível de Impermeabilização da área	0 a 20 % predominância de áreas verdes e solos impermeáveis	21 a 40% Existência de áreas pavimentadas, mas com significativa presença de espaços permeáveis	41 a 60% Concentração moderada de construções e infraestrutura pavimentada	61 a 80% Alta proporção de superfícies impermeáveis, com pouca vegetação	Acima de 81% Toda área coberta por superfícies impermeáveis
Assoreamento dos canais por sedimentos	Não assoreado	Pouco assoreado	Moderadamente assoreado	Muito assoreado	Extremamente assoreado
Rede de águas pluviais	Rede completa, com captação abrangente	Rede com boa cobertura na maioria da área	Rede com cobertura parcial, onde áreas críticas ou periferias apresentam falhas na captação ou escoamento	Rede deficiente, com cobertura irregular ou obstruída	Ausência ou estado crítico do sistema de águas pluviais
Rede de esgotos	Rede esgotos completa com alta capacidade	Rede com boa cobertura e funcionamento	Cobertura parcial ou integração inadequada com	Rede de esgotos com falhas significativas com	Ausência de infraestrutura de esgotos com

		geral adequado	águas pluviais	pontos deficientes	instalação obsoleta ou inexistente
Existência de vias com pavimentação	Predominância de ruas não pavimentadas, em quase todas as áreas	Baixa porcentagem de vias com pavimentação	Proporção moderada de ruas calçadas	Alta incidência de vias com pavimentação	Predominância de vias pavimentadas
Drenagem em direção ao rio principal	Escoamento na direção contrária ao rio principal	Ruas pouco asfaltadas com fluxo de águas em direção ao rio principal	Ruas razoavelmente asfaltadas com drenagem em direção ao rio principal	Ruas muito asfaltadas ou de paralelepípedos com drenagem em direção ao rio	Ruas totalmente asfaltadas com drenagem em direção ao rio principal

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Louzeiro, 2022.

Às variáveis a serem consideradas dependem dos elementos encontrados na área de estudo, Louzeiro (2022) vem falar que:

As variáveis analisadas para a exposição a inundação são: drenagem natural, cobertura vegetal, lançamento de detritos, lançamento de esgoto, impermeabilização, assoreamento, escoamento de águas pluviais, qualidade das moradias e existência de pavimentação (LOUZEIRO, 2022, p. 176).

A partir dessas variáveis apresentadas por Louzeiro (2022) adaptou-se uma ficha de campo voltada para alagamento Quadro 2 e outra para inundações Quadro 3, com o intuito de identificar variáveis específicas de cada fenômeno. Essas fichas foram aplicadas nos pontos mais críticos e com mais recorrência.

Quadro 2 - Ficha de campo das variáveis de inundação

Variáveis para inundação		
Nível de exposição para cada variável	Nível de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto)	
Drenagem natural (quantidade de canais)		
Cobertura vegetal		
Drenagem em direção ao rio principal		
Lançamento de detritos dentro ou nas margens dos rios		
Lançamento de esgoto		
Impermeabilização das margens (% de ocupação das margens)		
Grau de assoreamento dos canais por sedimentos		
Rede de águas pluviais		
Existência de vias com pavimentação		

Fonte: adaptado pelo autor com base em Louzeiro (2022) e Guerra et al, 2009.

Foram analisados os seguintes indicadores: drenagem natural (quantidade de

canais), cobertura vegetal, drenagem em direção ao rio principal, lançamento de detritos e esgoto, impermeabilização das margens, grau de assoreamento dos canais, rede de águas pluviais e existência de pavimentação.

Na ficha de alagamentos os indicadores foram: Trechos de drenagem (quantidade), presença de canais retificados ou aterrados, cobertura vegetal, drenagem em direção ao rio principal, nível de impermeabilização da área, rede de esgotos, rede de água pluviais e existência de vias com pavimentação.

Quadro 3 - Ficha de campo das variáveis de alagamento

Variáveis para alagamento		
Nível de exposição para cada variável	Nível de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto)	
Trechos de drenagem (quantidade de canais)		
Presença de canais retificados ou aterrados		
Cobertura vegetal		
Drenagem em direção ao rio principal		
Nível de impermeabilização da área		
Rede de esgotos		
Rede de águas pluviais		
Existência de vias com pavimentação		

Fonte: adaptado pelo autor com base em Louzeiro (2022) e Guerra et al, 2009

Para cada indicador, foi definido um nível de exposição com base em análises visuais e coleta de informações (relato de moradores) durante o trabalho de campo. Os níveis de exposição variam de muito baixo (nível 1) a muito alto (nível 5). Esses níveis permitiram a classificação de suscetibilidade para inundação e alagamento em cada ponto, podendo ser classificado como muito alto (nível 5), alto (nível 4), médio (nível 3), baixo (nível 2) e muito baixo (nível 1).

A partir dessa classificação com os cinco níveis (1 a 5), foi feito um processo estatístico de normalização, para que esses dados sejam utilizados de forma igualitária não havendo grandes discrepâncias estatísticas Figura 11. Foi aplicado valores de 0 a 1 Quadro 4 aos níveis de 1 a 5 (Louzeiro, 2022).

Figura 11 – Normalização dos níveis de exposição

$$\text{Normalização} = \frac{N - m}{M - m}$$

Exemplo, para o nível 4: $\frac{4 - 1}{5 - 1} = \frac{3}{4} = 0,75$

Para o nível 3: $\frac{3 - 1}{5 - 1} = \frac{2}{4} = 0,5$

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Louzeiro (2022).

Onde:

- N = valor do nível de exposição da variável
- M = valor máximo do intervalo (no caso, 5)
- m = valor mínimo do intervalo (no caso, 1)

Dessa forma o nível 1 fica em 0 e o nível 5 em 1,0 Quadro 4.

Quadro 4 – Normalização estatística

Normalização dos níveis de exposição				
Nível	Nível	Nível	Nível	Nível 5
1	2	3	4	
0	0,25	0,5	0,75	1

Fonte: adaptado pelo autor com base em Louzeiro (2022) e Guerra et al, 2009.

A partir desses valores normalizados foi efetuado o cálculo da média aritmética para se obter o resultado do índice total de cada ponto aplicado Figura 12 e 13.

Figura 12 – Tabulação dos níveis de exposição

VARIÁVEIS PARA INUNDAÇÃO					
Variável	Nível de exposição	Normalização	Soma dos níveis normalizados	Média	
Drenagem natural (quantidade de canais)	Nível 4	0,75	6	0,66666667	
Cobertura vegetal	Nível 3	0,5			
Drenagem em direção ao rio principal	Nível 4	0,75			
Lançamento de detritos dentro ou nas margens dos rios	Nível 4	0,75			
Lançamento de esgoto	Nível 5	1			
Impermeabilização das margens (% de ocupação das margens)	Nível 1	0			
Grau de assoreamento dos canais por sedimentos	Nível 4	0,75	7,5		
Rede de águas pluviais	Nível 4	0,75			
Existência de vias com pavimentação	Nível 4	0,75			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Cálculo efetuado:

Figura 13 – Cálculo da média aritmética dos valores

- Somatório dos valores normalizados:**
 $0,75 + 0,5 + 0,75 + 0,75 + 1 + 0 + 0,75 + 0,75 + 0,75 = 6$
- Número de variáveis: 9**
- Índice Final:**

$$\text{Índice Final} = \frac{6}{9} \approx 0,6667$$

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Esse mesmo procedimento foi aplicado às variáveis relacionadas a alagamentos e inundações, sendo analisados os três pontos mais críticos. Como resultado, foram definidos três setores com maior suscetibilidade de ocorrência desses eventos no bairro Lima Verde.

A partir desses valores normalizados, foram classificados e espacializados no mapa, demonstrando qual área possui maior suscetibilidade para alagamentos e inundações.

3.5 Trabalho de campo

As atividades de campo foram organizadas com o intuito de identificar e analisar os fatores de suscetibilidade responsáveis pelos processos recorrentes de alagamentos e inundações. Para isso, foram realizadas quatro visitas entre dezembro de 2024 e maio de 2025, seguindo a metodologia proposta por Louzeiro (2022), adaptada a partir da ficha de campo de Guerra *et al.* (2009). Essa abordagem, aplicada em escala de detalhe, possibilitou uma investigação minuciosa das condições locais, sendo fundamental para a caracterização precisa das áreas mais críticas.

A primeira ida a campo ocorreu no dia 21 de dezembro de 2024 e teve como objetivo o reconhecimento geral da área e o mapeamento inicial dos pontos críticos. Durante essa visita, foi possível observar as condições da infraestrutura urbana, identificar visualmente os canais de drenagem e registrar os trechos com maior incidência de alagamentos. Foram realizadas conversas informais com moradores locais para colher relatos sobre a frequência e intensidade dos eventos de inundação. Utilizou-se câmera fotográfica do celular, aplicativo de celular com GPS para coleta de coordenadas e caderno de campo.

A segunda visita foi realizada em 18 de janeiro de 2025, com foco na aplicação da ficha de campo adaptada nos pontos críticos identificados anteriormente. Nessa etapa, foram feitas avaliação visual do grau de assoreamento, análise da cobertura vegetal nas margens e verificação da existência de redes de drenagem pluvial. Também foi registrada a presença de resíduos sólidos e esgoto nos canais. Para essa atividade, foram utilizados caderno de campo e smartphone com aplicativo de georreferenciamento.

A terceira ida a campo aconteceu em 01 de abril de 2025, em pleno período chuvoso, o que possibilitou observar de forma direta o comportamento da drenagem em momentos de maior fluxo de água. Foram registradas áreas efetivamente alagadas, foi feita a aplicação das fichas de campo e identificadas novas áreas suscetíveis que não haviam sido mapeadas nas visitas anteriores. Os instrumentos utilizados incluíram câmera fotográfica do celular, smartphone com aplicativo de georreferenciamento e ficha de campo.

A quarta e última visita foi realizada em 07 de maio de 2025, com o objetivo de consolidar os dados coletados anteriormente e complementar a análise nos pontos mais críticos.

Foram coletados ao todo 9 pontos, se distribuindo ao longo da estrada do cajueiro e estrada de São José de Ribamar, dentre esses locais considerou-se como os mais críticos, os pontos 1, 2 e 3, como os mais recorrentes e com maior extensão de danos. Nessa etapa, buscou-se validar as informações com moradores, atualizar o mapeamento dos trechos canalizados ou

aterrados e verificar o grau de impermeabilização das margens. Foram utilizados ficha de campo, smartphone com aplicativo de georreferenciamento e câmera fotográfica do celular.

Essas idas a campo foram essenciais para identificar as variáveis associadas à exposição a alagamentos e inundações, como drenagem natural, cobertura vegetal, lançamento de detritos e esgoto, impermeabilização das margens, assoreamento dos canais, rede de águas pluviais e existência de vias sem pavimentação. A sistematização desses dados permitiu uma análise detalhada da realidade do bairro Lima Verde, evidenciando os fatores que intensificam os eventos de inundação e alagamento.

4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-NATURAL DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Geologia

A Ilha do Maranhão ocupa parte setentrional do Golfão Maranhense, parte integrante da Bacia Costeira de São Luís, formada por rifteamento durante o Cretáceo (Eocretáceo-Albiano). Limita-se a norte pela plataforma continental, a sul pelos altos estruturais Arco Ferrer – Urbano Santos, dispostos aproximadamente E-W, a leste pelo *Horst* de Rosário e a oeste pelo Arco de Tocantins. (Pereira, 2006, p. 65).

A subdivisão estratigráfica da bacia de São Luís Figura 14, se divide em: Formação Itapecuru, Terciário Paleógeno, Formação Barreiras, Coberturas Lateríticas e Formação Açuí (Silva, 2012, p. 81).

Figura 14 – Coluna estratigráfica da bacia de São Luís

ERA/ PERÍODO			Unidades estratigráficas	Litologia	Potencial Mineral
CENOZÓICO	Quaternário	Pleistoceno	FORMAÇÃO AÇUÍ	Areia fina a média, madura a submatura, com estratificação cruzada.	Areia
				Argila arenosa, maciça bioturbada	Areia Argila
	Terciário	Meso- Mioceno	FORMAÇÃO BARREIRAS	Areia fina a média, com concentrações ferruginosas, imatura, intercalações argilosas cauliniticas.	Argila Laterita Água Subterrânea
		Mioceno	TERCIÁRIO PALEOGENO	Areia fina a silte, com bolas de argilito, submatura, conglomerados, estratificação ondulada e cruzada.	Areia Argila Água Subterrânea
MESOZÓICO	Cretáceo	Superior	Formação Itapecuru	Membro Alcântara	Calcário Argila
				Membro Psamítico	Água subterrânea

Fonte: Pereira, 2006.

A bacia de São Luís apresenta uma diversidade estratigráfica que abrange unidades do Mesozoico (Cretáceo) ao Cenozoico (Quaternário e Terciário). No Cenozoico, destacam-se as Formações Açuí, Barreiras e Terciário Paleógeno. A formação Açuí é composta por areia fina a média, madura a submatura, com estratificação cruzada, além de argila arenosa e maciça bioturbada, apresentando potencial para exploração de areia e argila. A formação Barreiras é constituído por areia fina à média com concentrações ferruginosas, interações argilosas cauliniticas e lateríticas, sendo rica em argila, laterita e com bom potencial para água

subterrânea. O Terciário Paleógeno contém areia fina e silte, com bolos de argilito, conglomerados e estratificação ondulada e cruzada, também com destaque para argila e água subterrânea (Pereira, 2006).

No Mesozoico, especificamente no Cretáceo Superior, a Formação Itapecuru subdivide-se nos membros Alcântara e Psamítico. O membro Alcântara é caracterizado por calcilutitos, silte e areia muito fina, rica em argila, micáceo e com estratificação plano-paralela, sendo uma fonte importante de calcário e argila. Já o membro Psamítico é composto por arenito fino e médio, quartzoso, com feldspato, caulinizado, mica e nódulos ferruginosos, também com estratificações plano-paralela e cruzada, destacando-se como importante reservatório de água subterrânea (Pereira, 2006).

4.2 Geomorfologia

Inserida no centro do Golfão Maranhense, a Ilha do Maranhão, constitui um alto topográfico destacado em meio ao litoral afogado da região. Onde desenvolveram-se duas unidades morfoesculturais principais: os Tabuleiros Costeiros e as Planícies Fluvioamarinhas (CPRM; ANA, 2019, p. 85).

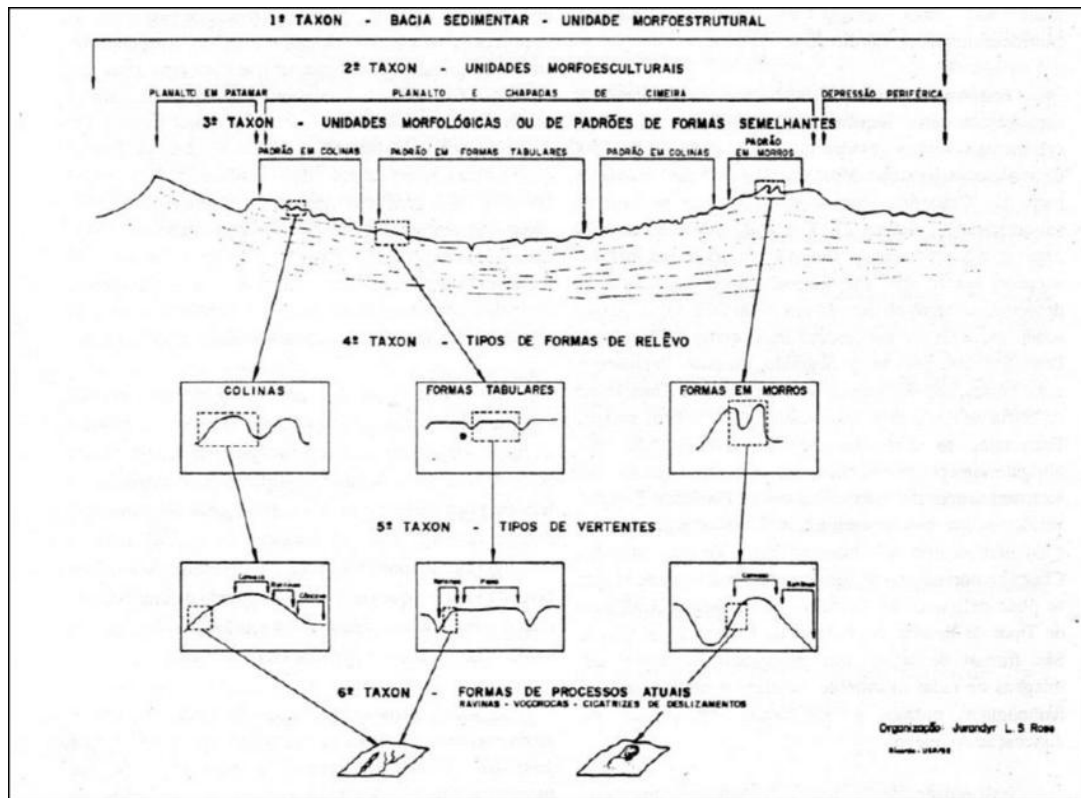
De acordo com a CPRM; ANA (2019), os tabuleiros da Ilha do Maranhão são formados por rochas sedimentares pouco consolidadas, com coloração variada, e estão associados ao Grupo Barreiras, que recobre unidades mais antigas do Grupo Itapecuru. Já as planícies fluvioamarinhas se distribuem ao longo do litoral e nos principais vales do interior da ilha, sendo caracterizadas por terrenos sujeitos à inundação, formados por sedimentos inconsolidados de idade Holocênica. Essas planícies apresentam predominância de manguezais, além da presença de cordões arenosos, campos de dunas e algumas áreas de planícies de inundação em menor escala.

Na ilha são encontradas algumas formas de relevo características do Estado do Maranhão, pois se apresentam nas faixas de baixas altitudes (0 – 5m), as planícies flúvio-amarinhas, formadas por extensivos mangues; nos níveis de 20 a 30 metros, as suaves colinas; e nas altitudes maiores, 40 a 60 metros, têm-se a presença dos tabuleiros. A maior altitude encontrada na ilha atinge 60 metros (Pereira, 2006, p. 71).

A compreensão da geomorfologia da Ilha do Maranhão foi orientada por uma abordagem taxonômica das formas de relevo, unidades morfoestruturais e morfoesculturais, dividindo-se em níveis taxonômicos Figura 15 fundamentadas nos critérios metodológicos propostos por Ross (1992) e utilizados na região por Silva (2012), permitindo uma organização

sistemática das unidades de relevo presentes na área.

Figura 15 - Classificação da taxonomia do relevo proposta por Jurandyr Ross



Fonte: Researchgate, 2025.

Ross (1992) organiza o relevo em seis níveis hierárquicos, partindo de unidades mais amplas e estruturais até formas resultantes de processos mais recentes. O 1º táxon corresponde às unidades morfoestruturais, grandes estruturas geológicas.

O 2º táxon refere-se às unidades morfoesculturais, que dizem respeito à forma como o relevo é modelado por processos exógenos, como erosão e o intemperismo, sendo exemplos os planaltos, chapadas e depressões. No 3º táxon, são identificados as unidades morfológicas ou padrões de formas semelhantes, como colinas, formas tabulares e morros. (Ross, 1992).

No 4º táxon descreve os tipos específicos de formas de relevo, que são geradas por processos denudacionais (erosão) e agradacionais (acumulação), que modelam a partir de dissecação e deposição de sedimentos. Como as colinas e morros (Silva, 2012).

Já o 5º táxon trata dos tipos de vertentes, convexas, côncavas ou retilíneas. Por fim, o 6º táxon abrange as formas de processos geomorfológicos recentes, como ravinhas e

voçorocas. (Ross, 1992).

Segundo Silva (2012) *apud* Rodrigues (*et al*, 1994) a área de estudo, o Golfão Maranhense existe apenas uma unidade morfoescultural, que é relativa ao 2º táxon, apresentando grandes várzeas inundáveis, caracterizadas por áreas rebaixadas e alagadiças dos estuários afogados do rios Munim, Itapecuru, Mearim e Pindaré, incluindo a planície de Perizes e no centro a Ilha do Maranhão. Onde devido a sazonalidade e os processos exógenos, o desgaste da erosão, esculpe as formas das colinas, morros e topos.

Segundo Santana (2021) *apud* Silva (2012) a Ilha do Maranhão, as formas predominantes do relevo são: tabuleiros com topos planos, colinas esparsas, as formas de vertentes, os apicuns, praias e dunas, paleodunas, terraços, planícies de maré e fluvial (Santana, 2021).

Essas formas de relevo podem ser denudacionais e agradacionais Quadro 5. Segundo Santana (2021, p. 138) “As formas agradacionais são aquelas que predominantemente passam pelo processo de acumulação ou sedimentação. Já as formas denudacionais são modeladas predominantemente pelo processo de desgaste ou erosão”.

Quadro – 5 Unidades do relevo da área de estudo

UNIDADES DE RELEVO	
Agradacionais	Denudacionais
Planícies marinhas	Tabuleiros
Planícies fluviais	-----
Planícies de Inundação	-----

Fonte: Silva, 2012

As planícies flúvio-marinhas apresentam um relevo raso, a nível de maré alta, contribuindo para entrada da cunha salina, onde são encontrados os mangues (PEREIRA, 2006). Adetrando no interior da Ilha do Maranhão, observam-se extensas planícies fluviais que circundam os cursos d’água, formando áreas de relevo plano e baixo, frequentemente sujeitas à inundação durante os períodos de cheia (Silva, 2012).

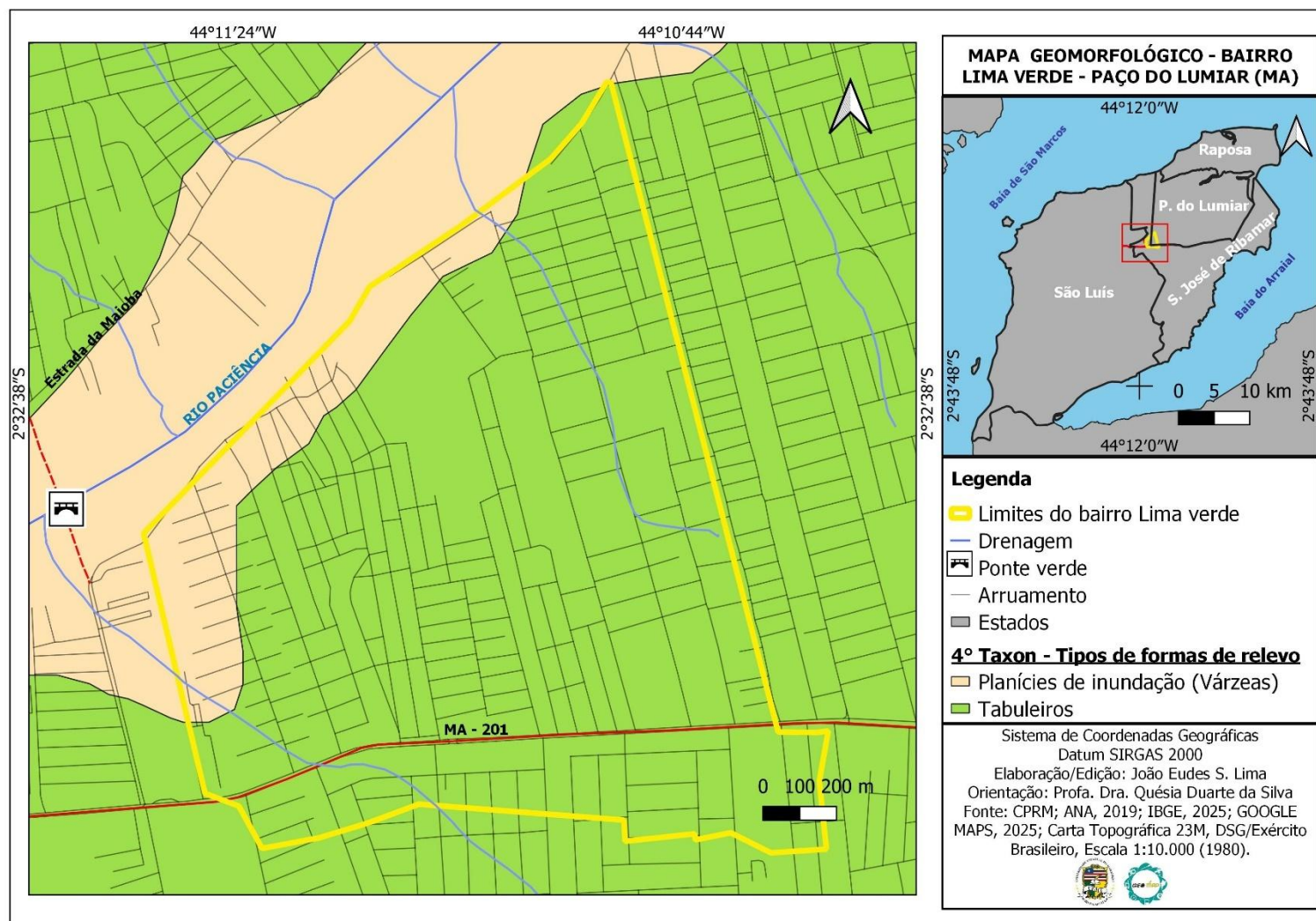
“As planícies de inundação são lugares naturais para os assentamentos urbanos, porque combinam fácil transporte hidroviário com acessos as terras férteis e agricultáveis. Tais

lugares, entretanto, estão sujeitos às inundações” (Universidade Federal de Sergipe, [2012?], p. 80).

Os tabuleiros são formas de relevo que possuem grau elevado de ocupação pela população e apresentam grande importância para a recarga dos aquíferos da ilha (Silva, 2012).

Com base em Silva (2012), Santana (2021) e Pereira (2006) a geomorfologia da área de estudo foi classificada Mapa 2 em dois padrões relevo: agradacionais e denudacionais. Entre os agradacionais, destacam-se as planícies flúvio-marinhas, planícies de inundação e planícies fluviais, formas resultantes da deposição de sedimentos. A respeito dos relevos denudacionais, do qual a modelagem é predominantemente resultado da ação erosiva, os tabuleiros se destacam.

MAPA 2 – Geomorfologia



Fonte: Autoria própria, 2025.

4.3 Hipsometria

A análise hipsométrica desempenha um papel fundamental na compreensão das características altimétricas de uma área, pois essas estão diretamente relacionadas aos aspectos morfológicos e de drenagem.

Segundo (Santana, 2021, p. 123) “A análise hipsométrica é de fundamental importância, pois a partir deste conhecimento é possível examinar a área baseando-se nas suas características altimétricas que estão intrinsecamente relacionadas com os aspectos morfológicos e de drenagem”.

A análise hipsométrica da área de estudo tem o papel fundamental na compreensão do relevo, sendo de extrema relevância para a verificação de áreas suscetíveis a alagamentos e inundações. Às variações de altitude do terreno permitiu identificar pontos com altimetria mais baixa que tendem a acumular água durante períodos de precipitação intensa ou transbordamentos.

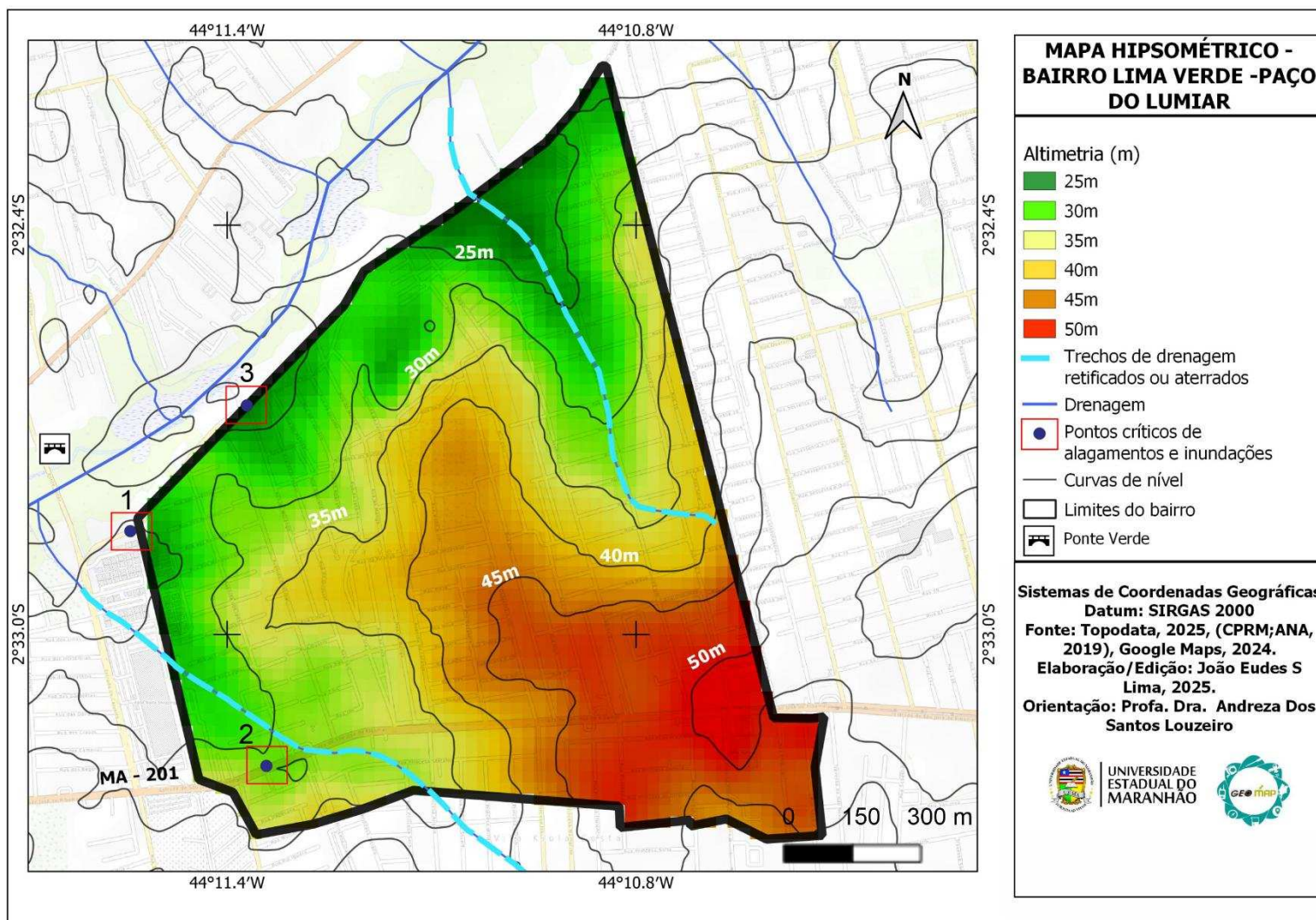
O bairro Lima Verde está inserido no intervalo de 25 a 50m de altitude, caracterizando um relevo suavemente ondulado, conforme o Mapa 3 revela.

É possível observar no mapa que as zonas mais baixas representadas em tons verdes, são áreas mais propensas ao acúmulo de água, especialmente durante precipitações intensas, outro fator importante frisar são os pontos críticos de alagamentos e inundações representados pelos pontos azuis, que também estão localizados nessas zonas em tons de verde, reforçando a suscetibilidade da área para alagamentos e inundações, especialmente por estarem associadas a fundos de vale e zonas de drenagem natural que foram retificadas ou obstruídas.

As zonas intermediárias, com altitudes entre 35 a 40 metros, representada em tons amarelados, corresponde às áreas de transição entre os topos mais altos e as zonas mais baixas. Essa faixa altimétrica funciona como área de escoamento superficial, direcionando as águas pluviais para as partes mais baixas, são áreas que estão relacionadas diretamente ao aumento do fluxo de água nas zonas adjacentes.

Nas altitudes mais elevadas, entre 45 e 50 metros (em tons laranja e vermelho), estão localizadas regiões compostas por topos residuais e áreas mais elevadas do relevo. Essa regiões, por estarem em cotas mais altas, apresentam menor suscetibilidade para alagamento, mas contribuem para o escoamento das águas em direção às zonas mais baixas.

MAPA 3 – Mapa hipsométrico



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

4.4 Declividade

A declividade da área de estudo foi baseada na abordagem de Santana (2021), a partir classificação de declividade proposta por Santos e Ross (2012), derivada de uma adaptação do modelo originalmente elaborado por Ross (1994). Essa abordagem é voltada ao ambiente urbano, e permite avaliar com maior precisão as condições do relevo frente as consequências causadas pela urbanização e impermeabilização do solo.

Complementando essa abordagem, Bernardelli (2019) contribui ao classificar as faixas de declividade em relação à viabilidade de uso urbano. As áreas com declividade entre 3,1% e 5% apresentam superfícies planas e sem limitações significativas para a drenagem pluvial e fluvial. Já as faixas entre 5,1% e 10% são caracterizadas como áreas consideradas de transição com declividades moderadas e 10,1% a 20% são terrenos com inclinação mais acentuada Quadro 6.

Quadro 6 – Classificação da declividade

Declividade em (%)	
Faixa de declividade	Caracterização
0 – 3%	Terrenos planos e fundos de vale – áreas mais sujeitas a alagamentos
3,1 – 5%	Áreas planas e sem problemas com drenagem pluvial e fluvial
5,1 – 10%	Áreas de transição com inclinação leve
10,1 – 20%	Terrenos com inclinação mais acentuada – transição entre planos e colinas
≥ 25%	Áreas com forte declividade – maior suscetibilidade a processos erosivos

Fonte: Adaptado de Santana (2021) com base em Santos e Ross (2012) e Bernardelli (2019).

Segundo Santana (2021), essa abordagem é eficaz para compreender como as diferentes faixas de inclinação do terreno se relacionam a desastres naturais ligados ao solo e água, como inundações, alagamentos, erosões e deslizamentos de terra.

Portanto, a classificação da declividade em intervalos foi definido com base em

Santana (2021), Santos e Ross (2012) e Bernardelli (2019).

Conforme Mapa 4, observa-se que a área apresenta predominantemente declividades entre 0% e 20%, distribuídas entre as seguintes classes: 0 – 3%, 3,1-5%, 5,1-10% e 10,1-20%. Essa distribuição evidencia um relevo majoritariamente plano a suavemente ondulado.

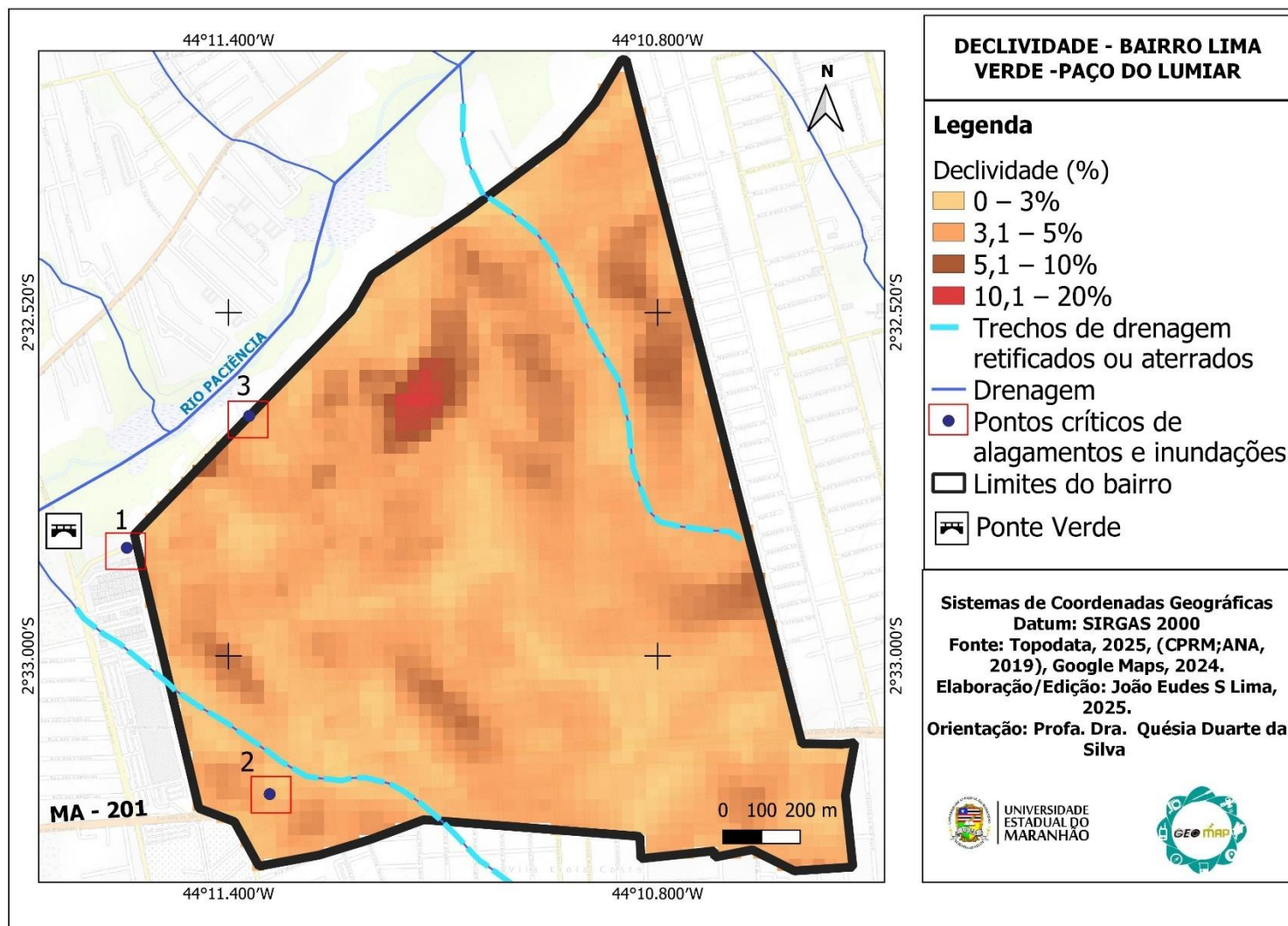
A classe 0- 3%, predominante em diversas áreas, corresponde a terrenos planos, que são altamente suscetíveis a alagamentos, especialmente em períodos de chuva intensa e em zonas com drenagem comprometida. As faixas de 3,1-5% e 5,1-10% representam áreas com inclinação leve.

As declividade entre 10,1 – 20%, embora menos frequentes, marcam regiões de transição entre áreas planas e elevações suaves, sendo importantes para a compreensão do escoamento superficial e da morfodinâmica local.

Justifica-se, portanto, o não uso das classes superiores a 20%, como $\geq 25\%$, no mapeamento, uma vez que não há mensuração dessas declividades obtidas no MDE dentro dos limites do bairro. Isso se deve ao predomínio de superfícies planas.

A ausência de áreas com declividades mais acentuadas indica menor suscetibilidade do solo para deslizamentos e processos erosivos. No entanto, embora favorável à ocupação urbana, essas áreas apresentam maior suscetibilidade de alagamentos, devido à baixa declividade e ao índice de impermeabilização do solo que propicia o acúmulo de água pluviais.

MAPA 4 – Mapa de declividade



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

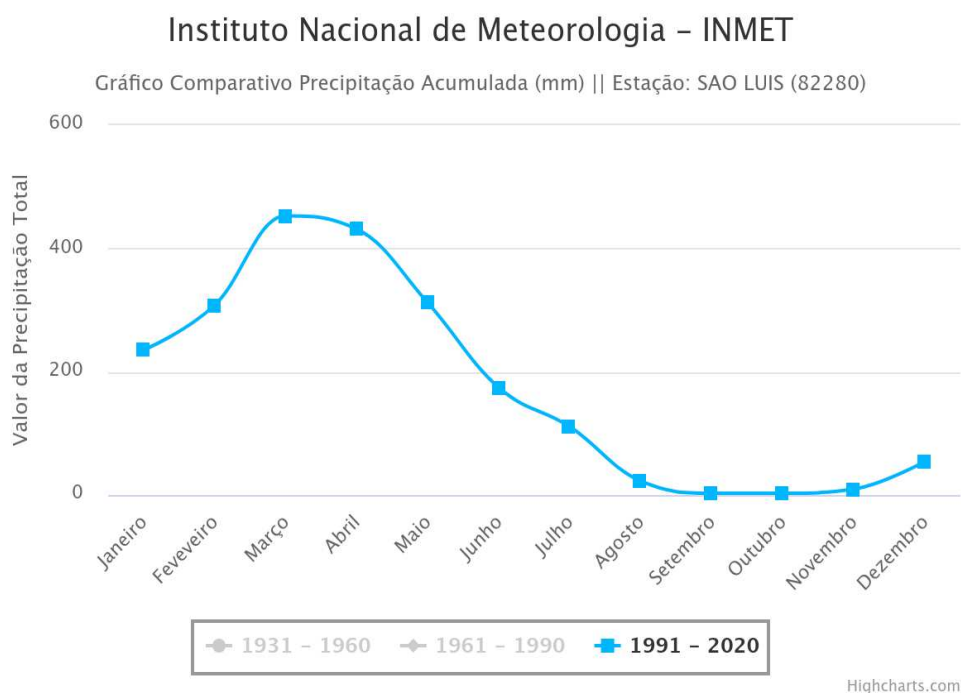
4.5 Clima

De acordo com os dados obtidos e interpretados do (IMESC, 2021), o clima do município é o tropical úmido, com estação chuvosa distribuídas nos meses de janeiro a junho, e o período não chuvoso nos meses de julho a dezembro, com pluviosidade anual de 1.600mm a 2.000mm. Com a temperatura média anual superior a 27°C.

Conforme a classificação climática de Köppen, o clima da Ilha de São Luís, se identifica como categoria AWW', em que A representa tropical úmido com temperaturas elevadas, o W refere-se à estação seca bem definida e W' representa precipitações com proporções acima da média no verão e outono (Prefeitura municipal de São Luís, 2024).

A partir de dados coletados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foi analisando o gráfico climatológico Gráfico 1 de precipitação acumulada (mm) da estação (82280) São Luís.

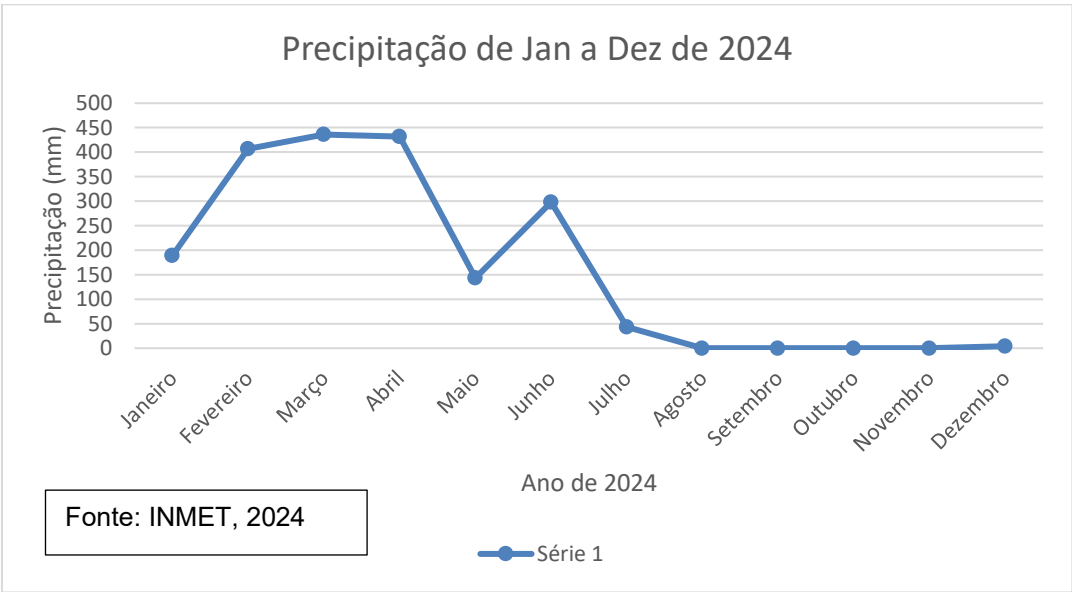
Gráfico 1 - Gráfico de precipitação acumulada



Fonte: INMET, 2024.

Constatou-se que nos anos de 1991 a 2020, os meses mais chuvosos são março e abril, chegando a mais de 400 mm de precipitações no mês. Foi organizado uma tabela Tabela 1 e posteriormente um gráfico Gráfico 2 com a média de precipitação dos meses de janeiro a dezembro de 2024. Relacionando os dados, fazendo um comparativo da média de precipitação de 1991-2020 com o ano de 2024, através dos mapas de estações do INMET, da estação 82280.

Gráfico 2 - Gráfico de precipitação acumulada



Fonte: INMET, 2024, adaptado pelo autor.

Observamos que, nos dados de 1991-2020, os meses mais chuvosos foram março e abril, com mais de 400 mm de precipitação, marcando o auge do período chuvoso na região. Em 2024 Gráfico 2, os meses mais chuvosos foram fevereiro, março e abril, com destaque para o aumento da chuva em fevereiro, divergindo do padrão histórico, mas mantendo março e abril como os meses de maior precipitação. Desta forma analisamos que o padrão de chuvas na Ilha de São Luís possui poucas variações, com algumas alterações sazonais em decorrência de fatores ambientais e climáticos.

Tabela 1 - Precipitação de 2024 em (mm)

Meses	Precipitação mês (mm)
Janeiro	189,5
Fevereiro	407,7
Março	436,8
Abril	432,2
Maio	143,4
Junho	298,2
Julho	43,4
Agosto	0
Setembro	0
Outubro	0
Novembro	0
Dezembro	3,2
Total	1.951,2

Fonte: INMET, 2024.

A precipitação acumulada em 2024 totalizou 1.951,2 mm, com os meses mais chuvosos concentrados no primeiro semestre. Março apresentou o maior volume de chuva (436,8 mm), seguido de abril (432,2 mm) e fevereiro (407,7 mm), demonstrando o período mais chuvoso entre fevereiro e abril. Em junho, houve um aumento considerado (298,2 mm), enquanto os meses de julho a dezembro tiveram precipitação significativamente reduzida, com destaque para agosto, setembro, outubro e novembro, que registraram zero precipitação, caracterizando o período seco. Essa distribuição reflete um padrão do clima tropical úmido como mencionado anteriormente, típico da região, com um forte contraste entre a estação chuvosa e a seca, com grandes volumes de precipitação no início do ano e a ausência de chuvas no final.

A análise da precipitação acumulada de 2024, em conjunto com as séries históricas de precipitação da região, revelam aspectos importantes sobre os recursos hídricos do município de Paço do Lumiar. Os alagamentos e as inundações afetam diretamente toda a região, gerando consequências econômicas, sociais e ambientais no bairro Lima Verde, que refletem uma grande fragilidade na infraestrutura, que se agrava no período chuvoso.

4.6 Hidrografia

A hidrografia da Ilha do Maranhão é formada pelos rios Anil, Bacanga, Tibiri, Paciência, Maracanã, Calhau, Pimenta, Coqueiro e Cachorros. Rios de pequeno porte que drenam para varias direções. Os rios Anil e Bacanga drenam para a baía de São Marcos. (Araújo; Teles; Lago, 2009).

Segundo Silva (2012), a drenagem da Ilha do Maranhão é classificada como exorréica, caracterizada pelo fluxo constante das águas em direção ao mar. Os principais rios da ilha seguem esse padrão, desaguando em duas grandes baías: os rios Santo Antônio, Jeniparana, Tibiri e Paciência escoam para a Baía de São José, enquanto os demais cursos d'água têm como destino final a Baía de São Marcos.

A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do Paciência, no médio curso. Segundo Silva (2012) a bacia hidrográfica do Paciência é a 3º maior bacia da Ilha do Maranhão e possui uma drenagem dendrítica¹

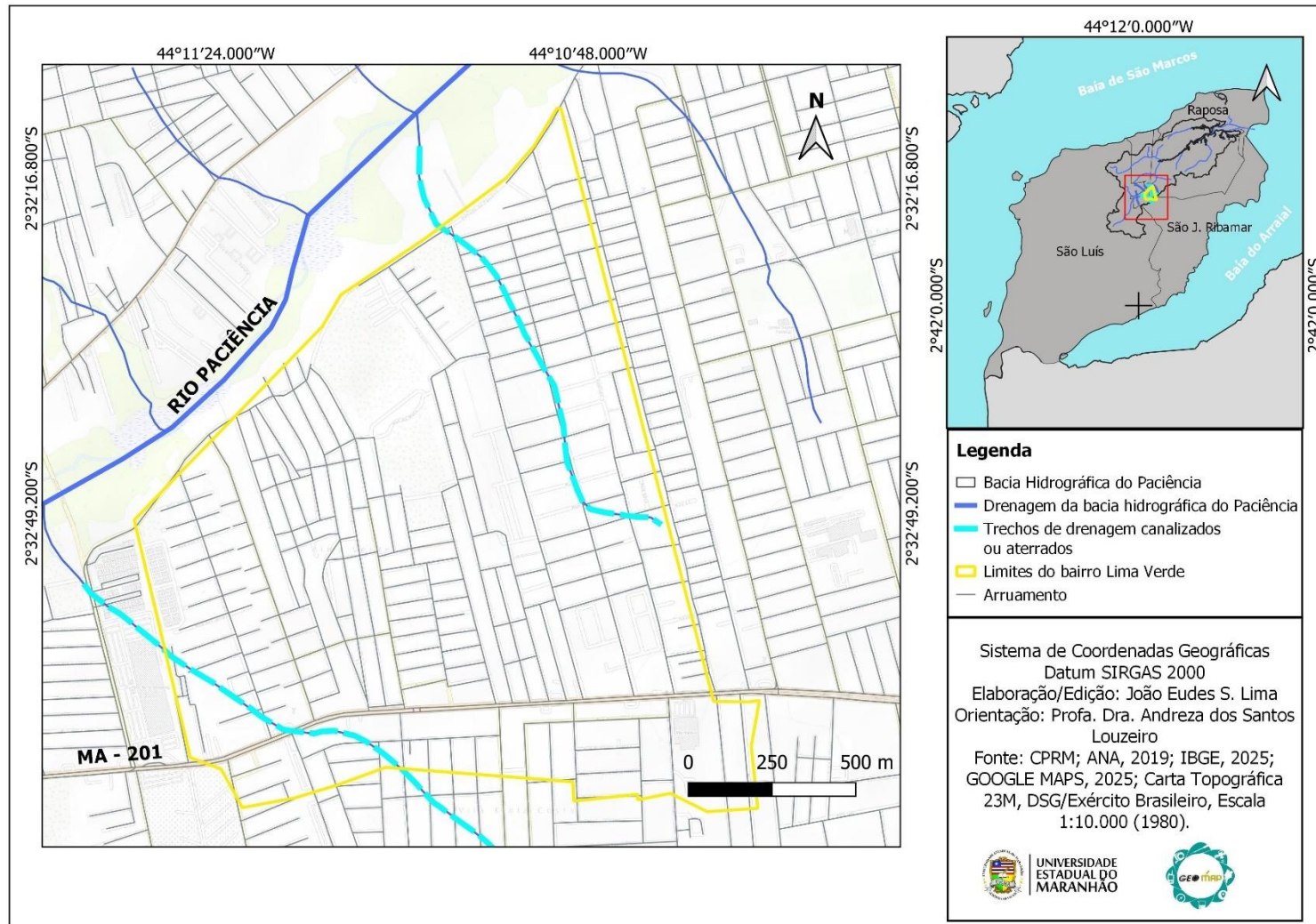
A bacia do Rio Paciência está localizada na região central da Ilha do Maranhão, abrangendo os municípios de São Luís, São José de Ribamar e Paço do Lumiar. O município de Paço do Lumiar é banhado por dois rios de grandes extensões, os rios Santo Antônio (conhecido também como Rio Antônio Esteves e Rio Cururuca), e Paciência, ambos perenes. No entanto, esses rios enfrentam sérios desafios ambientais, como a poluição em estágio avançado devido ao despejo inadequado de esgoto doméstico e resíduos sólidos. Esses fatores prejudicam as comunidades que residem próximas ao curso dos rios e contribuem para o agravamento dos fenômenos como alagamentos e inundações.

O acesso a bacia hidrográfica do Paciência é possível por meio das rodovias MA-201 e MA-203, além de vias fluviais por pequenos portos próximos à foz do rio. Essa bacia possui uma área aproximada de 145,7 km², com padrão de drenagem dendrítico-arborescente, e é classificada como de 4º ordem. O rio Paciência, com cerca de 32km de extensão, é o principal curso d'água, percorrendo um ambiente estuarino até desaguar na Baía de São José (Santos, 2020).

Conforme Mapa 5, é possível observar a existência de trechos de drenagem canalizados ou aterrados (em Azul-claro tracejado), o que indica intervenções antrópicas no sistema natural de escoamento, associadas à urbanização e a expansão do bairro. Comprometendo a eficiência da drenagem natural, agravando fenômenos como alagamentos.

¹ Lembra a configuração de uma árvore

MAPA 5 – Hidrografia da área de estudo



Fonte: Autoria própria, 2025.

4.7 Solos

O estudo dos solos é fundamental para a compreensão da dinâmica ambiental da área de estudo, nesse contexto, compreender os mecanismos envolvidos na formação do solo permite interpretar suas características e aspectos.

“Os processos pedogenéticos responsáveis pelo desenvolvimento dos solos são resultantes de complexas e contínuas reações físicas, químicas e biológicas que, associadas aos fatores de formação dos solos, geram diferentes tipos de solos” (Silva, 2012, p. 120).

Segundo CPRM e ANA (2019) *apud* Gama (*et al*, 2012) a classificação de solos da Ilha do Maranhão possui um domínio dos Argissolos Vermelho-Amarelos, com ou sem a ocorrência de lateritas, na parte alta da ilha. Na parte baixa é possível identificar, solos de mangue, os gleissolos associados aos neossolos flúvicos e neossolos quartzarênicos hidromórficos.

Segundo a CPRM e ANA (2019):

Gleissolos Hápticos tb distróficos: Compreendem solos mal drenados, relacionados às áreas mais deprimidas do terreno, com deficiência de oxigênio, dando ao solo uma coloração acinzentada, chegando até azulada, quase sempre implicando em presença de ferro, principalmente devido à condição de redução. Pelo fato da proximidade do mar, é comum estarem associados a solos com excesso de sais, formando solos salinos. Tais solos possuem estruturas prismáticas, comumente colunares, com baixíssima permeabilidade; Neossolos Quartzarênicos órticos: Correlacionados principalmente aos tabuleiros da formação terciária do Grupo Barreiras; Argissolos Vermelho-Amarelos ou Vermelhos distróficos: Desenvolvidos em colinas relacionadas às formações cretáceas do Itapecuru. É bastante comum a ocorrência de lateritas associadas a esses solos; Solos Indiscriminados de Mangue: De ocorrência restrita às áreas de baixadas, classificados genericamente como solos Indiscriminados de mangue (CPRM; ANA, 2019, p. 99).

Os mangues possuem solos com teores altos de composição do enxofre, por conta do processo de oxidação e alterabilidade das águas das marés, em decorrência desse processo se tornam muito ácidos, esses solos estão geralmente relacionados às planícies de maré (Silva, 2012).

Segundo a CPRM e ANA (2019), conforme a Quadro 7, os tipos de solos no Ilha do Maranhão são:

Quadro – 7 Tipos de solos na Ilha do Maranhão

Tipos de solos	Características
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Encontrados em colinas relacionadas às formações cretáceas do Itapecuru. Com ocorrência de lateritas associadas a esses solos.
Argissolo Vermelho Distrófico	Encontrados em colinas com ocorrência de lateritas
Neossolo Quartzarênico Órtico	Encontrados nos tabuleiros de formação terciária do Grupo Barreiras
Gleissolo háplicos tb Distrófico	Solos mal drenados, encontrados em áreas deprimidas possui uma coloração acinzentada, chegando até azulada, possui a presença de ferro
Solo de Mangue	Solos com altos teores de enxofre e cores escuras e acinzentadas.

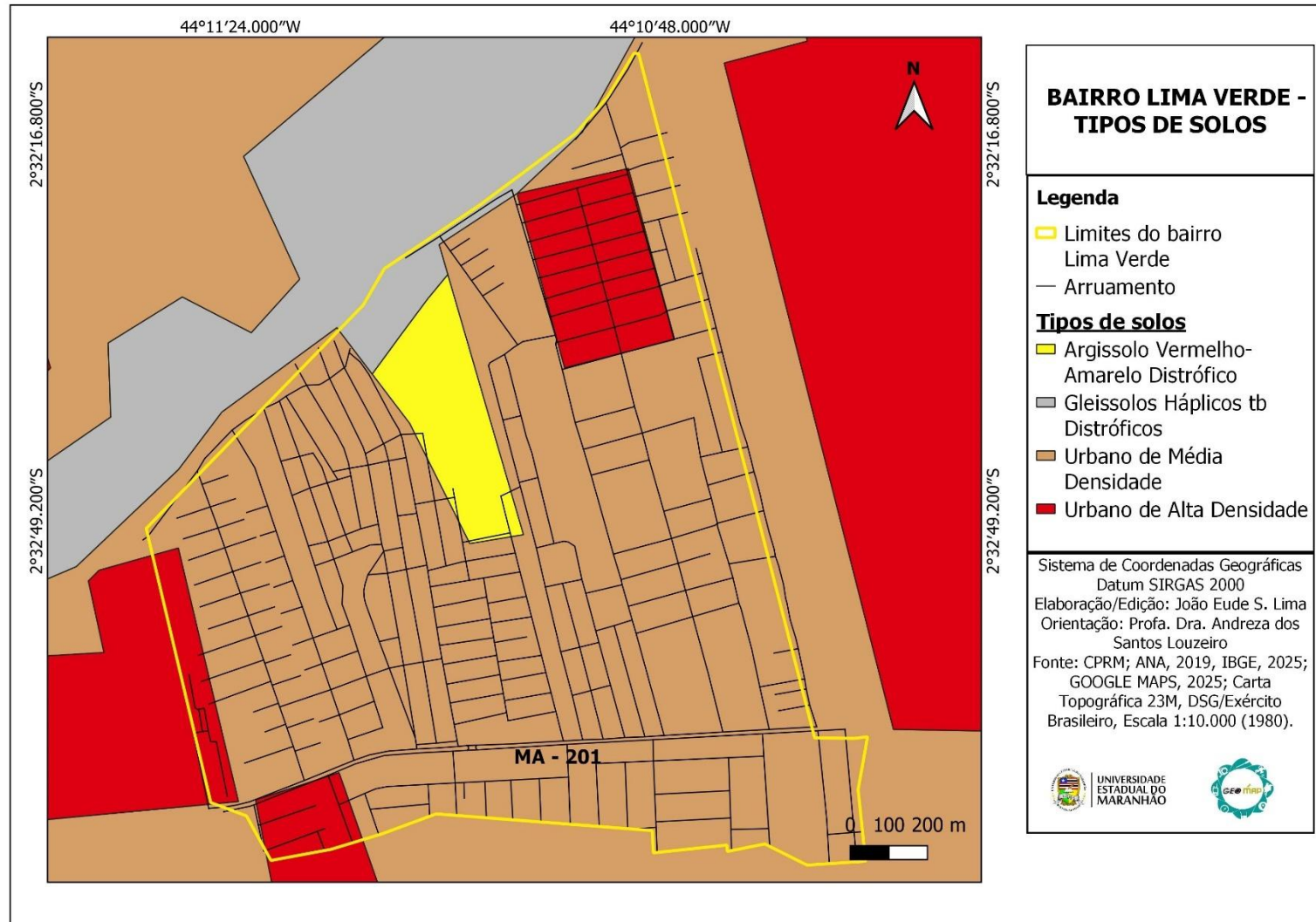
Fonte: CPRM; ANA, 2019.

Conforme o Mapa 6, as principais classes identificadas na área de estudo incluem argissolos vermelho-amarelo distróficos. Também são identificados os gleissolos háplicos distróficos e solos com alta ou média incidência de impermeabilização.

Os Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos, destacados em amarelo, localizados na porção central do bairro. Caracterizam-se por um grau mais avançado de intemperismo. Os Gleissolos Háplicos Distróficos, representados em cinza, situados na porção noroeste do bairro. Esses solos estão geralmente associados a áreas com drenagem, como planícies úmidas, ambientes alagadiços e de manguezais (CPRM; ANA, 2019).

Além disso, grande parte da área é classificada como solo com alta ou média incidência de impermeabilização, representando superfícies urbanizadas com cobertura do solo por pavimentações e construções o que reduz a infiltração de água e aumenta o escoamento superficial.

MAPA 6 – Tipos de solos da área de estudo



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

4.8 Uso e cobertura da terra

A ocupação da Ilha do Maranhão teve início em 1612, com a chegada dos franceses liderados por Daniel de La Touche, o senhor de La Ravardière, que fundaram a colônia França Equinocial, estabelecendo-se em Saint Louis, atual São Luís. Para recuperar o território, Portugal enviou, em 1613, uma expedição comandada por Jerônimo de Albuquerque, que fundou o Arraial de Santa Maria e resistiu até a chegada de reforços. Após a negativa do rei Felipe III em negociar com os franceses, uma nova ofensiva foi organizada, resultando na rendição de La Ravardière em 1615. A partir de então, Jerônimo de Albuquerque passou a governar a colônia sob domínio português (Rezende, 2006).

Após a ocupação efetiva de São Luís pelos portugueses, posteriormente à batalha de Guaxenduba, a cidade passou por diversos domínios, incluindo o holandês, até ser elevada à categoria de cidade em 1677. A cidade se expandiu com o desenvolvimento do comércio durante o período da Companhia Geral do Grão-Pará e Maranhão. No século XIX, a decadência da agricultura algodoeira e a abolição da escravidão impulsionaram a industrialização. Apesar do crescimento industrial, a partir de 1930 a economia local entrou em declínio devido à concorrência com outras regiões do Brasil, levando ao fechamento de fábricas. O êxodo rural agravou os problemas sociais e a cidade passou a se expandir de forma desordenada. Na década de 1970, obras de infraestrutura como pontes e a barragem do Bacanga incentivaram a expansão urbana para novas áreas e com o tempo, a cidade começou a se expandir para municípios vizinhos, como São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa formando a região metropolitana de São Luís (Souza, 2005).

De acordo com Cruz (2021), a ocupação do município de Paço do Lumiar foi fortemente influenciado pelos movimentos migratórios que ocorreram na Ilha do Maranhão e pelo crescimento da área e da população da capital, São Luís. Entre 1950 e 1991, a ilha experimentou um aumento expressivo de habitantes, impulsionado principalmente pelos projetos industriais da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)² e do Consórcio de Alumínio do Maranhão (ALUMAR), o que gerou uma expansão demográfica significativa não apenas em São Luís, mas também nos municípios ao redor, especialmente em Paço do Lumiar.

Conforme dados do IBGE (2010), apresentados na Tabela 2, a população do município de Paço do Lumiar - MA era de 105.121 mil pessoas, em 2010.

² O nome completo da Vale é Vale S.A. A empresa foi fundada em 1942 como companhia Vale do Rio Doce (CVRD). Em 2007, a empresa adotou o nome Vale como marca comercial em todos os países onde atua.

Tabela 2 - População residente por região de 2010

Município	Paço do Lumiar - Maranhão
Ano	2010
População	105121

Fonte: IBGE, Censo demográfico, 2010.

No último censo demográfico, o município de Paço do Lumiar- MA contabilizou 145.643 habitantes, conforme mostrado na Tabela 3. Tem-se assim, um crescimento populacional de 38%. Além de apresentar uma densidade demográfica de 1.145,06 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2022).

Tabela 3 - População residente por região de 2022

Município	Paço do Lumiar - Maranhão
Ano	2022
População	145643

Fonte: IBGE, Censo demográfico, 2022.

Dessa forma podemos observar que o município teve um crescimento populacional expressivo, além de ser densamente povoado, visto que, a média nacional³ é de 23,9 habitantes por km².

Portanto, há um crescimento e uma concentração significativa de pessoas em relação à área total no município e isso poderá sobrecarregar serviços públicos como habitação, saneamento básico e mobilidade urbana.

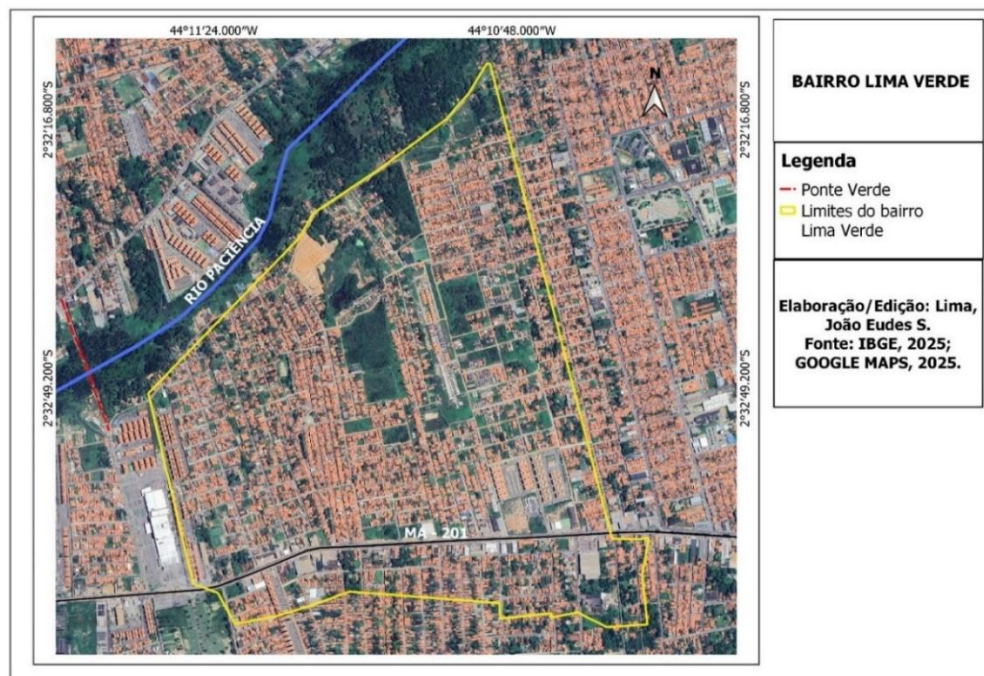
Em meados da década de 1980, observou-se o aumento demográfico no município de Paço do Lumiar, a partir da criação de novos conjuntos habitacionais, como o Maiobão, construído no limiar da rodovia MA-201. Com a expansão urbana, áreas adjacentes à rodovia passaram a ser ocupadas, surgindo novos bairros e conjuntos, como o bairro Lima Verde (IMESC, 2021).

O bairro Lima Verde teve sua formação ligada diretamente à expansão demográfica

³ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). AGÊNCIA DE NOTÍCIAS. **País tem 90 milhões de domicílios, 34% a mais que em 2010.** 2023. disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37238-pais-tem-90-milhoes-de-domicilios-34-a-mais-que-em-2010#:~:text=No%20país%2C%20a%20média%20de,4%2C5%20hab%2Fkm²>. Acesso em 02, dez. 2024.

impulsionada pela industrialização. Como podemos observar na Figura 16, a localização do bairro, fica próximo a MA - 201 e ao Rio Paciência, fatores que contribuíram para sua urbanização. O bairro possui uma dinâmica de expansão urbana de grande intensidade, evidenciada pelo adensamento das construções residenciais e pelas poucas áreas livres ou vegetadas. No bairro identificou-se também fragmentos de vegetação, sobretudo na porção norte e centro do bairro, que podem representar remanescentes de mata secundária. Além da MA – 201, o bairro tem a ponte Verde que dá acesso a Estrada da Maioba que permite à passagem para bairros vizinhos como: Cohatrac, Cohab e Novo Cohatrac.

Figura 16 – Limites do bairro Lima Verde



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Conforme os dados da CPRM e ANA (2019) observa-se onze classes distintas na Ilha do Maranhão, englobando desde áreas urbanas até zonas com vegetação natural e uso agrícola. São elas: mangue, restinga, mata secundária, mata secundária fragmentada, culturas agrícolas, solo exposto, urbano de alta densidade, urbano de média densidade, urbano de baixa densidade, urbano industrial e corpos d'água. Foi identificado as classes para classificar o uso e ocupação da terra da área de estudo Quadro 8.

Quadro 8 – Classes de uso e cobertura

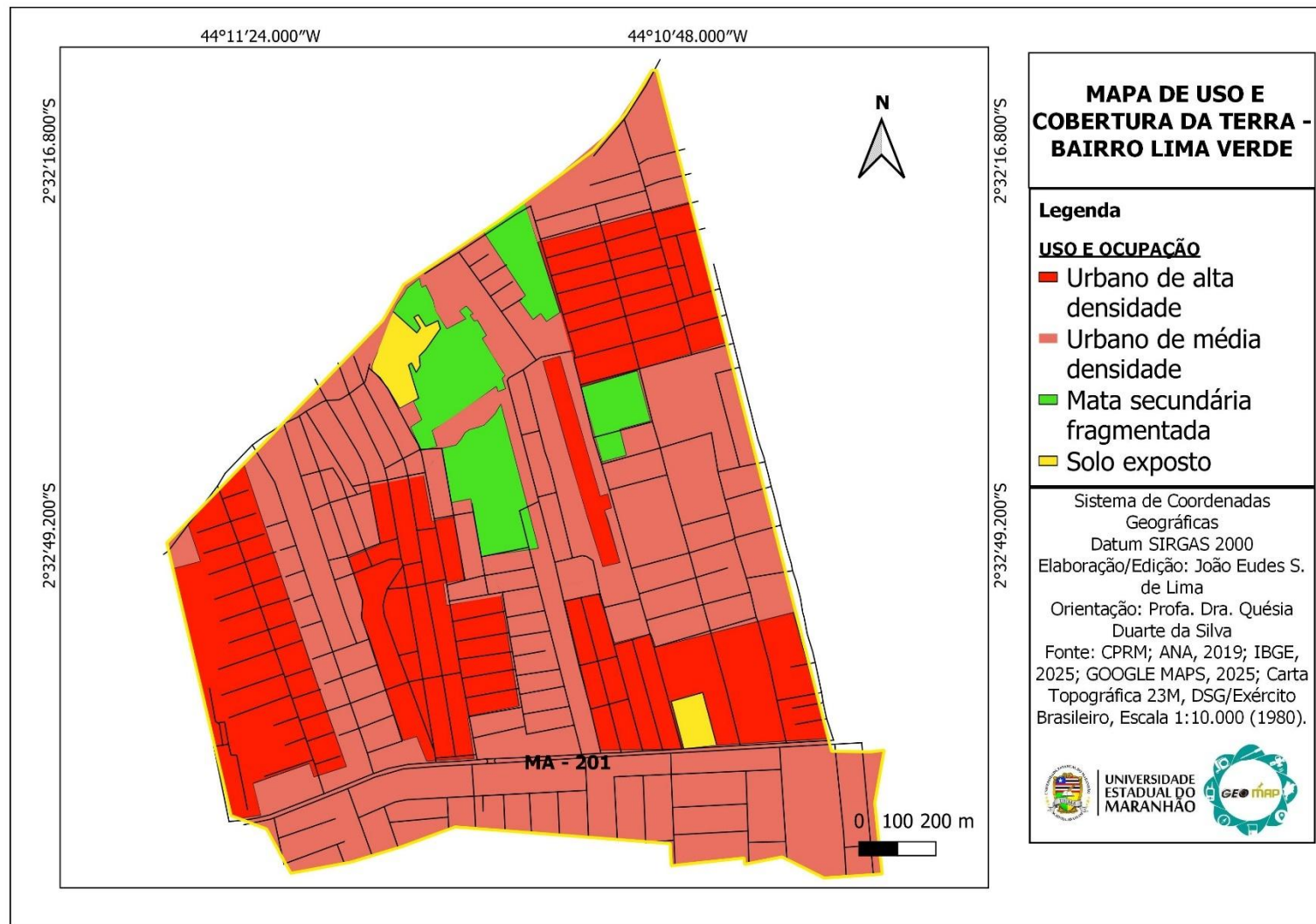
Classes de uso e cobertura
Urbano de alta densidade
Urbano de média densidade
Mata secundária fragmentada
Solo exposto

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

As áreas urbanas de alta densidade são muito ocupadas, com construções próximas, ruas pavimentadas e pouca vegetação, o que causa maior escoamento da água da chuva. Já nas áreas urbanas de média densidade, a ocupação é mais espaçada, geralmente residencial, com presença de quintais e terrenos baldios, permitindo maior infiltração da água. Os fragmentos de mata secundária são resíduos isolados de vegetação, cada vez mais reduzidos devido à expansão urbana, e possuem vegetação menos densa. Já o solo exposto é comum em locais onde a vegetação foi retirada para obras ou agricultura, ficando mais sujeito à erosão e ao assoreamento de rios (CPRM, ANA, 2019).

Na área de estudo Mapa 7 é possível identificar uma predominância de ocupações urbanas de média e alta densidade, misturando habitações e áreas comerciais. Há ainda, a presença de vegetação remanescente, como mata secundária.

MAPA 7 – Uso e cobertura da terra



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Através da análise do uso e cobertura da terra no bairro Lima Verde, foi possível observar um cenário marcadamente urbano, com predominância de áreas ocupadas por construções e infraestrutura urbana. Do total de 2.225.959 m² mapeados, conforme apresentados nas Tabelas 4 e 5, a maior parte corresponde a espaços urbanizados.

Tabela 4 – Classes de uso e cobertura

Classes de Uso e Cobertura	Área	
Áreas com adensamento urbano	M ²	(%)
Urbano de alta densidade	754.978	37,24%
Urbano de média densidade	1.272.073	62,76%
TOTAL	2.027.051	100%

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

As áreas com adensamento urbano somaram o total de 2.027.051 m², onde 62,76% (1.272.073 m²) correspondem às áreas urbanas de média densidade, caracterizadas por ocupações residenciais com alguma presença de vegetação e terrenos baldios. Já as áreas urbanas de alta densidade correspondem a 37,24% (754.978 m²), onde é possível observar maior concentração de edificações, condomínios, ruas pavimentadas e praticamente nenhuma vegetação, resultando em forte impermeabilização do solo.

Tabela 5 – Classes de uso e cobertura vegetal

Classes de Uso e Ocupação	Área	
Áreas com cobertura vegetal	M ²	(%)
Mata secundária fragmentada	164.716	82,81%
Solo exposto	34.192	17,19%
TOTAL	198.908	100%

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Quanto às áreas com cobertura vegetal, observou-se uma parcela bem menor do território, compreendendo 198.908 m². Deste total, a mata secundária fragmentada representa 82,81%, (164.716 m²), indicando pequenos remanescentes florestais de uma mata secundária, e forte pressão do avanço urbano. O solo exposto, última categoria classificada, corresponde a

17,19% (34.192 m²), observou-se processos de terraplanagem e desmatamento para finalidades como construções de casas e condomínios.

Esses resultados evidenciam um processo de urbanização acelerado e intenso, com pressão sobre os recursos naturais e redução progressiva das áreas verdes, o que compromete a drenagem natural e aumenta a suscetibilidade de alagamentos, especialmente nas zonas onde houve canalização ou aterramento de drenagens naturais.

5 SUSCETIBILIDADE A ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES NO BAIRRO LIMA VERDE

5.1 Alagamentos e inundações no bairro Lima Verde

O bairro Lima Verde tem enfrentado de forma recorrente problemas relacionados a alagamentos e inundações. Essas ocorrências acabam resultando em vias interditadas e dificuldades de locomoção.

Podemos observar na Foto 1, nos limites do bairro bairro Lima Verde na MA – 201 (estrada de São José de Ribamar), uma área alagada. Essa situação impossibilita e dificulta a passagem de veículos e pedestres que trafegam pela região, criando um ambiente potencialmente perigoso.

Foto 1 - Pontos de alagamento na MA - 201



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Na Foto 2, a placa que parece estar em uma localização estratégica para avisar os pedestres e motoristas, contém um aviso da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil que diz “ATENÇÃO ÁREA SUJEITA A ALAGAMENTO”. O aviso sugere que o local pode ser perigoso durante o período de chuvas intensas. A sinalização serve como aviso importante para a comunidade local e passantes sobre o risco associado a alagamentos na área, enfatizando uma preparação para uma possível situação de emergência.

Foto 2 - Placa de aviso para área de alagamentos.



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

As consequências dos alagamentos, como podemos ver na Estrada de São José de Ribamar, no bairro Lima Verde, vão além do transtorno imediato à locomoção de pedestres e veículos. O acúmulo de água nas vias prejudica o asfalto, acelera o desgaste das rodovias e pode comprometer seriamente pontes e estruturas vizinhas. Além disso, os estabelecimentos comerciais sofrem com a interrupção de suas atividades, perdas materiais e em casos mais graves danos estruturais.

Residências e áreas comerciais nas proximidades dos alagamentos também ficam expostas. A entrada de água pode causar perdas de móveis e eletrônicos, gerar a contaminação dos espaços por doenças de veiculação hídrica colocando em risco a saúde pública. O sistema elétrico também é altamente impactado, podendo ocorrer curtos-circuitos, apagões e riscos de choque elétrico agravando ainda mais a situação. O impacto econômico desses eventos também é expressivo, pois reparos nas estradas, pontes e redes de eletricidade exigem investimentos altos por parte do poder público (Foto 3).

Foto 3 - Residenciais e comércios na MA – 201



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

5.2 Eventos recorrentes

De acordo com uma reportagem do blog de notícias Hora Extra (2023), a região em destaque é passível de alagamentos recorrentes, um problema onde a população clama por uma resolução.

Na reportagem do Hora Extra Figura 17, intitulada “ESTRADA DE RIBAMAR – Alagamentos, congestionamentos, sofrimentos, aborrecimentos e lamentos antigos”, o autor Walkir Marinho traz uma série de fatos sobre os alagamentos ocorridos na região e todos os transtornos ocasionados.

Ele vem apontar uma determinada região, a MA- 201, conhecida também como Estrada de Ribamar, principal corredor de ligação entre os municípios vizinhos, e via principal de acesso a vários bairros populosos.

Mesmo sendo uma rodovia de muita importância, vem sendo deixada de lado, principalmente na sua infraestrutura e manutenção. Despontando no período chuvoso, quando há precipitações com maior intensidade, essa desassistência do poder público, apontada pelo autor, ocasiona diversos problemas.

Existem alguns locais onde a situação fica crítica, ao ponto de as pistas serem interditadas nos dois sentidos e o trânsito ficar congestionado por horas, além de situações onde a via fica totalmente coberta por água. Os motoristas se reclamam constantemente dessa situação, principalmente na localidade próxima ao bairro Lima Verde. Onde são inúmeros registros de alagamentos, e também de enxurradas, onde vários motoristas tiveram seus veículos arrastados pela força da água.

O autor enfatiza ainda que todo período chuvoso o problema se repete e piora. A região carece de um serviço abrangente de macrodrenagem, pois obras residuais, não solucionam o problema. Enquanto isso milhares de pessoas são prejudicadas ano após ano.

Figura 17 - Reportagem hora extra



Fonte: Hora extra, 2024.

A imagem Foto 4, retirada da reportagem citada acima, é da Estrada de Ribamar. Podemos observar que a via está completamente alagada, impossibilitando o trânsito normal de veículos, prejudicando a mobilidade dos moradores e trabalhadores da área. Nesse cenário podemos ver a proporção dos danos à infraestrutura local, afetando não apenas o trânsito, mas também pequenos comerciantes e grandes empresas que dependem de um fluxo constante para manter suas atividades. Além disso, alagamentos desse porte resultam na interrupção de serviços essenciais, ameaçando a segurança e o bem estar da população local, que precisa lidar com os riscos e dificuldades impostas por esses eventos frequentes.

Foto 4 - Estrada de Ribamar completamente alagada



Fonte: Hora extra, 2024.

Além dessa reportagem existem outros relatos que se repetem ano após ano, conforme os meios de comunicação mostram Figura 18, onde é possível identificar um padrão de ocorrências nessa região.

Figura 18 - Reportagens dos alagamentos na MA -201 imediações do bairro Lima verde

g1 JORNAL NACIONAL

Em São Luís (MA), chove em 9 horas o esperado para o mês de janeiro inteiro

A pior situação é de Minas Gerais. No norte do estado, são esperados de 140 mm a 220 mm de chuva em todo o mês de janeiro.

2025 (MA – 201) imediações do bairro

Em São Luís (MA), chove em 9 horas o esperado para o mês de janeiro inteiro.

MARANHÃO

Chuvas provocam transtornos na Grande São Luís e MA chega a 19 cidades em situação de emergência

Segundo o Defesa Civil, são 810 famílias afetadas em alagamentos e 2.297 desalojadas em todo o estado.

Por g1 MA — São Luís, MA, 13/04/2024 18:02. Atualizado há 5 horas.

2024

Chuvas fortes provocam transtornos na Grande São Luís e MA chega a 19 cidades em situação de emergência.

MARANHÃO

Chuva forte alaga vias e deixa motoristas ilhados na Grande São Luís; VÍDEO

Fortes chuvas foram registradas nos bairros Jardim Tropical, Vinhais e na Estrada de Ribamar, onde o tráfego de ônibus e carros costuma ser intenso.

Por g1 MA — São Luís, 13/04/2024 18:02. Atualizado há 5 horas.

2022

Chuva forte provoca alagamentos na Grande São Luís.

MARANHÃO

tráfego de veículos e pedestres.

- Compartilhe esta notícia no WhatsApp
- Compartilhe esta notícia no Telegram

Fortes chuvas foram registradas nos bairros Jardim Tropical, Vinhais e na Estrada de Ribamar (MA-201), onde o tráfego de ônibus e carros costuma ser intenso (veja no vídeo acima).

2022

Como São Paulo no bairro Lima Verde, na Estrada de Ribamar — Foto: Pedro Soares

Para evitar acidentes, os motoristas reduziram a velocidade, acenderam os faróis e ficaram mais atentos na direção do veículo.

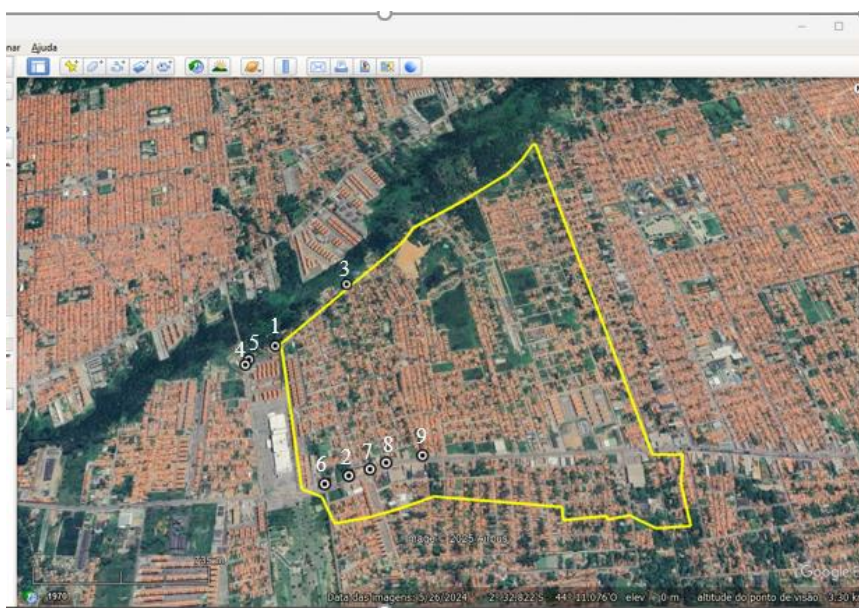
Fonte: Portal G1, 2025.

Com esse levantamento de reportagens e notícias, foi possível observar que a MA – 201 (Estrada de São José de Ribamar), rodovia fundamental para o deslocamento entre os bairros da região e municípios vizinhos, é uma das zonas mais críticas quanto a incidência de alagamentos e inundações, especialmente nas imediações do bairro Lima Verde.

5.3 Setores de Suscetibilidade

Por meio de relatos da população local foi possível identificar pontos com ocorrências desses fenômenos, onde foi coletado coordenadas e feito registros fotográficos. A espacialização desses pontos críticos se deu a partir da plotagem dessas coordenadas Figura 19 no Google Earth e posteriormente no SIG, QGIS. Foi identificado ao todo 9 pontos de ocorrência, mostrados na figura abaixo por círculos pretos com contorno branco e numeração em cima.

Figura 19 – Pontos de alagamentos e inundações



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

A espacialização da área do bairro Lima Verde foi essencial para a compreensão da distribuição dos alagamentos e inundações. Permitiu validar os relatos da população e evidências jornalísticas, e também serviu para direcionar uma investigação mais precisa dos pontos de ocorrência desses fenômenos. Foram tabulados os dados de cada ponto de ocorrência, identificando sua coordenada e seu endereço, conforme o Quadro 9 abaixo.

Quadro 9 – Pontos de alagamentos e inundações

Pontos plotados com ocorrência de alagamentos e inundações		
Nº pontos	Coordenadas	Endereço
1	2° 32.849'S/44° 11.542'O	Estrada do Cajueiro – Lima Verde. Paço do Lumiar
2	2° 33.191'S/44° 11.329'O	Estrada de São José de Ribamar- Lima Verde – Paço do Lumiar
3	2° 32.664'S/44° 11.371'O	Estrada do Cajueiro – Lima. Verde. Paço do Lumiar
4	2° 32.903'S/44° 11.613'O	Estrada do Cajueiro – Lima Verde. Paço do Lumiar
5	2° 32.888'S/44° 11.606'O	Estrada do Cajueiro – Lima Verde. Paço do Lumiar
6	2° 33.212'S/44° 11.385'O	Estrada de São José de Ribamar- Lima Verde – Paço do Lumiar
7	2° 32.175'S/44° 11.279'O	Estrada de São José de Ribamar- Lima Verde – Paço do Lumiar
8	2° 33.159'S/44° 11.241'O	Estrada de São José de Ribamar- Lima Verde – Paço do Lumiar
9	2° 33.140'S/44° 11.154'O	Rua da Jaca – Lima Verde – Paço do Lumiar

Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

A partir das informações coletadas *in loco*, foram identificados nove pontos, concentrados principalmente ao longo das vias Estrada de São José de Ribamar (MA-201) e Estrada do Cajueiro, que são os principais eixos de circulação entre o bairro. Essa concentração revela um padrão de recorrência que evidencia a ineficiência do sistema de drenagem pluvial. A presença de múltiplos pontos de alagamento em uma mesma via, como no caso da Estrada do Cajueiro (pontos 1,3, 4 e 5), demonstram que o problema não está restrito a um trecho específico, mas se estende por toda a sua extensão, tomando a via ponto suscetível durante os períodos chuvosos.

Na Estrada de São José de Ribamar (pontos 2, 6, 7 e 8), a situação se agrava ainda mais por se tratar de uma rodovia estadual de grande importância, que além de ligar bairros

populosos, também conecta os municípios de São Luís, Paço do Lumiar e São José de Ribamar. Outro ponto de alagamento que foi identificado foi na Rua da Jaca (Ponto 9), uma via secundária que dá acesso ao bairro Lima Verde, mostrando que as inundações não se restringem às principais rodovias, mas atingem áreas residenciais mais internas, afetando diretamente a vida cotidiana dos moradores.

Dentre esses pontos, alguns deles demonstraram serem mais críticos, os pontos 1º, 2º e 3º, apresentaram ocorrências frequentes, área afetada com grandes dimensões, interrupção total ou parcialmente da via além da grande extensão de danos abrangendo residências, comércios e passantes.

O primeiro ponto fica localizado na estrada do cajueiro nas coordenadas 1º ponto: (2° 32.849'S/44° 11.542'O), próximo ao acesso a ponte Verde, via de grande tráfego, na Figura 20 podemos observar a via durante a ocorrência das chuvas.

Figura 20 – Estrada do Cajueiro



Fonte: Slzmanews, 2025.

As duas imagens apresentam o mesmo local em situações distintas, uma durante um episódio de alagamento e a outra em condições normais.

Na primeira imagem Figura 20 (dividida em dois ângulos), observa-se uma intensa inundação que cobre completamente a via, impossibilitando o tráfego de veículos e pedestres.

O nível da água atinge proporções críticas, submergindo faixas da rua, calçadas e até ameaçando a entrada de residências e comércios. É possível notar a paralisação do trânsito e o esforço dos cidadãos para se proteger ou contornar a situação, o que confirma os relatos de transtornos recorrentes documentados pelas reportagens locais e pelos moradores.

Já na segunda imagem Foto 5, capturada no mesmo ponto em um momento posterior à chuva, o cenário é radicalmente diferente. A via está seca, os veículos circulam normalmente. Essa comparação direta reforça a intermitência do problema: trata-se de uma área que funciona normalmente no período não chuvoso, mas colapsa com chuvas mais intensas.

Foto 5 – Estrada do Cajueiro bairro Lima Verde



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

O segundo ponto fica localizado na estrada de São José de Ribamar nas coordenadas 2º ponto: (2° 33.191'S/44° 11.329'O), a rodovia MA -201 Foto 6.

Foto 6 – Estrada de São José de Ribamar



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

O terceiro e último ponto fica localizado na Estrada do Cajueiro nas coordenadas 3º ponto: (2° 32.664'S/44° 11.371'O) Foto 7.

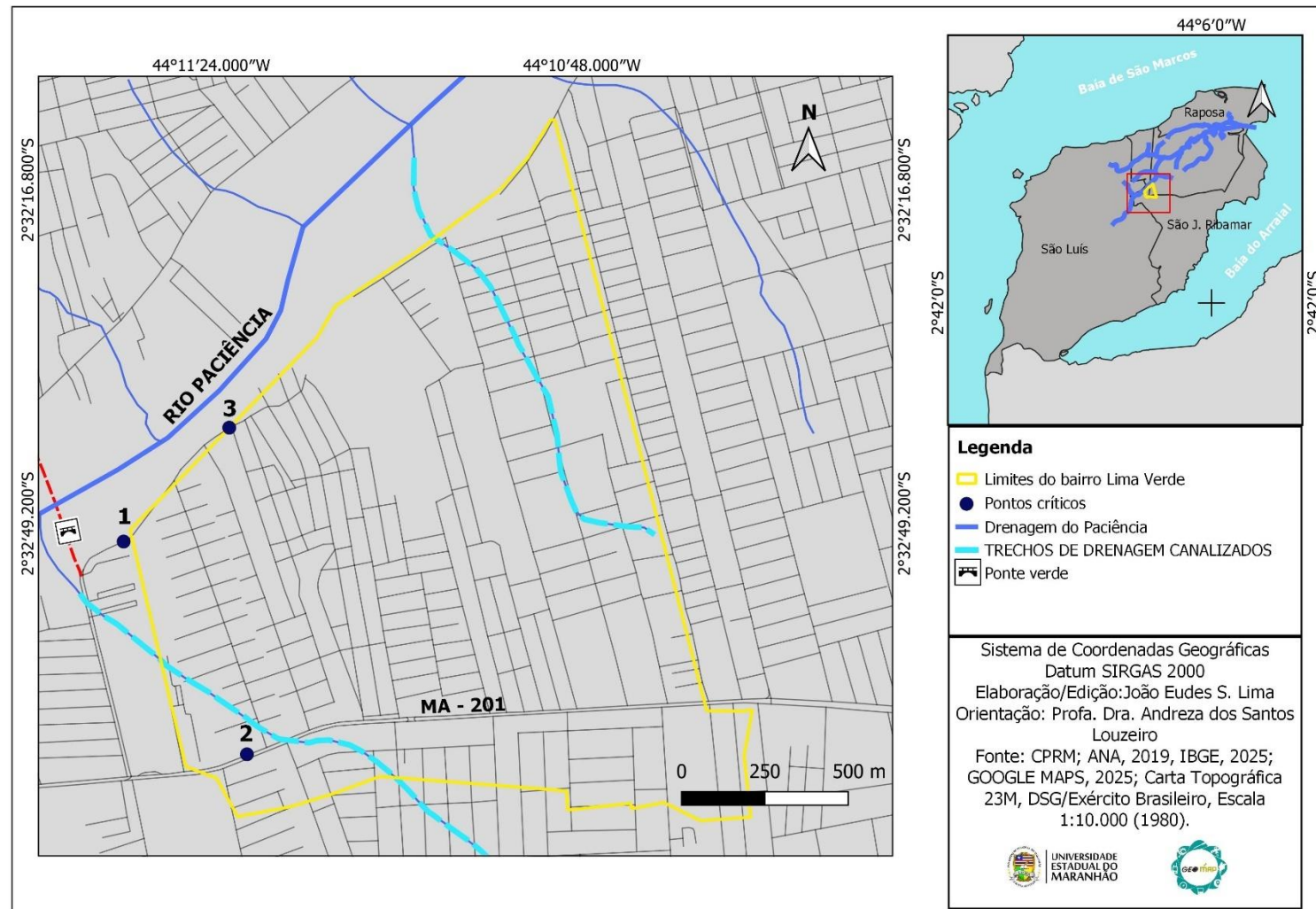
Foto 7 – Estrada do Cajueiro bairro Lima Verde



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

Esses 3 pontos foram considerados os mais críticos e com maior propensão para a ocorrência de inundações e alagamentos. Devido a frequência e a dimensão dos fenômenos, que apontaram uma maior suscetibilidade. Esses dados foram importados para o QGIS, onde obteve-se uma análise aprofundada da situação, elaborou-se um mapa Mapa 8 com esses pontos, afim de se entender melhor a dinâmica região.

Mapa 8 – Pontos de alagamentos e inundações



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

Com base no mapa, os pontos 1, 2 e 3, identificados como os mais recorrentes e com maior dimensão de danos, estão situados em áreas próximas ao Rio Paciência e à MA- 201 (Estrada de São José de Ribamar), onde há interferência direta nas estruturas naturais de drenagem. Esses trechos de drenagem próximos aos pontos 1 e 2 foram canalizados ou aterrados, conforme indica no mapa em linha tracejada em azul claro. Essa intervenção nos cursos naturais d'água, compromete o escoamento superficial, intensificando os episódios de alagamento. A drenagem natural do Rio Paciência, representado em azul mais forte, é suprimida pelas intervenções urbanas dentro dos limites do bairro Lima Verde, comprometendo seu potencial de vazão.

Diante disso, o bairro Lima Verde se configura como uma área marcada pela urbanização desordenada e pela falta de planejamento de drenagem urbana. As ocupações próximas às margens do rio, associada à canalização inadequada e o aterramento de trechos de drenagem natural, intensificou a suscetibilidade para inundações e alagamentos.

Com base na metodologia de análise de variáveis adaptada por Louzeiro (2022), a partir da ficha de campo de Guerra *et al* (2009), foi aplicada uma avaliação detalhada nos três pontos mais críticos com ocorrência dos fenômenos de alagamentos e inundações identificados no bairro Lima Verde. Apresenta-se a análise das variáveis de exposição com base na ficha de campo adaptada Quadro 5, aplicada nos pontos 1, 2 e 3.

Nestes 3 pontos foram observadas as variáveis de inundação e alagamento, registradas em fotografias horizontais nas figuras 21 a 26.

Figura 21 – Ponto 1 (ficha de inundação)



Coordenadas: 2° 32.849'S/44° 11.542'O Endereço: Estrada do Cajueiro, bairro Lima Verde- Paço do Lumiar - MA		
-	Variáveis para inundação	
-	Nível de exposição para cada variável	Nível de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto)
1	Drenagem natural (quantidade de canais)	Nível 4 Local situado nas laterais dos canais de drenagem, 1 canal aterrado
2	Cobertura vegetal	Nível 3 Árvores de pequeno porte e bem espaçadas com capim
3	Drenagem em direção ao rio principal	Nível 4 Sistema de drenagem direcionado para o rio
4	Lançamento de detritos dentro ou nas margens dos rios	Nível 4 Grandes volumes despejados frequentemente
5	Lançamento de esgoto	Nível 4 Lançamento frequente de esgoto não tratados
6	Impermeabilização das margens (% de ocupação das margens)	Nível 3 41 a 60%
7	Grau de assoreamento dos canais por sedimentos	Nível 4 Muito assoreado, com sedimentos visíveis
8	Rede de água pluviais	Nível 3 Cobertura parcial com obstruções visíveis
9	Existência de vias com pavimentação	Nível 4 Alta incidência de vias com pavimentação

Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

As varáveis de inundação do ponto 1 identificadas foram normalizadas, encontrando os seguintes valores respectivamente:

Normalização das variáveis de inundação (ponto 1)								
Variáveis								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,75	0,5	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75

A partir da normalização das variáveis é feito a soma e posteriormente a média aritmética para se obter a média:

Média:
1º cálculo: $(0,75+0,5+0,75+0,75+0,75+0,5+0,75+0,5+0,75) = 6,0$
2º cálculo: $\frac{6,0}{9} = 0,667$

A ficha aplicada das variáveis de inundação no 1º ponto obteve a média **0,667**.

Figura 22 – Ponto 2 (ficha de inundação)



Coordenadas: 2° 33.191'S/44° 11.329'O Endereço: Estrada de São José de Ribamar- Lima Verde – Paço do Lumiar		
-	Variáveis para inundação	
-	Nível de exposição para cada variável	Nível de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto)
1	Drenagem natural (quantidade de canais)	Nível 2 Local que recebe pouca contribuição de canais de drenagem
2	Cobertura vegetal	Nível 4 Capim
3	Drenagem em direção ao rio principal	Nível 4 Sistema de drenagem direcionado para o rio
4	Lançamento de detritos dentro ou nas margens dos rios	Nível 1 Ausência de lançamento de detritos
5	Lançamento de esgoto	Nível 3 Lançamento moderado
6	Impermeabilização das margens (% de ocupação das margens)	Nível 1 0 a 20%
7	Grau de assoreamento dos canais por sedimentos	Nível 4 Muito assoreado, com sedimentos visíveis
8	Rede de água pluviais	Nível 3 Cobertura parcial com obstruções visíveis
9	Existência de vias com pavimentação	Nível 5 Predominância de vias pavimentadas

Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

Normalização:

Normalização das variáveis de inundação (ponto 2)								
Variáveis								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,25	0,75	0,75	0,0	0,5	0,0	0,75	0,5	1,0

Média:

1º cálculo: $(0,25+0,75+0,75+0,0+0,5+0,0+0,75+0,5+1,0) = 4,5$

2º cálculo: $\frac{4,5}{9} = 0,562$

9

A ficha aplicada das variáveis de inundação no 2º ponto obteve a média **0,562**.

Figura 23 – Ponto 3 (ficha de inundação)

Coordenadas: 2° 32.664'S/44° 11.371'O **Endereço:** Estrada do Cajueiro – Lima. Verde. Paço do Lumiar

-	Variáveis para inundação	
-	Nível de exposição para cada variável	Nível de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto)
1	Drenagem natural (quantidade de canais)	Nível 4 Local situado nas laterais do canal ou corpo d'água
2	Cobertura vegetal	Nível 3 Árvores de pequeno porte e bem espaçadas com Capim
3	Drenagem em direção ao rio principal	Nível 4 Sistema de drenagem direcionado para o rio
4	Lançamento de detritos dentro ou nas margens dos rios	Nível 3 Presença de razoável quantidade de detritos
5	Lançamento de esgoto	Nível 4 Lançamento frequente de esgoto não tratado
6	Impermeabilização das margens (% de ocupação das margens)	Nível 3 41 a 60%
7	Grau de assoreamento dos canais por sedimentos	Nível 4 Muito assoreado, com sedimentos visíveis
8	Rede de água pluviais	Nível 5 Ausência ou estado crítico do sistema de águas pluviais
9	Existência de vias com pavimentação	Nível 2 Baixa porcentagem de vias calçadas

Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

Normalização:

Normalização das variáveis de inundação (ponto 3)								
Variáveis								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,75	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75	1,0	0,25

Média:

1º cálculo: $(0,75+0,5+0,75+0,5+0,75+0,5+0,75+1,0+0,25) = 5,75$

2º cálculo: $\frac{5,75}{9} = 0,638$

9

A ficha aplicada das variáveis de inundação no 3º ponto obteve a média **0,638**.

As médias obtidas nos três pontos de inundação pontos 1, 2 e 3, foram importadas e espacializadas no QGIS, delimitando esses dados em setores de suscetibilidade.

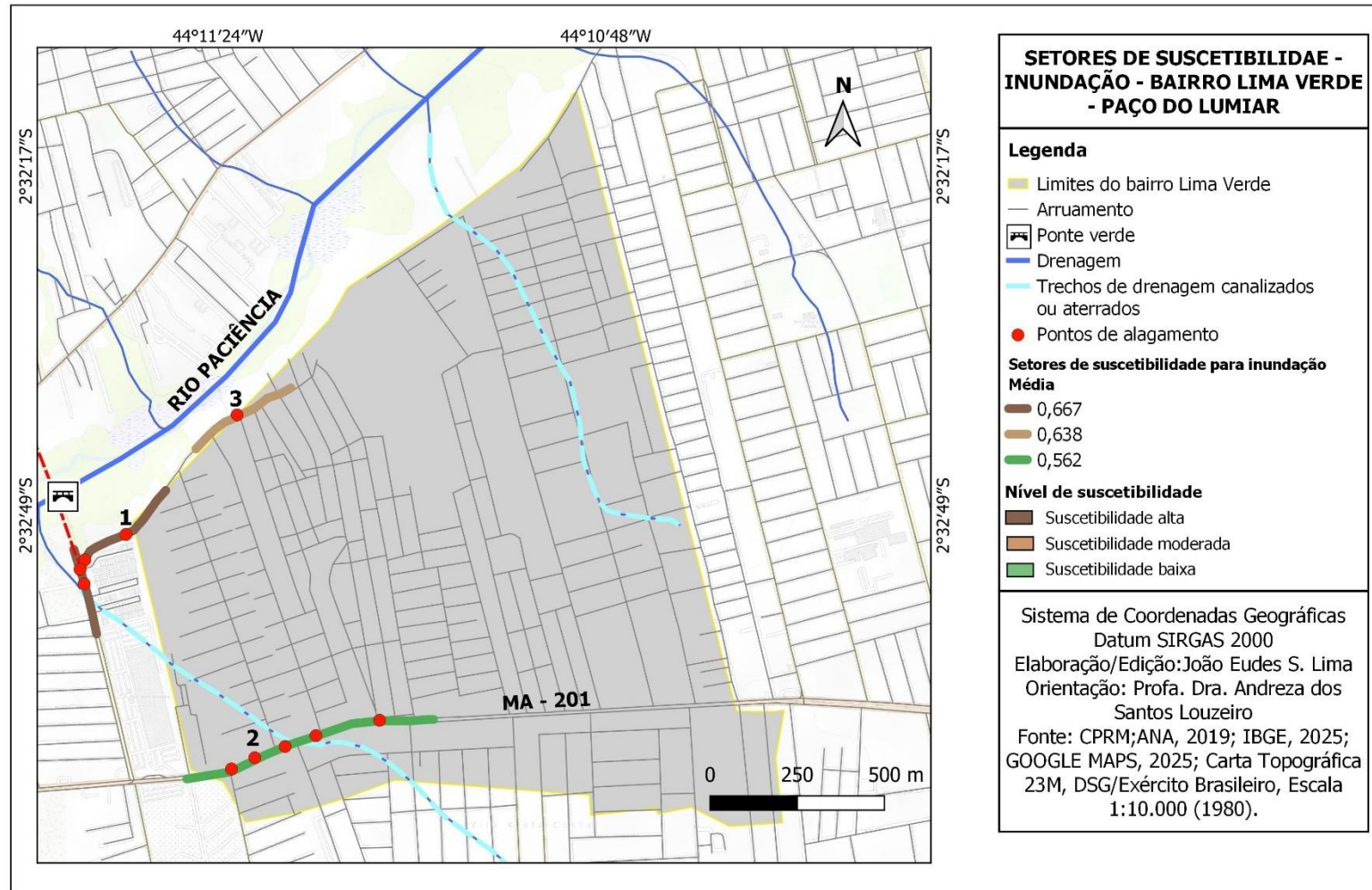
Desta forma o Mapa 9 apresenta três setores indicados em formas de linhas, com diferentes níveis de suscetibilidade, além de destacar três pontos principais de inundação. O setor 1, identificado em **marrom escuro**, é o que apresenta o maior grau de suscetibilidade. Localizado nas proximidades do Rio Paciência, essa área é considerada uma planície de inundação, uma área de várzea. Diversos fatores contribuem para essa suscetibilidade, como a baixa cobertura vegetal, que reduz a infiltração da água no solo, e o alto nível de impermeabilização, já que há grande concentração de edificações, incluindo condomínios, comércios e até mesmo um shopping. Além disso, foi observado a presença de sedimentos e detritos no canal. Bem como o lançamento de esgoto diretamente em seu curso. O sistema de drenagem na região é considerado ineficiente e direciona o fluxo de água das partes mais altas do bairro para esse setor, aumentando o volume e a vazão nas áreas mais baixas e agravando a inundação.

O setor 2, representado na **cor verde**, apresenta suscetibilidade moderada. Ele está localizado MA – 201, ao sul do bairro. Embora ainda haja riscos de inundação, por conta de está bem próximo de trechos de drenagem que foram canalizados, aterrados e obstruídos, eles são mais baixos. A área possui quase nenhuma cobertura vegetal e um grau de urbanização bem alto, com presença predominante de comércios e condomínios. O sistema de drenagem é ineficiente e aumenta a suscetibilidade do setor.

O setor 3, representado em **marrom claro**, também apresenta alta suscetibilidade para inundação, e está localizado nas proximidades do Rio Paciência. Assim como o setor 1. A drenagem é direcionada para o rio, também a presença de sedimentos e resíduos sólidos nas margens, e ausência de infraestrutura de drenagem eficiente, além de ter um grau considerável de impermeabilização do solo.

É possível então considerar que os pontos e setores com maiores índices de suscetibilidade de inundação são 1 e 3, ambos inseridos em áreas críticas em relação à dinâmica hídrica e ocupação do solo.

Mapa 9 – Suscetibilidade (Inundação)



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

Figura 24 – Ponto 1 (ficha de alagamento)



Coordenadas: 2° 32.849'S/44° 11.542'O Endereço: Estrada do Cajueiro, bairro Lima Verde- Paço do Lumiar - MA		
-	Variáveis para alagamento	
-	Nível de exposição para cada variável	Nível de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto)
1	Trecho de drenagem (quantidade de canais)	Nível 5 Ausência de trechos de drenagem, existência de trechos aterrados ou inexistentes
2	Presença de canais retificados ou aterrados	Nível 5 Canais totalmente modificados, retificados e aterrados, inibindo completamente os processos naturais
3	Cobertura vegetal	Nível 4 Capim
4	Drenagem em direção ao rio principal	Nível 4 Sistema de drenagem direcionado para o rio
5	Nível de impermeabilização da área	Nível 4 61 a 80% alta proporção de superfícies impermeáveis, com pouca vegetação
6	Rede de esgotos	Nível 4 Lançamento frequente de esgoto não tratado
7	Rede de águas pluviais	Nível 3 Cobertura parcial com obstruções visíveis
8	Existência de vias com pavimentação	Nível 4 Alta incidência de vias com pavimentação

Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

Normalização:

Normalização das variáveis de alagamento (ponto 1)							
Variáveis							
1	2	3	4	5	6	7	8
1,0	1,0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75

Média:

1º cálculo: $(1,0+1,0+0,75+0,75+0,75+0,75+0,5+0,75) = 6,25$

2º cálculo: $\frac{6,25}{8} = 0,781$

8

A ficha aplicada das variáveis de alagamento no 1º ponto obteve a média **0,781**.

Figura 25 – Ponto 2 (ficha de alagamento)



Coordenadas: 2° 33.191'S/44° 11.329'O Endereço: Estrada de São José de Ribamar- Lima Verde – Paço do Lumiar			
-	Variáveis para alagamento		
-	Nível de exposição para cada variável	Nível de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto)	
1	Trecho de drenagem (quantidade de canais)	Nível 3	Rede drenagem com desvios e obstruções parciais comprometendo o fluxo em alguns pontos
2	Presença de canais retificados ou aterrados	Nível 4	Grande parcela dos canais retificados e aterrados
3	Cobertura vegetal	Nível 4	Capim
4	Drenagem em direção ao rio principal	Nível 4	Sistema de drenagem direcionado para o rio
5	Nível de impermeabilização da área	Nível 5	Acima de 81% toda área coberta por superfícies impermeáveis
6	Rede de esgotos	Nível 3	Cobertura parcial ou integração inadequada com águas pluviais
7	Rede de águas pluviais	Nível 2	Rede com boa cobertura na maioria da área
8	Existência de vias com pavimentação	Nível 5	Predominância de vias pavimentadas

Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

Normalização:

Normalização das variáveis de alagamento (ponto 2)							
Variáveis							
1	2	3	4	5	6	7	8
0,5	0,75	0,75	0,75	1,0	0,5	0,25	1,0

Média:

1º cálculo: $(0,5+0,75+0,75+0,75+1,0+0,5+0,25+1,0) = 5,5$

2º cálculo: $\frac{5,5}{8} = 0,687$

A ficha aplicada das variáveis de alagamento no 2º ponto obteve a média **0,687**.

Figura 26 – Ponto 3 (ficha de alagamento)

Coordenadas: 2° 32.664'S/44° 11.371'O Endereço: Estrada do Cajueiro, bairro Lima Verde- Paço do Lumiar - MA			
-	Variáveis para alagamento		
-	Nível de exposição para cada variável	Nível de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto)	
1	Trecho de drenagem (quantidade de canais)	Nível 5	Ausência de trechos de drenagem, existência de trechos aterrados ou inexistentes
2	Presença de canais retificados ou aterrados	Nível 4	Grande parcela dos canais retificados e aterrados
3	Cobertura vegetal	Nível 3	Árvores de pequeno porte e bem espaçadas com capim
4	Drenagem em direção ao rio principal	Nível 3	Ruas razoavelmente asfaltadas com drenagem em direção ao rio principal
5	Nível de impermeabilização da área	Nível 3	41 a 60% concentração moderada de construções e infraestrutura pavimentada
6	Rede de esgotos	Nível 4	Rede de esgotos com falhas significativas com pontos deficientes
7	Rede de águas pluviais	Nível 4	Rede deficiente, com cobertura irregular ou obstruída
8	Existência de vias com pavimentação	Nível 2	Baixa porcentagem de vias com pavimentação

Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

Normalização:

Normalização das variáveis de alagamento (ponto 3)							
Variáveis							
1	2	3	4	5	6	7	8
1,0	0,75	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	0,25

Média:

1° cálculo: $(1,0+0,75+0,5+0,5+0,5+0,75+0,75+0,25) = 5,0$

2° cálculo: $\frac{5,0}{8} = 0,625$

8

A ficha aplicada das variáveis de alagamento no 3° ponto obteve a média **0,625**.

As médias encontradas nos pontos 1, 2 e 3, foram espacializadas no QGIS, em setores de suscetibilidade.

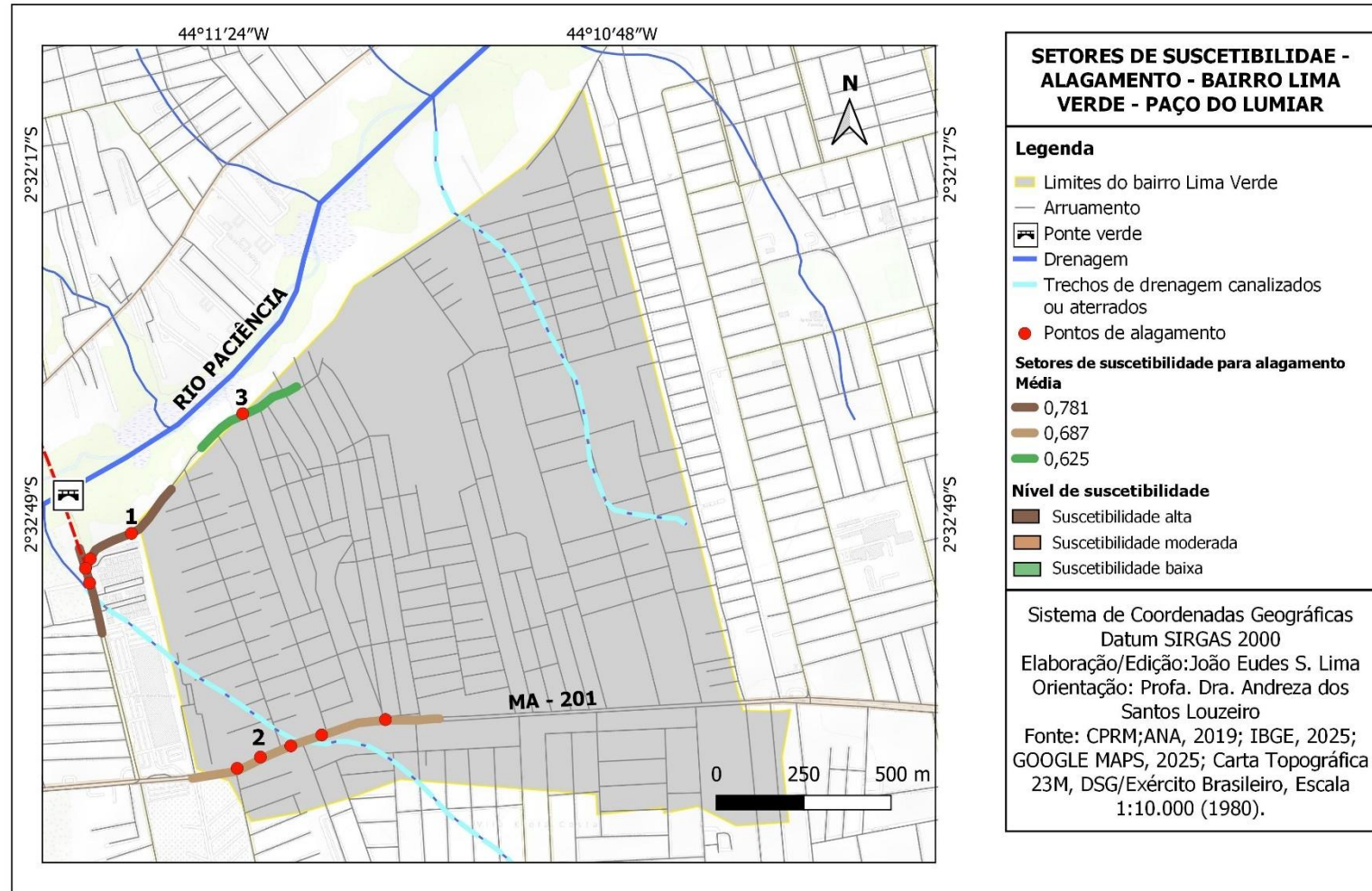
O Mapa 10 apresenta 3 setores com maior suscetibilidade para alagamentos. O setor 1, identificado na cor **marrom escuro**, apresenta o maior nível de suscetibilidade para alagamentos. Localizado nas imediações do Rio Paciência, neste setor é possível observar alto grau de impermeabilização do solo causada pela urbanização, que inclui áreas comerciais e residenciais, outro agravante é a presença de vias pavimentadas sem infraestrutura adequada de drenagem pluvial, o que compromete o escoamento da água e favorece o acúmulo na superfície. A área também possui canais de drenagem obstruídos ou canalizados de forma inadequada, o que diminui a infiltração, intensifica o fluxo e o volume de água. O esgoto também é lançado nos canais, agravando ainda mais a ocorrência dos alagamentos.

O setor 2, representado na cor **marrom claro**, possui suscetibilidade moderada para alagamentos. Localizado às margens da MA – 201, este setor possui canais de drenagem retificados, aterrados e parcialmente obstruídos, além da área ser altamente impermeabilizada, com a presença de ruas pavimentadas, com a urbanização bem densa, se destacando pelos comércios e condomínios. A porcentagem de cobertura vegetal é bem baixa e a drenagem pluvial é deficiente, o que aumenta o escoamento superficial. Esses fatores resultam em alagamentos frequentes em dias de precipitação intensa.

No setor 3, identificado na cor **verde**, é classificado como área de suscetibilidade baixa. Possui o nível de impermeabilização mais baixo, com presença de ruas ainda não pavimentadas, com a urbanização menos densa, possuindo apenas residências e alguns condomínios no seu entorno. Ainda possui um grau de vegetação mais moderado, com a presença de vegetação arbustiva. A rede de águas pluviais, é deficiente e contribui para aumentar o fluxo do escoamento superficial.

Portanto, o mapa de suscetibilidade para alagamentos demonstrou que os setores 1 e 2 apresentam maior nível suscetibilidade para alagamentos com fatores que favorecem o acúmulo de água na superfície urbana.

Mapa 10 – Suscetibilidade (alagamento)



Fonte: Fonte de dados da pesquisa, 2025.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visão do espaço que as pessoas ocupam, é interpretado por diferentes modos, onde cada pessoa tem sua compreensão pessoal das dinâmicas presentes. Porém, quando esse mesmo espaço é analisado de maneira mais ampla, novos pontos de vista são considerados. Esse olhar mais abrangente das dinâmicas e relações presentes em um determinado local, é que torna a geografia uma poderosa ferramenta para o entendimento da realidade. A geografia ao analisar um determinado espaço, relaciona o conhecimento do físico-natural com as dinâmicas do homem, seu deslocamento e sua forma de ocupar, esse olhar geográfico faz toda a diferença, sendo um divisor de águas no ordenamento de uma região. Quando falamos em espaço físico-natural, nos remete a visão geomorfológica da área, as formas de relevo e suas dinâmicas, englobando também as ocupações urbanas que se encontram sob essas formas de relevo.

As formas de relevo uma vez ocupada pela sociedade, passam a sofrer alterações, resultando em uma paisagem modificada, essa mudança altera a dinâmica natural existente tornando os fenômenos naturais processos mais intensos. Essa dinâmica exercida pela ação antrópica implica em possíveis reações geomorfológicas, que podem afetar toda aquela população.

Determinadas áreas consideradas de maior suscetibilidade ambiental, muitas vezes são ocupadas pela população, uma vez ocupada os processos existentes passam a ser modificados e consequentemente recaem sobre esses habitantes.

A área de estudo, o bairro Lima Verde, município de Paço do Lumiar, teve sua ocupação a partir dos processos migratórios da década de 1960 e pelos projetos industriais como Vale do Rio Doce (CVRD) e do Consórcio de Alumínio do Maranhão (ALUMAR) que impulsionaram o crescimento demográfico dos municípios presentes na Ilha do Maranhão, incluindo Paço do Lumiar. Os bairros circundantes a MA -201, principal via de acesso do município tiveram um crescimento demográfico considerável, incluindo o bairro Lima Verde.

Nesse processo de ocupação, áreas de vegetação, cursos d'água, drenagens naturais e as margens do Rio Paciência, dentro do limite do bairro, foram sendo cada vez mais modificados, intensificando fenômenos naturais.

Residências e condomínios se instalaram na região, além de comércios e shoppings centers, se concentrando no entorno da MA – 201, mas também ao norte do bairro, próximo ao Rio Paciência. Nos dias atuais os fenômenos de inundações e alagamentos são recorrentes no período chuvoso, acometendo boa parte da região noroeste e sul do bairro, trazendo consequências para milhares de pessoas.

Esses fenômenos que acometem essa região são respostas geomorfológicas, oriundas do processo de ocupação, mas também do sistema de drenagem que não condiz com a situação da região, é ineficiente, além de obras e intervenções que não buscaram se adequar ao ambiente natural e áreas limítrofes que não poderiam ser ocupadas pela proximidade com o curso d'água. Essa papel de ordenamento, o poder público foi omissivo, piorando a qualidade de vida dos moradores.

A presente pesquisa fez uma análise aprofundada do bairro, investigando os principais pontos de alagamentos e inundações. Os pontos que mais se destacaram foram os pontos próximos ao Rio paciência e a Estrada de São José de Ribamar.

Os pontos localizados próximos do curso d'água, possuem uma propensão maior para inundações, por se tratar de um área próxima as margens do rio, quando está no período chuvoso o rio inunda sua planície, sua área de várzea. Outros fatores podem ser levados em conta também, como o alto grau de assoreamento do rio, despejo de esgoto e impermeabilização das margens. Já os pontos localizados na MA – 201, dispõe de maior propensão para alagamentos, por possuírem alto grau de impermeabilização, sistema de drenagem ineficiente e estarem próximos a trechos naturais de drenagem que foram retificados e aterrados e que direcionam o escoamento para o rio, onde no período chuvoso o nível do rio sobe impossibilitando o escoamento desse fluxo de água, ocasionando os alagamentos.

Através da análise de variáveis, da ficha de campo de Guerra (2009) que foi adaptada por Louzeiro (2022) e usada neste trabalho, foi possível mensurar essas variáveis e classificá-las em setores, para definir-se os setores com maior suscetibilidade para inundações e para alagamentos no bairro Lima Verde.

Dito isto, esse trabalho buscou trazer dados relevantes da área estudada, considerando a realidade enfrentada no bairro Lima Verde, que se encontra envolto nessa problemática que afeta diretamente a população do bairro, mas também de todo o seu entorno e demais bairros vizinhos. Por fim, resalta-se a importância de futuros estudos nessa região, afim de buscar medidas mitigadoras para o bairro Lima Verde.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Aparecido Ribeiro; SCHMIDT, Lisandro Pezzi. **Metodologia de pesquisa em geografia**. Paraná. 2019.
- ALENCAR, Danielle B. S; SILVA, Cícero L; OLIVEIRA, Carlos A. Silva. **Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal**. Eng. Agríc. Jaboticabal, v. 26, n.1, p. 103-112, jan./abr. 2006.
- ARAÚJO, Elienê Pontes; TELES, Mércia Gabriely Linhares; LAGO, Willinielsen Jackieline Santos. **Delimitação das Bacias Hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, p. 4631-4638, abr. 2009.
- BORGES, Fernanda Oliveira; FERREIRA, Vanderlei de Oliveira. **Planícies de inundação e áreas inundáveis: análise comparativa dos conceitos mediante aplicação nas bacias hidrográficas do ribeirão bom jardim e rio das pedras, triângulo mineiro**. Revista Cerrados (Unimontes), Minas Gerais. vol. 17, núm. 1, 2019.
- BERNARDELLI, Valéria Coghi. **Diagnóstico das alterações geomorfológicas em áreas de expansão urbana no setor sul de Araras (SP): subsídio para o planejamento urbano**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2019.
- BALBINOT, Rafaelo. *et al.* **O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas**. Ambiência, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 131–149, jan./abr. 2008.
- BITAR, Omar Yazbek. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações-1: 25.000: nota técnica explicativa**. IPT; CPRM, 2014.
- CARVALHAIS, Rafael Mendonça. *et al.* **Deslizamentos de encostas devido a ocupações irregulares**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 5, n. 7, p. 9765-9772, jul. 2019.
- CRUZ, Gleyciane. Pereira. **O território de habitar em Paço do Lumiar: uma análise da segregação socioespacial**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2021.
- CRUZ, Walefe Lopes. **Análise do escoamento superficial no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Anil em São Luís – Maranhão**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2022.
- FRANÇA, Danyella Vale Barros. **Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, ilha do Maranhão**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2019.
- FRITZEN, Maycon; BINDA, Adrey Luis. **Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente**. Ateliê Geográfico, Goiânia, v. 05, n. 3, p. 239-254, dez. 2011.

FONSECA, Murilo Noli; FERENTZ, Larissa Maria da Silva; GARCAS, Carlos Mello. **Integração dos instrumentos de gestão municipal das águas pluviais frente aos alagamentos em centros urbanos paranaenses entre 1980–2018**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia: Centro Científico Conhecer, v. 16, n. 29, p. 2, 2019.

GUERRA, Antonio José Teixeira; MARÇAL, Mônica Santos. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro. 2001.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Enciclopédia dos Municípios Maranhenses: Ilha do Maranhão**. São Luís, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados: Paço do Lumiar**. IBGE, 2022. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/paco-do-lumiar.html> >. Acesso em 02 de fevereiro. de 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL (INMET). **Normais climatológicas (1991/2020)**. Disponível em: https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/19611990/precipitacao_acumulada_mensal_anual. Acesso em 22 dez. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2010: resultados preliminares**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 02 dez. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2022: resultados preliminares**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 02 dez. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Condições atuais do enos: neutralidade**. 2024. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br>. Acesso em janeiro de 2025.

JATOBÁ, Sérgio Ulisses Silva. **Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada- IPEA. Boletim regional, urbano e ambiental. 05 jun de 2011.

LOUSADA, Gabriel; FARIAS, Heitor. **Desastres ambientais, prevenção e mitigação: um estudo de caso da região de Angra dos Reis/RJ**. Revista Continentes. Rio de Janeiro, n. 5, p. 131-149. 2014.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

LOUZEIRO, Andreza dos Santos. **Avaliação de risco de movimento de massa: proposta de sistematização de indicadores de exposição física em análise microlocal aplicada ao bairro Vila Embratel, São Luís- MA (Brasil)**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2022.

LICCO, Eduardo Antonio; MAC DOWELL, Silva Ferreira. **Alagamentos, enchentes enxurradas e inundações: digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança.** Revista Científica, Tecnológica e Artística. Vol. 5, nº 3. 2015, São Paulo.

MANZIONE, Rodrigo Lilla. **Águas Subterrâneas: Conceitos e Aplicações sob uma visão multidisciplinar.** São Paulo. 2015.

MORAES, Isabel Cristina *et al.* **Comparação de metodologias na definição de fluxos acumulados a partir de modelos digitais de elevação do terreno aplicado à suscetibilidade de inundações.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, v. 19, n. 2, p. 223–235, abr./jun. 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Questões globais: mudanças climáticas.** 2023. Disponível em: https://www-un-org.translate.goog/en/global-issues/climate-change? x_tr_sl=en& x_tr_tl=pt& x_tr_hl=pt& x_tr_pto=tc. Acesso em janeiro de 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LUÍS. **Caracterização sócio-ambiental de São Luís-MA.** Disponível em: https://saoluis.ma.gov.br/midias/anexos/2241_2228_caracterizacao_socioambiental_de_sao_luis.pdf. Acesso em: 20 dez de 2024.

PEREIRA, Ediléia Dutra. **Avaliação de vulnerabilidade natural à contaminação do solo e aquífero do reservatório batatã – São Luís (MA).** Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2006.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista do Departamento de Geografia, n. 6. FFLCH-USP, 1992, p. 17-29.

REZENDE, Tadeu Valdir Freitas. **A conquista e a ocupação da Amazônia brasileira no período colonial: a definição das fronteiras.** 2006. Tese (Doutorado em História) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SANTOS, Júnior Valdevino José dos; SANTOS, Carolina Oliveira. **A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas.** Periódicos Unifab. Macapá, v.3 n. 1, p. 19-30, jan.-jun. 2013.

SANTOS, Jader Oliveira; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Fragilidade ambiental urbana.** Revista da ANPEGE, v. 8, n. 10, p. 127-144, 2012.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM); ANGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Estudos hidrogeológicos da Ilha de São Luís, MA: subsídios para o uso sustentável dos recursos hídricos: relatório final, volume I,** Brasília, 2019.

SOUZA, Bruno Brito Gueiros. **Caracterização de indicadores sócios-ambientais na bacia do rio do Anil, São Luís- MA, como subsídio à análise econômico-ambiental do processo de desenvolvimento.** Tese (Doutorado em Geoquímica ambiental) – Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2005.

SILVA, Quésia Duarte. **Mapeamento geomorfológico da ilha do Maranhão.** Tese

(Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2012.

SANTOS, Gabriel Irvine Ferreira Alves. *et al.* **Levantamento das características hidrogeológicas do Aquífero Barreiras e Itapecuru na bacia hidrográfica do Rio Paciência-MA.** Águas subterrâneas – Seção estudos de caso e notas técnicas. Maranhão, 2020.

SANTANA, Ricardo Gonçalves. **Fragilidade ambiental do relevo à ocupação urbana na sub-bacia hidrográfica do riacho do angelim, São Luís- MA.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2021.

SANTOS, Flávio Augusto Altieri; ROCHA, Edson José Paulino. **Alagamentos e inundação em áreas urbanas. estudo de caso: cidade de Belém.** Revista GeoAmazônia, v. 02, n° 2, p. 33-55. Pará, 2013.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **ÁGUA NO MEIO URBANO:** Cap. 14. Rio Grande do Sul, 1997.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; Bertoni, Juan Carlos. **Inundações Urbanas na América do Sul.** Porto Alegre, 2003.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed. Rio Grande do Sul. 2001.

TOMASELLA, Javier; ROSSATO, Luciana. **Balanço hídrico. In: TÓPICOS em meio ambiente e ciências atmosféricas.** São José dos Campos: INPE, 2005.

TARGA, Marcelo dos Santos. *et al.* **Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil.** Revista Ambiente e Água, v. 7, n. 2, 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE. Geomorfologia fluvial e hidrografia: aula 5. CESAD/UFS, [2012?]. Disponível em:

https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15510316022012Geomorfologia_Fluvial_e_Hidrografia_aula_5.pdf. Acesso em: 28 maio de 2025.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada.** São Paulo, 1975.

APÊNDICE A – FICHA DE CAMPO DE INUNDAÇÃO

FICHA DE CAMPO DAS VARIÁVEIS DE INUNDAÇÃO

Variáveis para inundação			
Nível de exposição para cada variável		Nível de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto)	
Nº	Variáveis		
1	Drenagem natural (quantidade de canais)		
2	Cobertura vegetal		
3	Drenagem em direção ao rio principal		
4	Lançamento de detritos dentro ou nas margens dos rios		
5	Lançamento de esgoto		
6	Impermeabilização das margens (% de ocupação das margens)		
7	Grau de assoreamento dos canais por sedimentos		
8	Rede de águas pluviais		
9	Existência de vias com pavimentação		

Fonte: adaptado pelo autor com base em Louzeiro (2022) e Guerra et al, 2009.

APÊNDICE B – FICHA DE CAMPO DE ALAGAMENTO

FICHA DE CAMPO DAS VARIÁVEIS DE ALAGAMENTO

Variáveis para alagamento			
Nível de exposição para cada variável		Nível de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto)	
Nº	Variáveis		
1	Trechos de drenagem (quantidade de canais)		
2	Presença de canais retificados ou aterrados		
3	Cobertura vegetal		
4	Drenagem em direção ao rio principal		
5	Nível de impermeabilização da área		
6	Rede de esgotos		
7	Rede de águas pluviais		
8	Existência de vias com pavimentação		

Fonte: adaptado pelo autor com base em Louzeiro (2022) e Guerra et al, 2009.