



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA  
CAMPUS PATOS**

**CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**DAVI ARAÚJO SOARES CAMPOS**

**O GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA A DETERMINAÇÃO DE  
ÁREAS LOTEÁVEIS NO MUNICÍPIO DE MÃE D'ÁGUA-PB.**

**PATOS-PB**

**2025**

DAVI ARAÚJO SOARES CAMPOS

**O GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA A DETERMINAÇÃO DE  
ÁREAS LOTEÁVEIS NO MUNICÍPIO DE MÃE D'ÁGUA-PB.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – *Campus* Patos, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

**Orientadora:** Profa. Me. Mariana Sousa da Paixão

**PATOS – PB**

**2025**

DAVI ARAÚJO SOARES CAMPOS

**O GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA A DETERMINAÇÃO DE  
ÁREAS LOTEÁVEIS NO MUNICÍPIO DE MÃE D'ÁGUA-PB.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil  
do Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Paraíba – *Campus* Patos, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Engenheiro Civil.

**APROVADO EM: 19/12/2025**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Profa. Mariana Sousa da Paixão**  
**(Orientadora)**

---

**Prof. Valteson da Silva Santos**  
**(Examinador Interno)**

---

**Maria Emelly Batista de Sousa**  
**(Examinadora Externa)**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CAMPUS PATOS/IFPB

C198g Campos, Davi Araújo Soares.

O geoprocessamento como ferramenta para a determinação de áreas loteáveis no município de Mãe D'água-PB. / Davi Araújo Soares Campos. - Patos, 2025.  
45. f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Engenharia Civil)-Instituto Federal da Paraíba, Campus Patos-PB, 2025.

Orientador(a): Profa. Me. Mariana Sousa da Paixão.

1. Geoprocessamento 2. Sensoriamento remoto 3. Planejamento urbano 4. Topografia I.Título II. Paixão, Mariana Sousa da III. Instituto Federal da Paraíba.

CDU –528

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que colocou em meu coração o desejo da graduação em Engenharia Civil e a Nossa Senhora das Graças que foi meu socorro em momentos de dúvida e apreensão. Agradeço à minha noiva Iverlly por nunca ter soltado a minha mão durante essa jornada fazendo de tudo para que eu pudesse aproveitar o máximo que o curso tinha a oferecer e a minha filha Maria Cecília que mesmo sendo tão pequena foi fonte de tão grande conforto em meio as pesadas rotinas. Agradeço a minha mãe Vanderlita por cada conselho, por todo apoio e por sempre me incentivar a não desistir dos estudos e ao meu pai Vilmar que fez de tudo para que minha preocupação maior fosse o desempenho estudantil e me mostrou como ter as pessoas certas ao lado impulsionam qualquer coisa que nos propomos a fazer. Agradeço aos colegas que curso que se tornaram amigos, Aline e Bruno que me acompanham desde o ensino fundamental, Pedro Terto e Pedro Henrique que estão comigo desde o ensino médio no próprio IFPB, Felipe Mayran e Italo que foram além das muradas do IFPB e juntos formamos o “Grupo Tomixote” que era a principal válvula de escape quando a rotina apertava e agradeço também aos demais colegas que de alguma forma deixaram uma marca nessa etapa, que foram muitos, mas dentre eles se faz necessário citar Diógenes, Brena, Douglas, Gabriell, Ingrid, Luiz Felipe e Mikely, essa caminhada foi melhor com vocês. Agradeço aos professores do IFPB Campus Patos que sempre foram espelho e inspiração para os discentes. Por fim gostaria de agradecer à minha orientadora a Professora Mariana que acreditou neste trabalho e fez tudo que era possível para que o mesmo fosse realizado da melhor forma.

## RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso analisa o geoprocessamento como ferramenta de apoio à identificação de áreas loteáveis no município de Mãe d'Água–PB, integrando condicionantes físicos, ambientais e legais para subsidiar o planejamento urbano. Por meio de Sistemas de Informações Geográficas, especialmente o QGIS, foram aplicadas operações de análise espacial, sensoriamento remoto, sobreposição de camadas temáticas e modelagem geomorfológica, considerando declividade, altitude, Áreas de Preservação Permanente, corpos hídricos, uso e cobertura do solo e os limites do Parque Nacional da Serra do Teixeira. Os resultados demonstraram que 61,996 km<sup>2</sup> do território municipal, correspondendo a 27,11% da área total, configuram-se como áreas não loteáveis devido a limitações ambientais e geomorfológicas, com destaque para o corredor NE–SW da Serra do Teixeira, identificado como principal barreira natural à urbanização. Observou-se estabilidade do uso do solo entre 1993 e 2023, com urbanização reduzida e expansão de áreas degradadas em setores mais acessíveis. A expansão urbana viável concentra-se na porção nordeste do município, onde prevalecem menores declividades e menor presença de restrições legais. Recomenda-se a adoção de estratégias como requalificação urbana, otimização do uso do solo e criação de uma Área de Preservação Permanente no entorno do Açude Capoeira. Conclui-se que o geoprocessamento constitui ferramenta essencial para orientar o ordenamento territorial sustentável de Mãe d'Água–PB.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento, Planejamento urbano, QGIS, Aptidão urbana, Mãe d'Água–PB.

## ABSTRACT

This final course assignment analyzes geoprocessing as a tool that supports identifying subdividable areas in the municipality of Mãe d'Água, PB. It integrates physical, environmental, and legal constraints to assist with urban planning. Using Geographic Information Systems (GIS), especially QGIS, the study applied spatial analysis, operations, remote sensing, thematic layer overlay, and geomorphological modeling. The study considered slope, altitude, Permanent Preservation Areas, water bodies, land use, land cover, and the boundaries of Serra do Teixeira National Park. The results demonstrate that 61,996 km<sup>2</sup> of the municipal territory, corresponding to 27.11% of its total area, is unsuitable for subdivision due to environmental and geomorphological limitations. The NE–SW corridor of the Serra do Teixeira stands out as the main natural barrier to urban growth. The analysis also reveals stability in land use between 1993 and 2023, with limited urbanization and an increase in degraded areas in more accessible regions. Viable urban expansion is concentrated in the northeastern portion of the municipality, where the slopes are lower and legal restrictions prevail. The study recommends strategies such as urban requalification, optimized land-use management, and the establishment of a Permanent Preservation Area around the Capoeira Reservoir. The findings confirm that Geoprocessing is an essential tool for guiding sustainable territorial planning in the municipality of Mãe d'Água, Brazil.

**Keywords:** Geoprocessing, Urban planning, QGIS, Urban fitness, Mãe d'Água–PB.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Mãe d'Água.....                                     | 12 |
| Figura 2 - Mapa Hipsométrico do Município de Mãe d'Água.....                                       | 17 |
| Figura 3 - Mapa de Curvas de Nível e APP de Topos de Morro do Município de Mãe d'Água.<br>.....    | 18 |
| Figura 4 - Mapa de Declividade do Município de Mãe d'Água. ....                                    | 19 |
| Figura 5 - Mapa de Drenagem e Bacia Hidrográfica do Município de Mãe d'Água.....                   | 20 |
| Figura 6 - Mapa de Drenagem Catalogada Pela AESA do Município de Mãe d'Água.....                   | 21 |
| Figura 7 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Município de Mãe d'Água em 1993, 2008 e<br>2023. .... | 23 |
| Figura 8 - Mapa da Área do Município Pertencente ao PARNATEIXEIRA.....                             | 24 |
| Figura 9 - Mapa de Áreas com Restrição à Expansão Urbana no Município de Mãe d'Água. ....          | 25 |
| Figura 10 - Mapa de Áreas Não Loteáveis no Município de Mãe d'Água. ....                           | 26 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Classificação de Declividade.....                               | 15 |
| Tabela 2 - Áreas de Uso e Ocupação do Solo no Município de Mãe d'Água..... | 23 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

APP – Áreas de Proteção Permanente

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPSG - *European Petroleum Survey Group*

GIS – *Geographical Information System*

PARNATEIXEIRA – Parque Nacional da Serra do Teixeira

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INSA – Instituto Nacional do Semiárido

MDE – Modelo Digital de Elevação

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIRGAS - Sistema de Referência Geodésico para as Américas

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SRC – Sistema de Referência de Coordenadas

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

UC – Unidade de Conservação

USGS – *United States Geological Survey*

UTM - *Universal Transverse Mercator*

WGS – *World Geodetic System*

## SUMÁRIO

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introdução.....                                                            | 1  |
| 2. Fundamentação teórica .....                                                | 3  |
| 2.1.1 Definições e Histórico .....                                            | 3  |
| 2.1.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIG).....                          | 3  |
| 2.2.1 Modelos Conceituais: Campos e Objetos .....                             | 4  |
| 2.2.2 Representação Cartográfica Digital.....                                 | 5  |
| 2.3.1 Análise Espacial: Conceitos e Aplicações.....                           | 5  |
| 2.3.2 Operações Fundamentais.....                                             | 6  |
| 2.4.1 Importância das Geotecnologias para o Planejamento Espacial .....       | 6  |
| 2.4.2 Aplicações em Estudos Urbanos .....                                     | 7  |
| 2.4.3 Análise Espacial para Zoneamento e Ordenamento Territorial.....         | 7  |
| 2.5.1 Histórico e Características Técnicas.....                               | 8  |
| 2.5.2 Funcionalidades e Vantagens .....                                       | 8  |
| 2.5.3 Plugins e Extensibilidade.....                                          | 9  |
| 2.5.4 Aplicações do QGIS no Planejamento Urbano .....                         | 9  |
| 2.5.5 QGIS em Análises de Aptidão Urbana.....                                 | 10 |
| 3. Metodologia.....                                                           | 11 |
| 3.3.1 Obtenção de arquivos de base. ....                                      | 13 |
| 3.3.2 Verificação de Variação de Altitude .....                               | 14 |
| 3.3.3 Verificação de declividade .....                                        | 14 |
| 3.3.4 Verificação da Drenagem Urbana e Microbacia Hidrográfica Municipal..... | 15 |
| 3.3.5 Verificação de Uso e Ocupação do Solo .....                             | 15 |
| 3.3.6 Verificação de Unidades de Conservação .....                            | 16 |
| 3.3.7 Verificação Geral de Áreas.....                                         | 16 |
| 4.0 Resultados.....                                                           | 17 |
| 4.1.1 Mapa Hipsométrico .....                                                 | 17 |
| 4.1.2 Mapa de Curvas de Nível Com Topos de Morro.....                         | 18 |
| 4.1.3 Mapa de Declividade .....                                               | 19 |
| 4.1.4 Mapa de Drenagem Municipal com Microbacia Hidrográfica.....             | 20 |
| 4.1.5 Mapa de Drenagem Municipal Classificada Pela AESA .....                 | 21 |
| 4.1.6 Mapa de Uso e Ocupação do Solo.....                                     | 21 |
| 4.1.7 Mapa da Unidade de Conservação .....                                    | 24 |
| 4.1.8 Mapa de Áreas com Restrição à Expansão Urbana .....                     | 24 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 5. discussão .....   | 26 |
| 6. Conclusão .....   | 28 |
| 7. REFERÊNCIAS ..... | 30 |

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização no Brasil, especialmente no Semiárido, é marcado por dinâmicas históricas que refletem as transformações econômicas da região. A partir da segunda metade do século XX o semiárido brasileiro, que era tradicionalmente caracterizado por sua ruralidade, passou por uma transição significativa, impulsionada por migrações internas, políticas de desenvolvimento e mudanças no padrão produtivo regional (CARVALHO, 2014). A região abrange nove estados do Nordeste e o norte de Minas Gerais, ocupando 12% do território nacional e abriga cerca de 28 milhões de habitantes (INSA; SUDENE, 2017). Esta região é marcada por altas temperaturas, baixa umidade e chuvas escassas e irregulares, características que impõem limitações à produção agrícola e causam fluxos migratórios intensos, sobretudo em períodos de estiagem prolongada (Marengo et al., 2016).

Apesar das limitações estruturais historicamente impostas ao Semiárido, a região passou, nas últimas décadas, por um processo de reestruturação produtiva marcada pela implementação de políticas públicas de inclusão social, investimentos em infraestrutura, interiorização da produção, de atividades econômicas e de ensino superior. Esses vetores de transformação favoreceram o adensamento da malha urbana, promoveram o fortalecimento de pequenas e médias cidades como polos regionais e contribuíram para a diversificação dos fluxos econômicos e da oferta de serviços, como evidenciam os municípios de Petrolina-PE e Patos-PB (Oliveira et al., 2023; Bezerra et al., 2022).

Com esse crescimento, as cidades tendem a expandir-se para suas periferias, uma vez que o aumento das densidades centrais se torna mais limitado (Batty et al., 2003). Esse padrão de urbanização dispersa resulta em baixas densidades populacionais, menor conectividade urbana e maiores custos de transporte e energia (Aurambout et al., 2018). Contudo, essa expansão tem ocorrido, em muitos municípios do Semiárido, sem o devido planejamento urbano, levando à proliferação acelerada de loteamentos residenciais sem a correspondente oferta de infraestrutura e serviços públicos. Esse descompasso favorece a fragmentação socioespacial e intensifica desigualdades, concentrando moradores de menor renda em áreas inadequadas para ocupação.

Nesse contexto, as geotecnologias emergem como ferramentas essenciais para compreender, monitorar e planejar a expansão urbana. Os Sistemas de Informações Geográficas

(SIG) permitem organizar bases de dados espaciais, integrar informações provenientes de múltiplas fontes e trabalhar com diferentes escalas de análise (Silva, 2012; Brandani, 2017). Dessa forma, os SIG constituem instrumentos essenciais para a aquisição, gerenciamento e manipulação de dados territoriais, possibilitando análises mais precisas sobre ocupação do solo, infraestrutura, áreas de risco e padrões de crescimento urbano, aspectos indispensáveis para o planejamento e a gestão de loteamentos em áreas do Semiárido.

Neste trabalho, busca-se demonstrar como o geoprocessamento pode subsidiar o planejamento urbano em pequenas cidades, tomando como estudo de caso o município de Mãe d'Água–PB. A partir da produção e análise de dados espaciais, pretende-se gerar informações capazes de apoiar a administração municipal no monitoramento da expansão urbana e na melhoria das condições de habitabilidade, especialmente diante do surgimento de novos loteamentos.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho é determinar, com base na análise de variáveis físicas e ambientais obtidos a partir de ferramentas de geoprocessamento e na legislação vigente, quais áreas são passíveis de serem loteadas e quais áreas possuem restrição à ocupação no município de Mãe d'Água.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Mapear e Delimitar áreas de proteção ambiental;
- Fornecer dados que ajudem no planejamento e eficiência de futuras obras de infraestrutura;
- Explorar ferramentas de Geoprocessamento no planejamento urbano;
- Fornecer uma base técnica para a futura aprovação de loteamentos junto ao órgão competente municipal.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE GEOPROCESSAMENTO**

#### **2.1.1 Definições e Histórico**

O geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de técnicas e métodos teóricos e computacionais relacionados ao tratamento da informação espacial, envolvendo pelo menos quatro categorias de técnicas: coleta de dados, armazenamento, processamento e análise de informações georreferenciadas (ROSA; BRITO, 1996). Em sentido mais amplo, o geoprocessamento refere-se ao processo de gerar novas informações espaciais através de tecnologias computacionais, constituindo um sistema digital para aquisição, gerenciamento, análise e visualização de dados espaciais (CARVALHO, 2008).

No contexto internacional, a década de 1980 representa o momento em que as geotecnologias, principalmente os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), iniciaram um período de acelerado crescimento que perdura até os dias atuais (GOODCHILD, 1991). No Brasil, segundo Xavier da Silva (2001), os estudos de geoprocessamento e dos Sistemas de Informação Geográfica foram iniciados em 1975, através do projeto RADAMBRASIL, com o objetivo de racionalizar a geração, o armazenamento, a recuperação e a análise do enorme acervo de dados ambientais.

O termo Sistemas de Informação Geográfica (*Geographic Information System* - GIS) é bastante utilizado e muitas vezes confundido com geoprocessamento. O geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um SIG ou GIS processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies (BURROUGH, 1987).

#### **2.1.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)**

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) correspondem às ferramentas computacionais de geoprocessamento, que permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados (CÂMARA et al., 2001; Elmasri e Navathe, 2004). Para Aronoff (1989), os SIG, projetados para a entrada, o

gerenciamento, armazenamento e recuperação, a análise e a saída de dados, deve ser utilizados em estudos nos quais a localização geográfica seja uma questão fundamental na análise.

Burrough (1986) considera que estes sistemas não apresentam apenas a função de manipulação de dados, mas constituem ferramentas poderosas para análise espacial e modelagem territorial. Num sentido mais genérico, os SIG são ferramentas que permitem aos usuários criar consultas interativas, analisar a informação espacial, editar dados e produzir mapas de forma automatizada.

O grande potencial do SIG consiste no seu uso como ferramenta para analisar e modelar dados espaciais de modo eficiente. A análise e a modelagem espaciais apoiam-se na habilidade do usuário em selecionar os dados e as técnicas apropriadas para manipular esses dados, permitindo gerenciar grandes bases de dados espaciais digitais, elaborar análises complexas e realizar simulações (CARVALHO, 2008). Além disso, a força e a interatividade dessas ferramentas contribuem para tornar os processos de planejamento de cenários urbanos mais consistentes e inclusivos. Esse papel é particularmente relevante no planejamento regional do uso da terra até o transporte, contextos em que análises bem fundamentadas auxiliam a superar fragilidades institucionais presentes nos processos de tomada de decisão (Chakraborty & McMillan, 2018).

## 2.2 REPRESENTAÇÃO E MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS

### 2.2.1 Modelos Conceituais: Campos e Objetos

Segundo Goodchild (1992), a realidade geográfica pode ser percebida segundo duas visões dicotômicas: a visão de campos e a visão de objetos. Essas duas visões acarretam diferentes maneiras de modelagem dos fenômenos geográficos.

O modelo de geo-campos enxerga o espaço geográfico como uma superfície contínua, sobre a qual variam os fenômenos a serem observados, como mapas de vegetação, temperatura, declividade e tipo de solo (GOODCHILD, 1992). O modelo de geo-objetos, por sua vez, representa o espaço geográfico como uma coleção de entidades individualizadas distintas, onde cada entidade é definida por uma fronteira fechada, sendo mais adequado para aplicações sócio-econômicas como rede de transporte, cadastro municipal e equipamentos urbanos.

De acordo com Câmara et al. (2001), essas duas visões conceituais do espaço geográfico se refletem em diferentes estruturas de dados nos Sistemas de Informações Geográficas: a estrutura matricial (raster), que representa o espaço por meio de uma grade regular de células, alinhada à visão de campos; e a estrutura vetorial, que representa os geo-objetos por pontos, linhas e polígonos, adequada à visão de objetos.

### **2.2.2 Representação Cartográfica Digital**

A representação dos dados em SIG envolve converter os objetos do mundo real (estradas, uso do solo, altitudes, corpos d'água) em formatos digitais que possam ser armazenados, manipulados e analisados computacionalmente. Os objetos do mundo real podem ser representados através de:

- a) Pontos: entidades discretas sem dimensão aparente na escala de trabalho (nascentes, postes, equipamentos urbanos);
- b) Linhas ou polilinhas: elementos lineares que conectam pontos (vias, rios, redes de infraestrutura);
- c) Polígonos: áreas fechadas que representam regiões (lotes, quadras, zonas urbanas, áreas de preservação).

## **2.3 OPERAÇÕES DE ANÁLISE ESPACIAL**

### **2.3.1 Análise Espacial: Conceitos e Aplicações**

A análise espacial refere-se à compreensão da distribuição dos dados originados de fenômenos ocorridos no espaço geográfico (MEDEIROS, 2012). As funções dos softwares de SIG que têm capacidade de realizar análises geoespaciais constituem uma das principais características que diferenciam os SIG dos Sistemas de Informação convencionais.

Segundo Câmara et al. (2003), as operações de análise geográfica podem ser classificadas em diversas categorias, incluindo operações booleanas, operações de vizinhança, operações zonais e operações de interseção espacial. Estas operações permitem extrair conhecimento novo a partir da combinação de diferentes camadas de informação geográfica.

## **2.3.2 Operações Fundamentais**

### **2.3.2.1 OVERLAY (SOBREPOSIÇÃO DE CAMADAS)**

A operação de sobreposição permite integrar dados espaciais distintos que compartilham o mesmo sistema de referência, a fim de gerar novos conjuntos de dados que representem combinações espaciais entre as camadas envolvidas. Esta operação é essencial para responder perguntas como "quais áreas de vegetação estão localizadas em zonas de proteção ambiental?" ou "quais construções estão dentro de áreas de risco?".

Burrough (1986) destaca que essa técnica teve origem nas análises manuais realizadas em mesas de luz, onde urbanistas norte-americanos notaram ser possível combinar informações de mais de um mapa por meio da sobreposição física destes. O desenvolvimento de sistemas computacionais permitiu automatizar e aperfeiçoar significativamente esse processo.

### **2.3.2.1 BUFFER (ZONA DE INFLUÊNCIA)**

A análise de buffer, também conhecida como análise de zona de influência, consiste na criação de uma faixa ao redor de um elemento espacial, delimitando uma área de interesse que pode ser usada para sobreposição com outras camadas de dados, análise de impacto, acessibilidade ou planejamento de serviços. Por exemplo, pode-se aplicar um buffer de 30 metros ao redor de cursos d'água para delimitar Áreas de Preservação Permanente (APPs) conforme legislação ambiental vigente. Essa legislação busca minimizar os impactos negativos decorrentes de interferências naturais e antrópicas sobre os ambientes aquáticos, garantindo a manutenção dos processos ecológicos essenciais. Nesse contexto, as APPs desempenham papel fundamental na proteção dos recursos hídricos e na preservação da biodiversidade local (Neiva, 2009). Tais operações como buffers e análise de caminhos mínimos dependem diretamente da aplicação de conceitos topológicos e geométricos, sendo fundamentais para análises de proximidade e acessibilidade no planejamento urbano.

## **2.4 GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO PLANEJAMENTO URBANO**

### **2.4.1 Importância das Geotecnologias para o Planejamento Espacial**

Fitz (2008) enfatiza que o espaço geográfico é constituído por uma série de elementos existentes na superfície terrestre que interagem entre si e definem o ambiente ocupado pelo ser humano. Para que a sociedade possa se estruturar da melhor forma possível, faz-se necessária

uma adequada utilização dos recursos oferecidos no espaço por ela ocupado, tornando o ato de planejar de extrema importância.

As geotecnologias passam a constituir-se não mais como simples ferramentas auxiliares, mas como instrumentos essenciais para a tomada de decisão por parte dos planejadores e gestores do espaço (FITZ, 2008). O uso de SIG em espaços urbanos possibilita a análise, documentação, modelagem, desenho, implementação e gestão das situações no território que requerem a intervenção da administração pública, desde seu estudo até a definição das políticas de intervenção (FERREIRA, 2017).

#### **2.4.2 Aplicações em Estudos Urbanos**

O uso de Sistemas de Informação Geográfica vem crescendo dentro dos mais diversos campos do conhecimento onde a informação de localização é relevante, e os estudos intra-urbanos não são exceção a esta regra (RAMOS, 2000). Entretanto, nestes estudos, a complexidade do objeto de análise exige uma abordagem multidimensional que integre diferentes tipos de dados e metodologias.

Saboya (2000) destaca que os SIG apresentam grande potencial para o planejamento urbano, especialmente quando integrados a modelos de análise espacial, permitindo reorganizar o processo de planejamento como um todo. A estrutura raster de armazenamento de dados espaciais presta-se bem a análises de aptidão e zoneamento, pois o SIG especializa-se em desagregação e análise de múltiplos critérios espaciais.

Coelho (2009) ressalta que o SIG se revela uma tecnologia de suporte eficiente e de qualidade no planejamento e gestão do território, especialmente como instrumento de apoio na elaboração de Planos Diretores Municipais, abordando etapas que tratam da análise territorial, seleção e espacialização das áreas de interesse ambiental para preservação.

#### **2.4.3 Análise Espacial para Zoneamento e Ordenamento Territorial**

O geoprocessamento emerge como uma técnica que proporciona a análise e a mitigação de diferentes situações envolvendo problemáticas socioambientais e econômicas (SANTOS et al., 2024). A ferramenta é um conjunto de programas para processamento e análise de dados georreferenciados, mostrando uma visão ampla sobre a cidade e possibilitando o fornecimento de serviços de qualidade para a população, distribuídos geograficamente de maneira uniforme pelo município (SILVA; DAVID; BIANCHI, 2016).

As técnicas de geoprocessamento revelam-se como suporte para o mapeamento urbano de grandes extensões de áreas, permitindo ainda, de forma precisa, uma compreensão da área que se deseja mapear (JUNIOR, 2001 apud SILVA; LIMA, 2017). Através de uma visualização mais perspicaz da realidade socioespacial, é possível uma maior identificação das necessidades que a população requer.

## 2.5 O SOFTWARE QGIS: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

### 2.5.1 Histórico e Características Técnicas

O QGIS (anteriormente denominado "Quantum GIS") é um software livre e gratuito, multiplataforma, de Sistema de Informações Geográficas (SIG), que provê visualização, edição e análise de dados georreferenciados. Gary Sherman começou o desenvolvimento do Quantum GIS no início de 2002, tornando-se um projeto incubado no Open Source Geospatial Foundation em 2007, com a versão 1.0 lançada em janeiro de 2009. (FRANÇA, 2022)

Escrito em C++, o QGIS faz uso extensivo da biblioteca Qt, daí o significado do "Q" do nome. O QGIS permite integração de plugins desenvolvidos usando C++ ou Python, sendo executável em múltiplos sistemas operacionais (Mac OS X, Linux, UNIX e Microsoft Windows) e contando com um grupo ativo de desenvolvedores voluntários, traduzido para mais de 70 idiomas. (FRANÇA, 2022)

### 2.5.2 Funcionalidades e Vantagens

Entre as diversas possibilidades e benefícios do QGIS, destacam-se:

- Elaboração de mapas, cartas e plantas topográficas com vários tipos de camadas e usando diferentes projeções cartográficas;
- Coleta e edição de dados geoespaciais;
- Realização de diversos tipos de análises espaciais (geoestatística);
- Operações de geoprocessamento (buffer, diferença, recorte, interseção, união, etc.).

O QGIS apresenta uma das mais amigáveis e intuitivas interfaces entre os softwares de SIG, com tudo muito bem organizado e menus que seguem critérios lógicos, facilitando que o usuário encontre o recurso desejado. Um fator que sempre chamou atenção no Quantum GIS é

o suporte a inúmeros formatos de dados geográficos, tanto no formato vetorial como matricial, incluindo formatos nativos de programas comerciais.

### **2.5.3 Plugins e Extensibilidade**

As funcionalidades do QGIS podem ser ampliadas de forma exponencial através de plugins (complementos), que em sua maioria são desenvolvidos com a linguagem Python. Atualmente, o QGIS conta com mais de 1.200 complementos desenvolvidos por usuários voluntários e que podem ser instalados de forma gratuita. (MARQUES,2021)

Além disso, o QGIS é compatível com outros programas de código aberto, como o PostGIS, GRASS GIS e MapServer, aumentando sua funcionalidade e possibilitando mais recursos para o usuário. O software suporta formatos adicionais através de bibliotecas como GDAL, GRASS GIS, PostGIS, PostgreSQL, Oracle, SQLite e Geopackage. (FRANÇA, 2022)

### **2.5.4 Aplicações do QGIS no Planejamento Urbano**

Silva et al. (2021) destacam que tem se tornado cada vez mais relevante o uso de técnicas de geoprocessamento nos estudos urbanos como subsídio ao planejamento das cidades. Em revisão sistemática sobre a aplicabilidade do geoprocessamento no planejamento urbano brasileiro nos últimos 10 anos, os autores identificaram que há preferência pelo uso de softwares de acesso livre, tais como o QGIS e o SPRING, o que torna a execução dessas tecnologias menos onerosa.

O QGIS apresentou-se eficiente quando aplicado à gestão territorial em diversos estudos de caso no Brasil. A metodologia que utiliza dados geoespaciais vetoriais como subsídio para análises urbanísticas, com *shapefiles* manipulados no software QGIS, tem demonstrado eficácia para cálculos de potencial construtivo e análises urbanísticas preliminares (SANTOS et al., 2025).

Santos (2024) destaca que o uso do QGIS como ferramenta para mapeamento em planejamento urbano permite análises que contribuem com o uso eficiente do espaço, promovendo uma melhor qualidade socioambiental diante dos desafios urbanos atuais. A análise de áreas ambientalmente instáveis têm papel importante no planejamento urbano, com a finalidade da avaliação de locais que podem apresentar riscos significativos ao meio ambiente ou à segurança das pessoas.

### 2.5.5 QGIS em Análises de Aptidão Urbana

No contexto de análises de aptidão para expansão urbana, o QGIS oferece ferramentas robustas para:

- Análise multicritério: combinação de diversos critérios físicos, ambientais e urbanísticos através de álgebra de mapas;
- Operações de overlay: sobreposição de múltiplas camadas temáticas para identificação de áreas adequadas;
- Análise de buffers: delimitação de áreas de preservação permanente e zonas de restrição;
- Geração de mapas de declividade: a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE);
- Classificação de imagens: para mapeamento de uso e cobertura do solo;
- Análise de proximidade: avaliação de distâncias a equipamentos urbanos e infraestrutura existente.

O processamento de imagem e análise de dados com uso do QGIS permite analisar as informações em um formato simples, fácil de entender e de fazer ( DA SILVA ROCHA et al., 2023). O software disponibiliza um número de funcionalidades em constante crescimento através das funções nativas e de complementos, permitindo visualizar, gerir, editar, analisar dados e compor mapas temáticos de alta qualidade.

## 2.6 SENSORIAMENTO REMOTO E COMPLEMENTARIDADE

Florenzano (2008) destaca que as geotecnologias de sensoriamento remoto e SIG na geografia aplicada têm se expandido com a disponibilidade gratuita de imagens de satélite e softwares livres. O sensoriamento remoto pode ser definido como a forma de obter informações de um objeto ou alvo sem que haja contato físico com ele, fornecendo informações referentes à radiação eletromagnética e ao comportamento espectral dos alvos (ROSA, 2005).

Almeida (2010) ressalta o potencial das novas tecnologias de sensoriamento remoto para o estudo do espaço urbano, incluindo o uso de sensores orbitais e aerotransportados para modelagem tridimensional de cidades, reconstituição virtual do ambiente urbano, inferência populacional intercenso e estudos de qualidade de vida urbana. A integração do sensoriamento remoto com SIG possibilita simulação e predição do crescimento urbano, com base no uso de imagens de satélite e plataformas computacionais de modelagem dinâmica espacial.

## 2.7 SÍNTESE

A fundamentação teórica apresentada demonstra que o geoprocessamento, por meio de Sistemas de Informações Geográficas como o QGIS, constitui ferramenta essencial para o planejamento urbano contemporâneo. A evolução dessas tecnologias desde a década de 1970, associada ao desenvolvimento de softwares livres e de código aberto, democratizou o acesso a análises espaciais complexas, permitindo que municípios de pequeno porte, como Mãe d'Água-PB, possam realizar estudos técnicos robustos para orientar sua expansão urbana de forma planejada e sustentável.

A integração de conceitos de modelagem de dados geográficos (campos e objetos), operações de análise espacial (overlay, buffer, proximidade) e ferramentas computacionais acessíveis (QGIS) fornece a base metodológica necessária para a identificação de áreas aptas ao loteamento, respeitando as restrições legais e ambientais vigentes, conforme será demonstrado nos capítulos subsequentes deste trabalho.

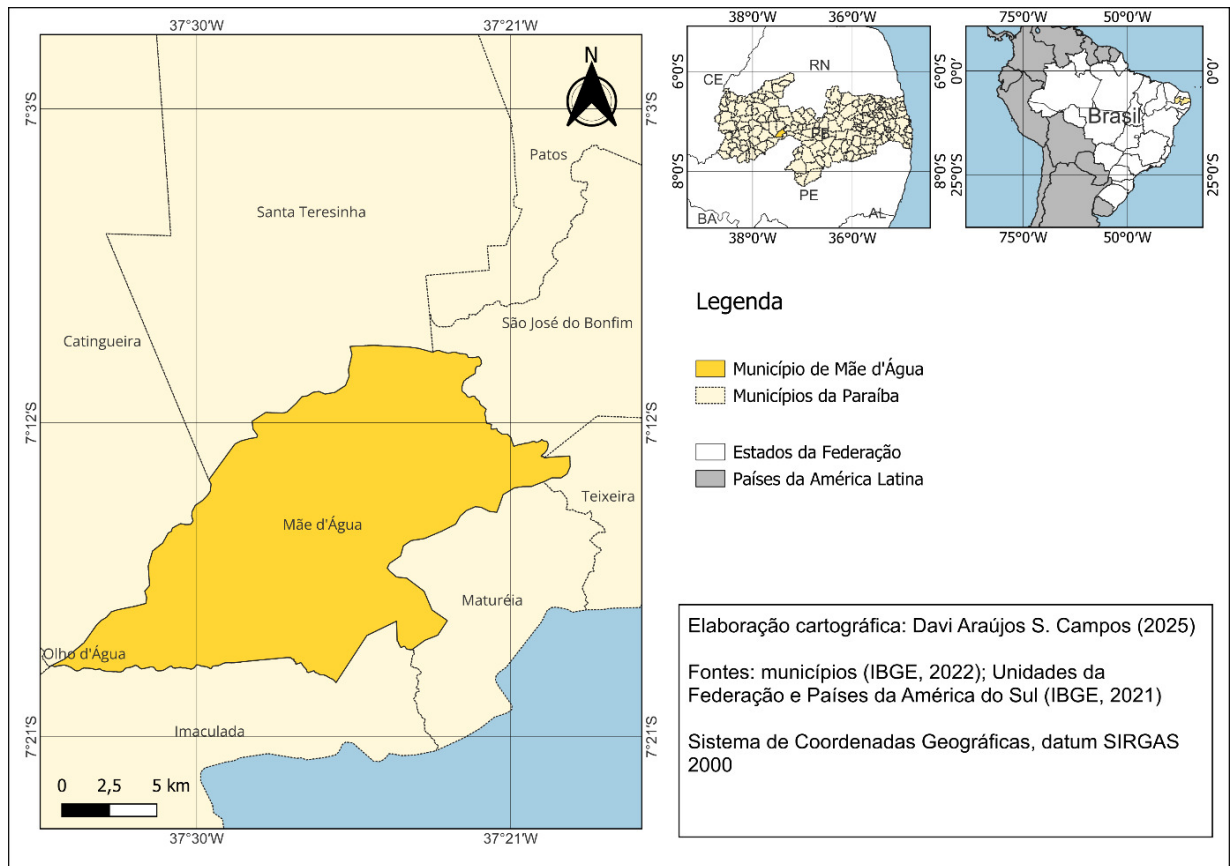
### **3. METODOLOGIA**

O presente trabalho desenvolveu uma análise detalhada das características físicas do município de Mãe d'Água-PB, utilizando o geoprocessamento e contrastando com a legislação vigente à fim de determinar quais áreas do município podem ser loteadas e quais devem ser preservadas.

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O município de Mãe d'Água está localizado na Região Metropolitana de Patos-PB (Figura 1), à 284,14 km da capital João Pessoa e limita-se com os municípios de Catingueira, Imaculada, Maturéia, Teixeira, Santa Terezinha, São José do Bonfim. Possui uma área territorial de 228,676km<sup>2</sup> e população de 3.583 habitantes no censo de 2022, o que representa uma queda de 10,85% em relação ao censo de 2010. (IBGE, 2022). Ainda, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o município possuía em 2019 0,54km<sup>2</sup> de área urbanizada com uma densidade demográfica de 15,67h/km<sup>2</sup>. O principal corpo hídrico do município é o Açude Capoeira, sendo o rio intermitente denominado Rio da Cruz o principal canal de abastecimento do açude dentro da área do município.

**Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Mãe d'Água**



Fonte: Autoria própria (2025)

### 3.2 ÁREAS RESTRITAS À EXPANSÃO URBANA

No entorno da zona urbana do município podem ser observadas diversas formações de serras e terrenos sinuosos que nos levam à hipótese de que existem áreas impróprias para a expansão urbana. Diante dessa hipótese, foi feita uma verificação na legislação vigente para descobrir como são classificadas as áreas restritas à expansão urbana. De acordo com o Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012) são restritas à expansão urbana as áreas denominadas APP (Áreas de Preservação Permanente) definidas pelo próprio código como:

*“i) as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular;*

*ii) as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais; as áreas no entorno dos reservatórios d’água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d’água naturais;*

*iii) as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;*

- iv) as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;*
- v) os manguezais, em toda a sua extensão;*
- vi) as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;*
- vii) no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25° , as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação; em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.”*

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC - Lei nº 9.985/2000), as Unidades de conservação são definidas como espaços territoriais com características naturais relevantes que exigem proteção. A expansão urbana é fortemente restrita ou proibida, especialmente em UCs de Proteção Integral (como Parques Nacionais, Reservas Biológicas etc.), também são áreas restritas à expansão urbana.

Na área de estudo do presente trabalho algumas áreas pertencem ao Parque Nacional da Serra do Teixeira, criado pelo Decreto Federal nº 11.552/23. Após a obtenção dessas informações, foi feita uma coleta profunda e tratamento de dados utilizando geoprocessamento para efetuar um contraste entre o que está presente na legislação e o que se aplica ao município de Mãe d'Água.

### 3.3 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS COM GEOPROCESSAMENTO

#### 3.3.1 Obtenção de arquivos de base.

No software QGIS 3.36 MAIDENHEAD foi feita a criação de um novo projeto para trabalhar as nuances do município objeto de estudo deste trabalho. Foi configurado o sistema de coordenadas do projeto para utilizar coordenadas UTM, visto que estaremos trabalhando com a mensuração de áreas, tendo como SRC escolhido o EPSG 31984 Datum SIRGAS 2000 zona 24S.

Posteriormente, foram obtidas imagens SRTM do site da USGS (*United States Geological Survey*), mais precisamente as imagens das zonas: s07, w38; s07, w37; s08, w37; s08, w38; com precisão de 30 metros. Após isso foi feita uma consulta no site do IBGE para a obtenção do arquivo *Shapefile* do município para correta delimitação, e o arquivo *Shapefile* do Açude Capoeira, principal corpo hídrico do município.

A partir dessas imagens foi utilizado o comando do menu Raster > Miscelânea > Mosaico para a criação de um mosaico dessas imagens, depois foi utilizado o comando do menu Raster > Projeções > Reprojetar coordenadas para reprojetar as coordenadas do mosaico dos arquivos, visto que o sistema nativo destes era o EPSG 4326 – WGS 84, divergente do sistema que foi determinado para o projeto. Por fim, foi feito um recorte do mosaico nas medidas exatas do município a partir do menu Raster > Extrair > Recortar pela camada de máscara, onde foi utilizada a camada *Shapefile* do município.

### **3.3.2 Verificação de Variação de Altitude**

Com o recorte das imagens SRTM foi obtido um sombreamento utilizando o comando Raster > Análise > Sombreamento e feita uma classificação de cores de acordo com a variação altura do modelo. A partir da sobreposição dessas camadas somado com algumas configurações de simbologia, foi obtido o mapa hipsométrico do município, um mapa extremamente visual e de fácil compreensão acerca da disposição do relevo do município.

Após isso, no menu Raster > Extrair > Contorno, foi elaborado o mapa de curvas de nível a cada 50 metros do município para a verificação de topos de morros e sinuosidade do terreno. Foi feita a mensuração das áreas abaixo das curvas de nível que representavam os topos de morros através do método desenvolvido por ROCHA em 2022 e preenchida de cor para melhor visualização.

### **3.3.3 Verificação de declividade**

Com o recorte das imagens SRTM foi analisada a declividade do terreno a partir do menu Raster > Analisar > Declividade e o arquivo gerado foi classificado de acordo com a classificação da EMBRAPA apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação de Declividade

| Declividade (%) | Discriminação           |
|-----------------|-------------------------|
| 0 – 3           | Relevo Plano            |
| 3 – 8           | Relevo Suave Ondulado   |
| 8 – 20          | Relevo Ondulado         |
| 20 – 45         | Relevo Forte Ondulado   |
| 45 – 75         | Relevo Montanhoso       |
| >75             | Relevo Forte Montanhoso |

Fonte: EMBRAPA (2025)

A partir dessa classificação foi possível identificar os locais onde a declividade é superior a 45%, visto que estes locais não estão propícios à expansão urbana segundo o código florestal. Posteriormente foi executado o comando Caixa de Ferramentas > Raster para vetor em Pixels para extrair informações de área categorizadas de acordo com as faixas de classificação da EMBRAPA para mensurar as áreas indisponíveis para expansão urbana por esse critério.

### 3.3.4 Verificação da Drenagem Urbana e Microbacia Hidrográfica Municipal.

A partir do recorte das imagens SRTM foi feita uma modificação no arquivo com o GrassGis 8.3.1 utilizando o comando “r.fill.dir” para eliminar preencher as depressões e gerar uma superfície hidrologicamente correta. Após isso, foi executado o comando “r.watershad” para gerar a rede de drenagem do município que posteriormente foi transformada em vetor a partir do comando “r.to.vect”.

Após isso, em consulta à base de dados da AESA, foi obtido o arquivo *shapefile* da drenagem estadual da Paraíba e filtrada para abranger apenas o município objeto de estudo deste trabalho. O intuito era comparar com o arquivo gerado pelo SRTM e obter informações que somente a agência possui, com o nome e ordem dos rios. Nos principais trechos do principal rio que atravessa o município e deságua no Açude Capoeira, foi feito um “buffer” a partir do comando Vetor>Geoprocessamento>Buffer para identificar um possível APP em torno do rio.

### 3.3.5 Verificação de Uso e Ocupação do Solo

Em consulta ao Google Earth Engine, utilizando o complemento MAPBiomias a partir do comando “lulc” que verifica o Uso e Cobertura da Terra foi feito o *upload* do arquivo *shapefile* do município obtido anteriormente através do site do IBGE, obtemos o mapa de Uso e Ocupação do Solo do município entre 1993 e 2023, que é extremamente importante para

verificação de crescimento urbano, áreas de agricultura e movimento e tempo de retorno do Açude Capoeira.

### **3.3.6 Verificação de Unidades de Conservação**

Em consulta a base de dados do IBGE, foi constatado que parte do território do município objeto de estudo coincide com a área do Parque Nacional da Serra do Teixeira. Foi obtido o Arquivos *Shapefile* desta UC e recortada pelo perímetro municipal para ver somente a área do parque que está presente no município e mensurar esta área.

### **3.3.7 Verificação Geral de Áreas**

Por fim, foi feita uma verificação geral dos dados a fim de conhecer as áreas que estão restritas ou favoráveis a expansão urbana e foi feito o *overlay* de todas as camadas descritas anteriormente para obter a visualização dessas áreas classificadas. Posteriormente, a partir do menu vetor>geoprocessamento>união foi feita a união de todas as camadas que representam áreas restritas à expansão a fim de criar uma única camada com a informação das áreas não loteáveis do município.

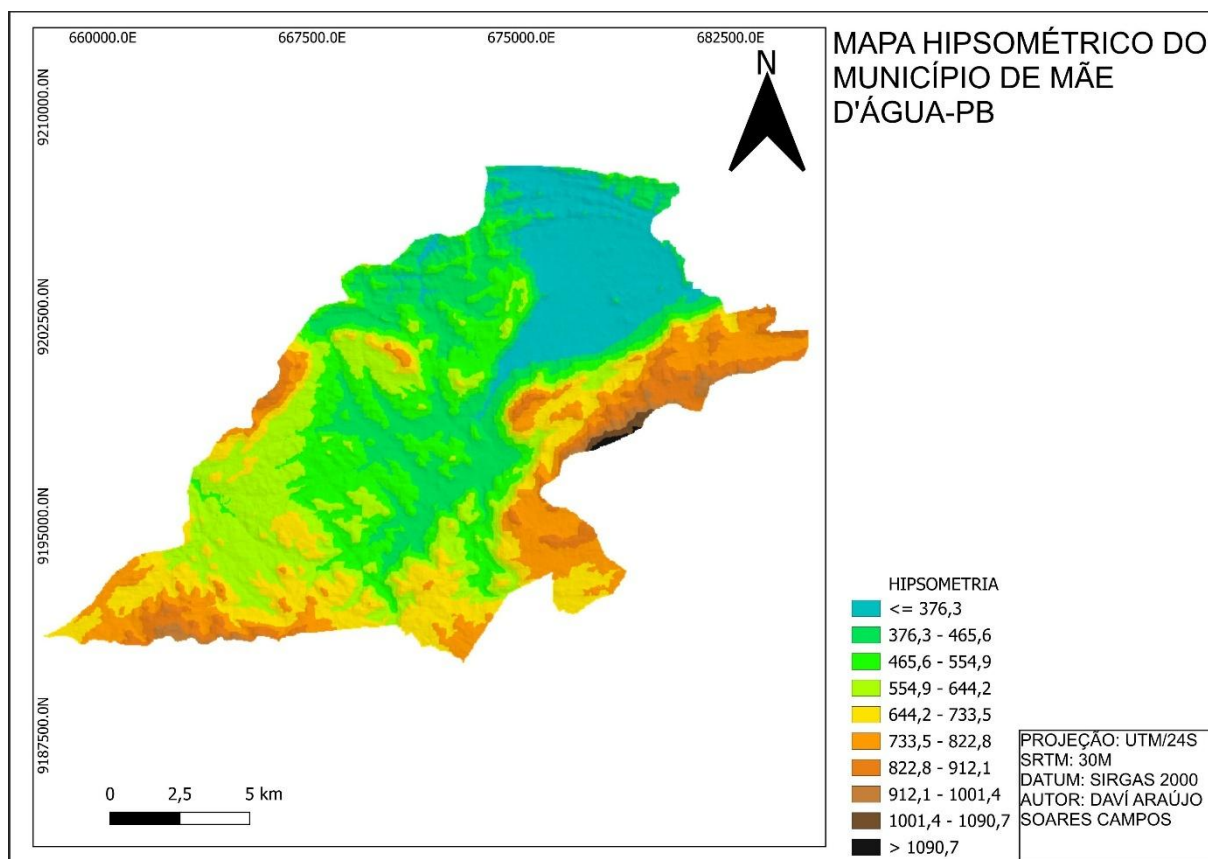
## 4.0 RESULTADOS

### 4.1 MAPAS OBTIDOS ATRAVÉS DA PESQUISA

#### 4.1.1 Mapa Hipsométrico

A partir do mapa hipsométrico do município (Figura 2), é possível verificar uma variação de altitude entre 376,3 metros até 1090,7 metros. As maiores altitudes do município concentram-se nas extremidades de seu limite territorial, especialmente nas porções extremo nordeste, sudeste e sudoeste de Mãe d'Água, variando entre 733,5 m e 1090,7 m. Na maior parte da área municipal, as altitudes situam-se entre 376,3 m e 644,2 m. As porções que não apresentam características de relevo sinuoso a montanhoso concentram-se na região central e, sobretudo, no setor nordeste, onde predominam altitudes em torno de 376,3 m, com baixa variação altimétrica.

**Figura 2 - Mapa Hipsométrico do Município de Mãe d'Água.**



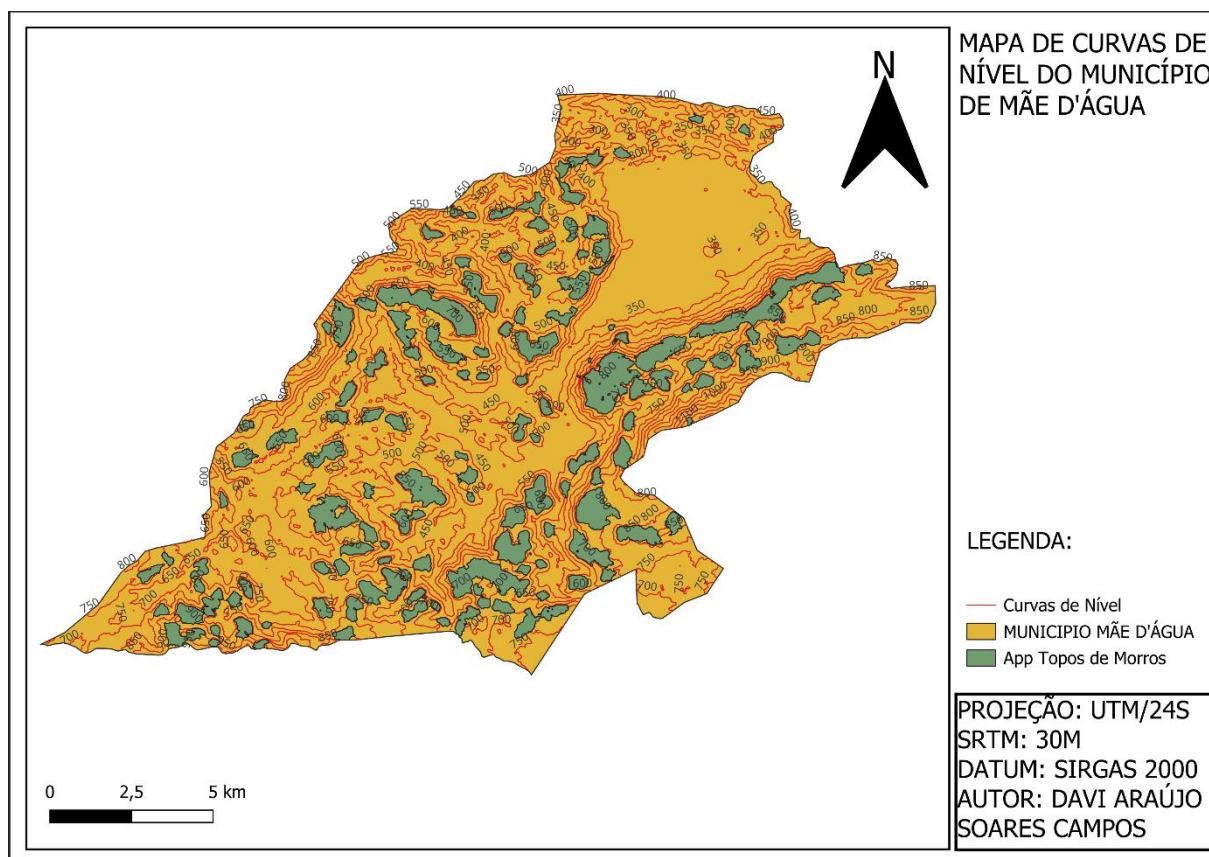
Fonte: Autoria própria (2025)

#### 4.1.2 Mapa de Curvas de Nível Com Topos de Morro

O mapa (Figura 3) apresenta a distribuição altimétrica do município de Mãe d'Água (PB) a partir de curvas de nível com equidistância de 50 metros. As áreas em tonalidade amarelo-alaranjada correspondem ao perímetro municipal, enquanto as áreas em verde escuro indicam Áreas de Preservação Permanente (APP), evidenciando zonas de maior altitude e declividade acentuada, distribuídas especialmente na região central e nos extremos do município. Essas áreas foram caracterizadas como topos de morros.

A densidade das curvas de nível é maior nas porções nordeste, sudeste e sudoeste, demonstrando relevo mais movimentado, com altitudes que atingem valores superiores a 850–900 metros em alguns topos de morros. Em alguns pontos na porção nordeste apresenta altitudes superiores a 1000 metros. As áreas centrais e parte do setor nordeste apresentam menor variação altimétrica, com curvas de nível mais espaçadas e altitudes predominando em torno de 350–450 metros.

**Figura 3 - Mapa de Curvas de Nível e APP de Topos de Morro do Município de Mãe d'Água.**



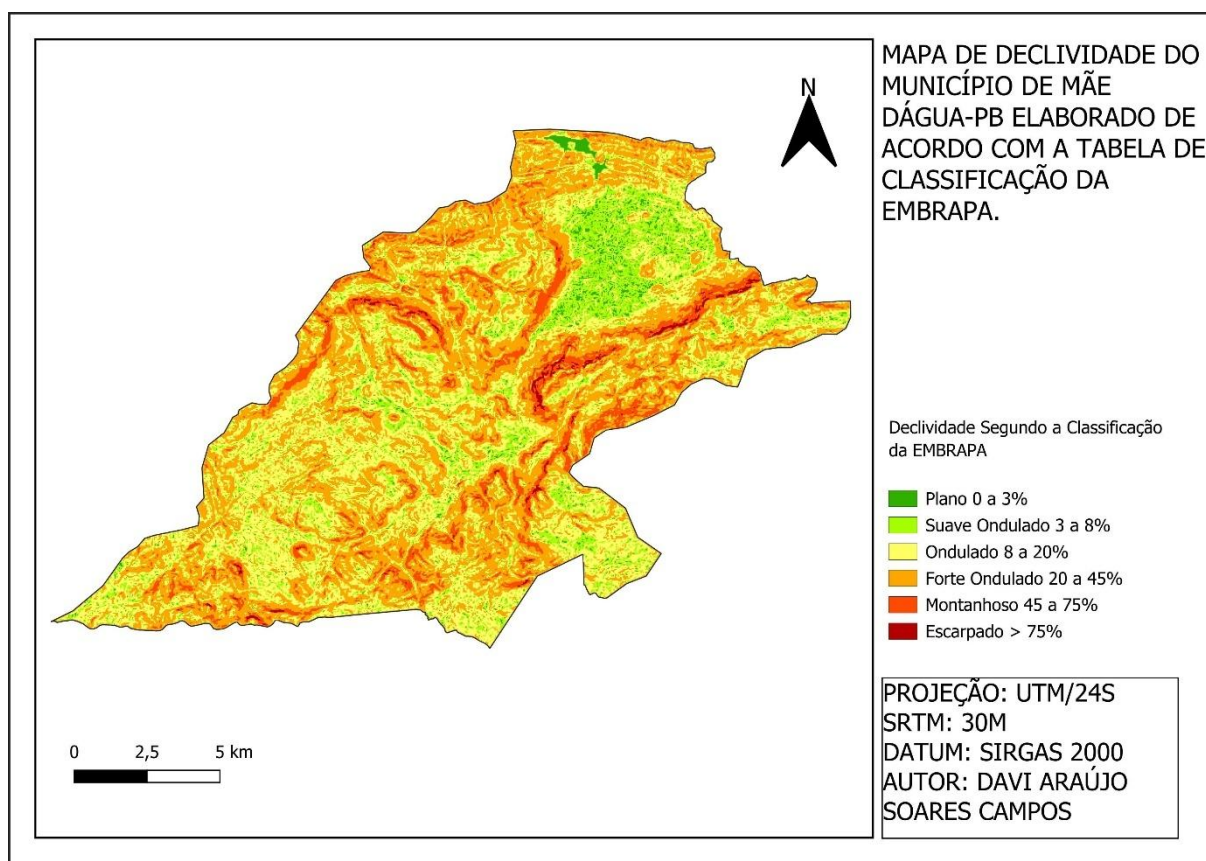
Fonte: Autoria própria (2025)

### 4.1.3 Mapa de Declividade

O mapa de declividade do município de Mãe d'Água foi elaborado a partir do modelo digital de elevação SRTM (30 m), utilizando a classificação proposta pela EMBRAPA para categorias de inclinação do terreno (Figura 4). A espacialização da declividade permite identificar áreas planas, suavemente onduladas e setores com relevo acentuado, distribuídos de forma heterogênea ao longo do território municipal.

As áreas representadas em verde correspondem às declividades mais baixas, variando entre 0% e 8%, distribuídas principalmente nas porções centrais e setoriais do município. Essas regiões são classificadas como planas (0–3%) e suave ondulado (3–8%). As tonalidades amarelas e alaranjadas representam declividades intermediárias, correspondendo às classes ondulado (8–20%) e forte ondulado (20–45%), e são amplamente predominantes no território. Enquanto as porções em vermelho e vermelho-escuro indicam as declividades mais elevadas, classificadas como montanhoso (45–75%) e escarpado (>75%). Esses setores concentram-se, sobretudo, nas extremidades nordeste, sudeste e sudoeste, coincidindo com zonas de maiores altitudes e topos de morros.

**Figura 4 - Mapa de Declividade do Município de Mãe d'Água.**

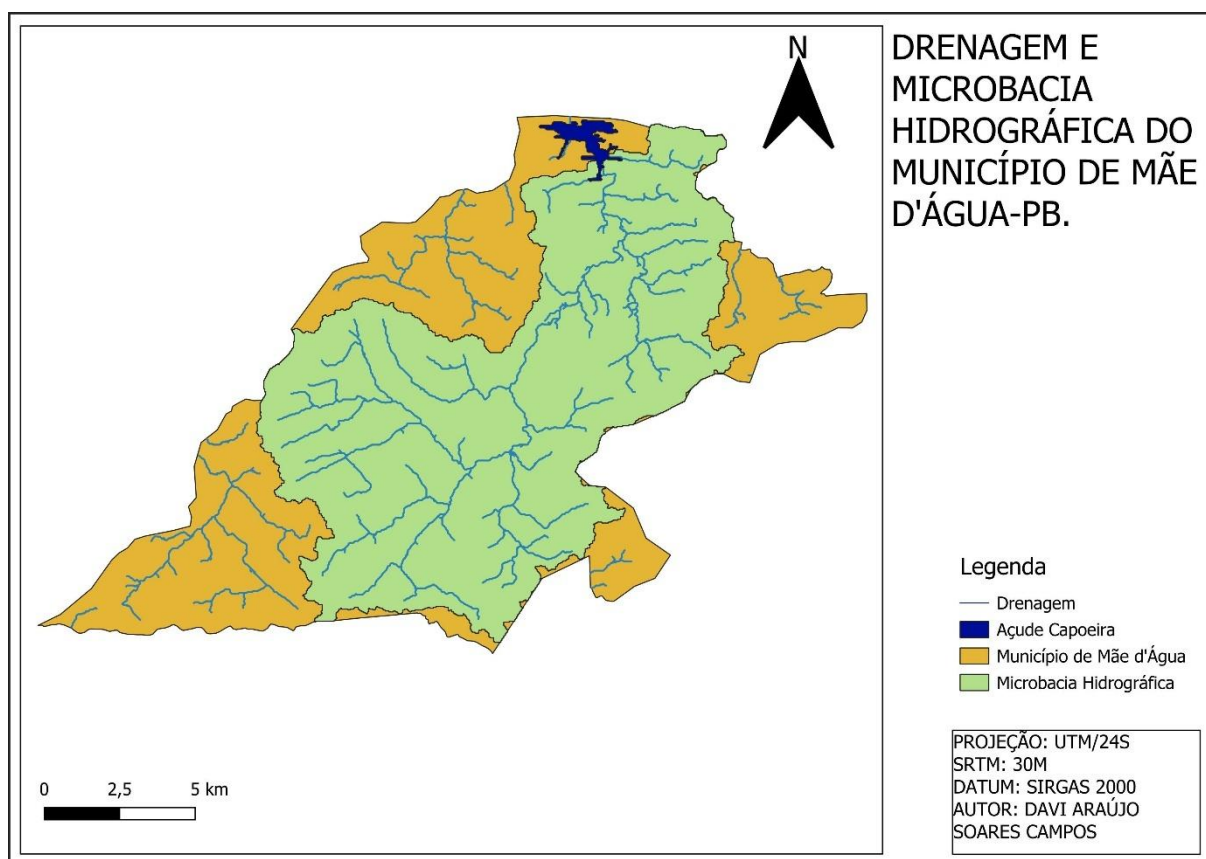


Fonte: Autoria própria (2025)

#### 4.1.4 Mapa de Drenagem Municipal com Microbacia Hidrográfica

O mapa apresenta a configuração da rede hidrográfica do município de Mãe d'Água, destacando a delimitação da bacia que drena a maior parte do território (Figura 5). A área municipal está representada em amarelo, enquanto a bacia hidrográfica principal, responsável pelo escoamento superficial dominante, aparece em verde claro, ocupando a maior porção central do município. A rede de drenagem é representada por linhas em azul claro, evidenciando riachos, canais e cursos d'água efêmeros, característicos de regiões inseridas no semiárido brasileiro. Os canais apresentam padrão de drenagem do tipo dendrítico, típico de terrenos cristalinos e de baixa infiltração, com ramificações distribuídas de forma irregular, acompanhando as variações do relevo local. Na porção norte do município, destaca-se o Açude Capoeira, representado em azul escuro, funcionando como o principal corpo hídrico de acumulação superficial do território.

**Figura 5 - Mapa de Drenagem e Bacia Hidrográfica do Município de Mãe d'Água.**

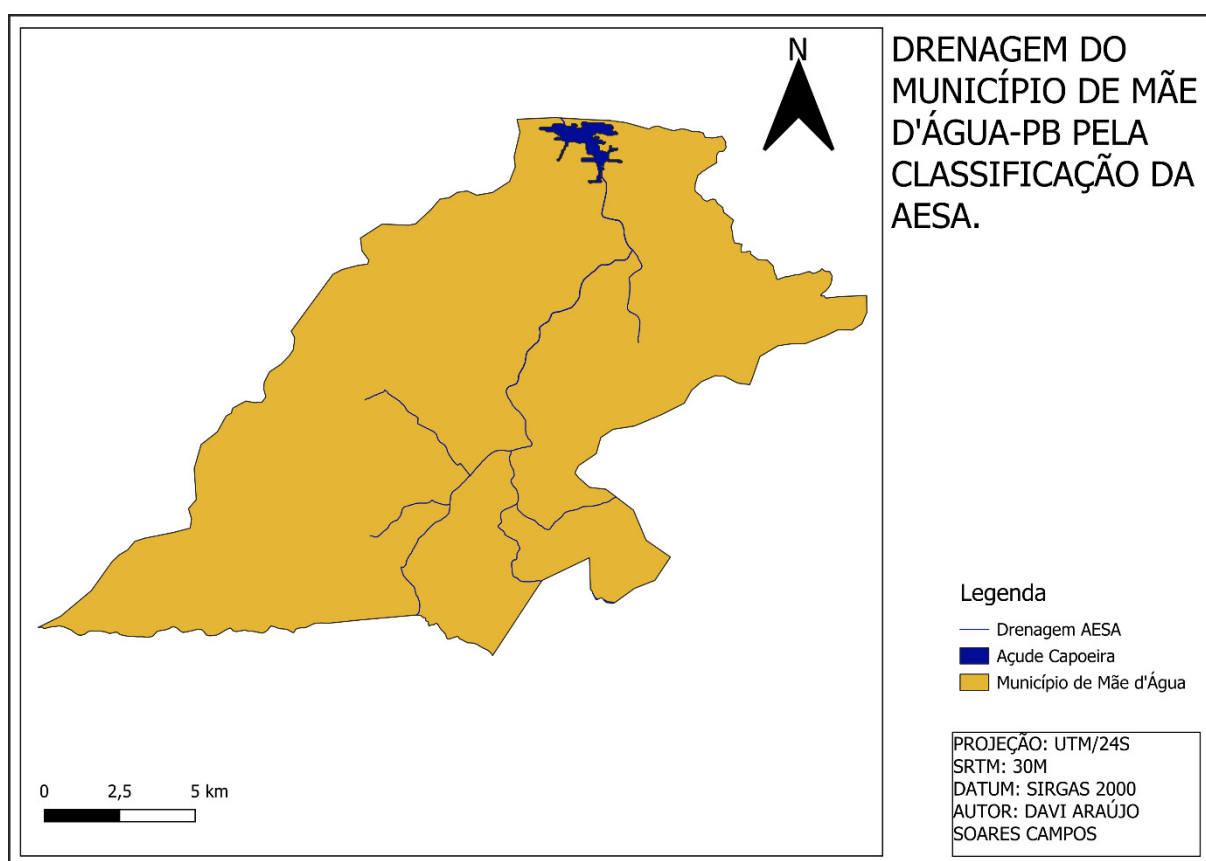


Fonte: Autoria própria (2025)

#### 4.1.5 Mapa de Drenagem Municipal Classificada Pela AESA

No mapa de drenagem municipal (Figura 6) dos corpos hídricos municipais catalogados pela AESA, temos um esquema semelhante, onde cursos d'água menores convergem para um talvegue principal, porém com menor quantidade de cursos, visto que a AESA só considera o que realmente é corpo hídrico, diferente do MDE, que se baseia nas informações de altitude. O talvegue principal do município é o Riacho da Cruz, a sudeste temos o Riacho da Caraibeira e o Riacho Sato Antônio, a sudoeste temos dois riachos sem denominação e a nordeste o Riacho Pombal.

**Figura 6 - Mapa de Drenagem Catalogada Pela AESA do Município de Mãe d'Água.**



Fonte: Autoria própria (2025)

#### 4.1.6 Mapa de Uso e Ocupação do Solo

Os três mapas apresentados representam a evolução do uso e ocupação do solo no município de Mãe d'Água nos anos de 1993, 2008 e 2023 (Figura 7), permitindo observar mudanças espaciais significativas ao longo de três décadas. As classes mapeadas incluem

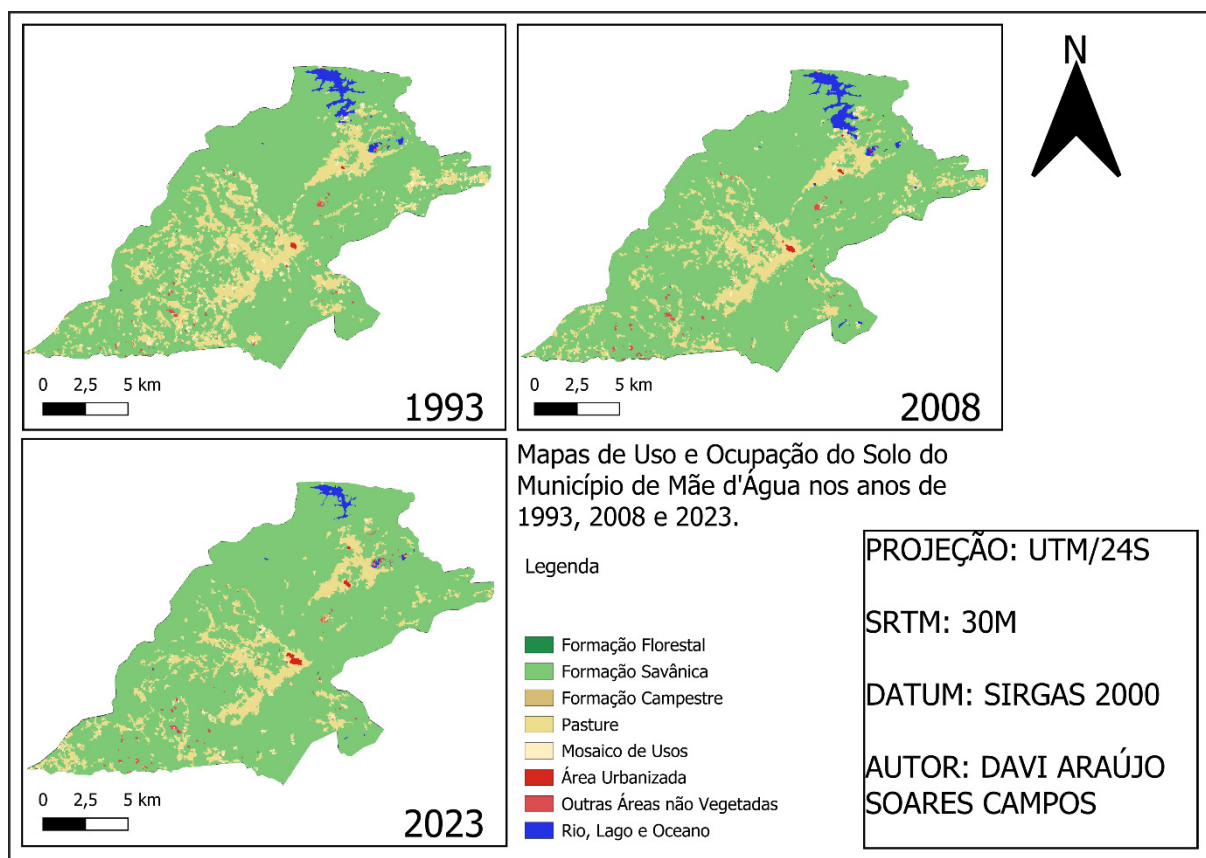
formações vegetais (florestal, savânica e campestre), áreas de pastagem, mosaico de usos, áreas urbanizadas, superfícies não vegetadas e corpos hídricos, conforme legenda padronizada.

Observa-se que em 1993, o território municipal de Mãe d'Água é amplamente dominado por formações florestais e savânicas, representadas em tons de verde, ocupando a maior parte da paisagem. Registra-se a presença de áreas de pastagem e pequenos núcleos de mosaico de usos distribuídos de maneira pontual, indicando início de antropização em setores específicos. As áreas urbanizadas são reduzidas e concentram-se próximas ao núcleo urbano central.

Em 2008, é notório um avanço expressivo das áreas de pastagem (tom amarelo), acompanhado da expansão do mosaico de usos (tons de laranja), refletindo intensificação das atividades agropecuárias e maior fragmentação da vegetação nativa. Apesar disso, grande parte do município continua recoberta por formações naturais, principalmente savânicas e campestres. Nota-se também um aumento de pequenas manchas urbanizadas em comparação a 1993.

Enquanto em 2023, mantém-se o predomínio da vegetação nativa, porém com maior presença de áreas antropizadas, especialmente pastagens e mosaicos de uso, que se mostram mais dispersos e contínuos do que nas décadas anteriores. A região do Açude Capoeira permanece como corpo hídrico destacado na porção norte. Há aumento leve, porém notável, da mancha urbana e das áreas não vegetadas, refletindo expansão urbana e mudanças no uso da terra típicas do semiárido nos últimos anos. Este comparativo é importante para entender o movimento das áreas, a tendência de crescimento da cidade e o movimento do espelho d'água do açude capoeira que fica mais claro junto com a análise da Tabela 2.

**Figura 7 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Município de Mãe d'Água em 1993, 2008 e 2023.**



Fonte: Autoria própria (2025)

**Tabela 2 - Áreas de Uso e Ocupação do Solo no Município de Mãe d'Água.**

| Nome                       | Cor | Área(Km <sup>2</sup> ) |          |          |
|----------------------------|-----|------------------------|----------|----------|
|                            |     | 1993                   | 2008     | 2023     |
| Formação Florestal         |     | 0                      | 0,018627 | 0,018627 |
| Formação Savânica          |     | 180,8283               | 191,972  | 196,6337 |
| Formação Campestre         |     | 0,092253               | 0,084271 | 0,266109 |
| Pastagem                   |     | 37,89061               | 28,93856 | 26,18257 |
| Mosaico de Usos            |     | 5,651117               | 2,453523 | 2,621025 |
| Área Urbanizada            |     | 0,137488               | 0,260786 | 0,463916 |
| Outras Áreas não Vegetadas |     | 0,894074               | 0,972114 | 1,020924 |
| Rio, Lago e Oceano         |     | 3,178664               | 3,972616 | 1,465578 |
| Totais                     |     | 228,6725               | 228,6725 | 228,6725 |

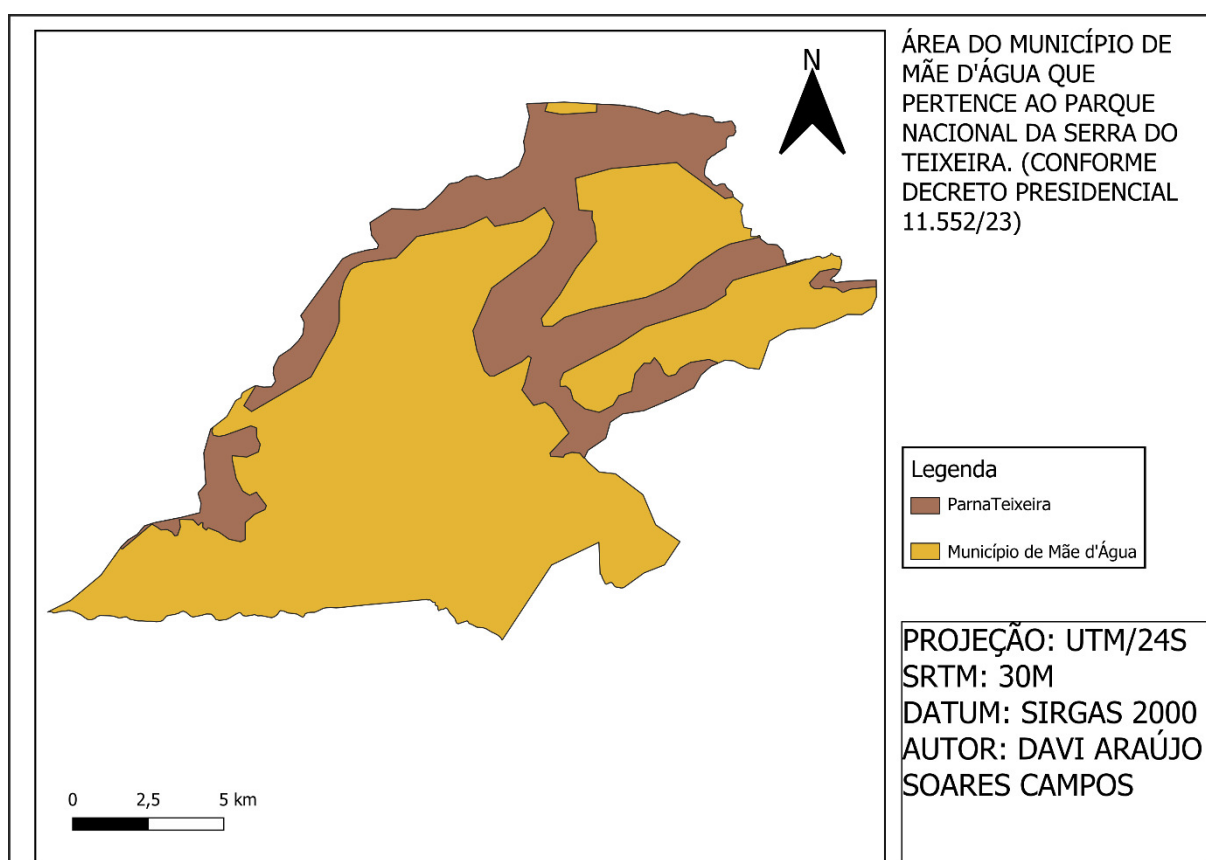
Fonte: Autoria própria (2025)

#### 4.1.7 Mapa da Unidade de Conservação

O mapa apresenta a porção do território do município de Mãe d'Água (PB) que está inserida nos limites do Parque Nacional da Serra do Teixeira, criado e regulamentado pelo Decreto Presidencial nº 11.552/2023 (Figura 8). A área municipal é representada em amarelo, enquanto as áreas protegidas pertencentes ao Parque Nacional aparecem em marrom, permitindo visualizar de forma clara a interseção entre o limite administrativo municipal e a unidade de conservação federal.

Observa-se que o Parque ocupa parcelas descontínuas do território de Mãe d'Água, principalmente distribuídas ao longo das porções norte, noroeste e centro-sul do município. Esses trechos correspondem às áreas de maior relevância ambiental, geralmente associadas a elevações da Serra do Teixeira, regiões de maior biodiversidade e importância ecológica.

**Figura 8 - Mapa da Área do Município Pertencente ao PARNATEIXEIRA.**



Fonte: Autoria própria (2025)

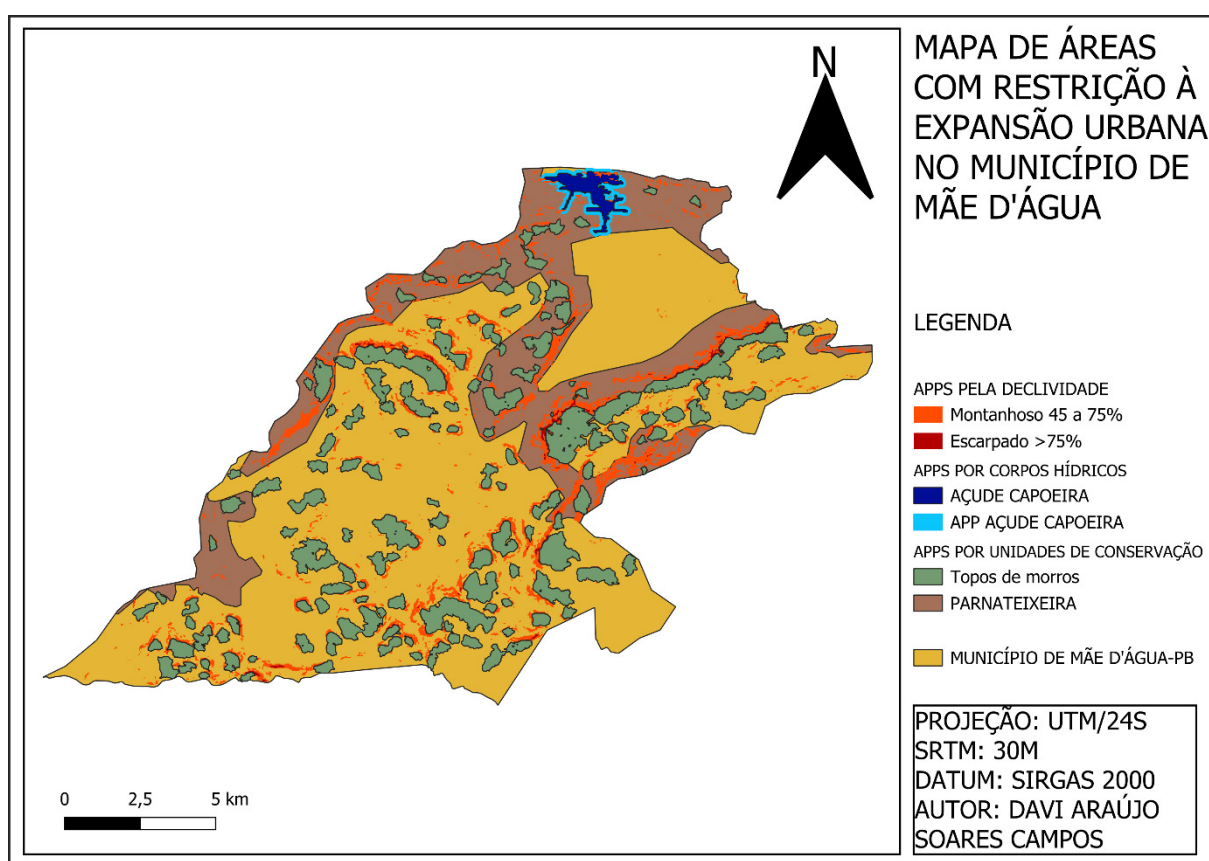
#### 4.1.8 Mapa de Áreas com Restrição à Expansão Urbana

No mapa de áreas com restrição à expansão urbana (Figura 9), estão sobrepostas todas as camadas que são consideradas áreas restritas: Declividade acima de 45%, APPs de topo de

morro, PARNATEIXEIRA e APPs de corpos hídricos. Neste mapa observa-se um corredor *trend* NE-SW, formado por conjuntos de serras e morros, que atua como uma barreira natural e inviabiliza a expansão de novas áreas urbanas nesse setor do município.

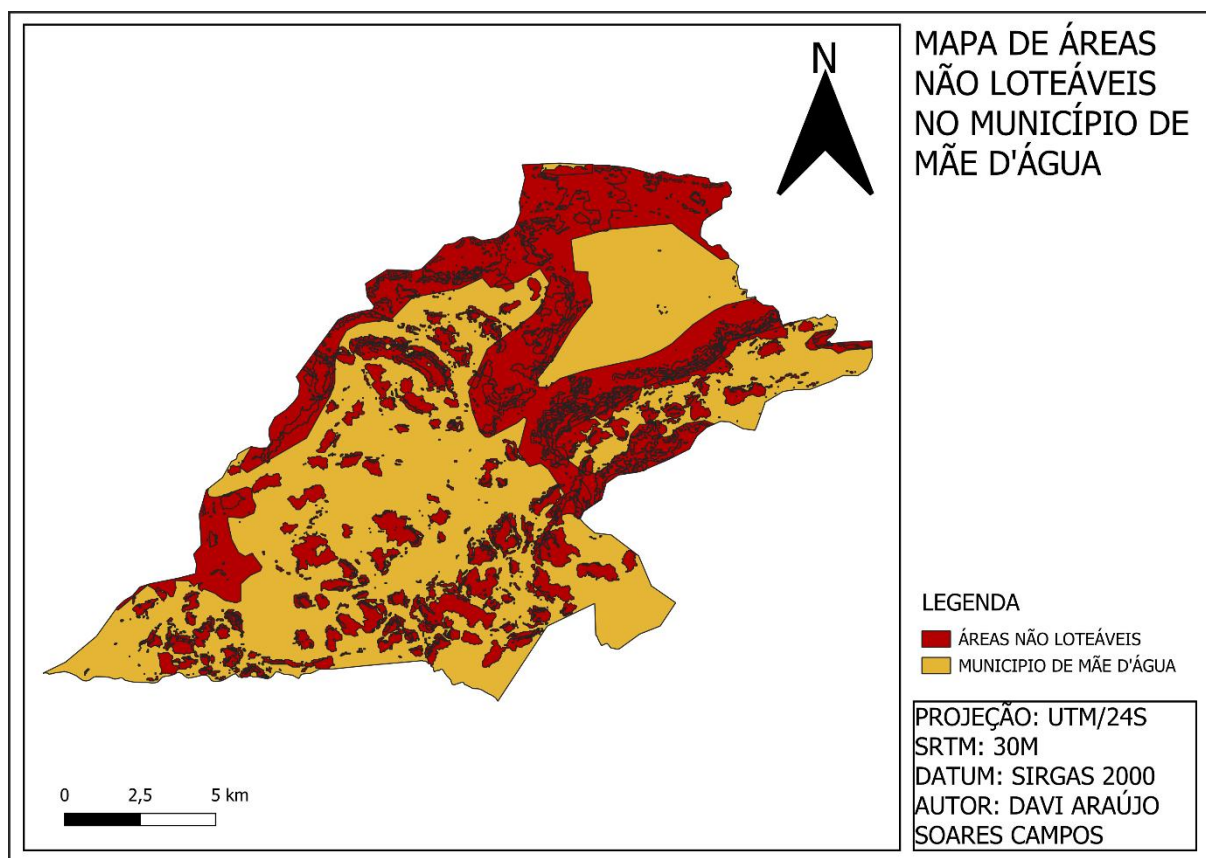
No mapa de áreas não loteáveis (Figura 10), observa-se a síntese espacial de todas as camadas restritivas, resultando em uma área total de 61,996 km<sup>2</sup>, que corresponde a 27,11% da área total do município, classificada como não apta para expansão urbana. Essa delimitação evidencia a influência direta dos condicionantes geomorfológicos, ambientais e legais na organização territorial do município.

**Figura 9 - Mapa de Áreas com Restrição à Expansão Urbana no Município de Mãe d'Água.**



Fonte: Autoria própria (2025)

**Figura 10 - Mapa de Áreas Não Loteáveis no Município de Mãe d'Água.**



Fonte: Autoria Própria (2025).

## 5. DISCUSSÃO

A integração dos diferentes produtos cartográficos permitiu compreender, de forma abrangente, os condicionantes físicos, ambientais e legais que estruturam o território do município de Mãe d'Água–PB e que influenciam diretamente no seu potencial de expansão urbana. Os dados altimétricos evidenciam que as maiores altitudes se concentram nas porções extremo nordeste, sudeste e sudoeste, com valores variando entre 733,5 m e 1090,7 m. Essas áreas mais elevadas correspondem, de modo geral, ao conjunto de morros e serras associados à Serra do Teixeira, configurando zonas de relevo fortemente ondulado a montanhoso, conforme demonstrado no mapa de declividade. A predominância de declividades superiores a 20% nessas regiões reforça seu caráter de fragilidade ambiental, limitando usos antrópicos mais intensos e favorecendo a ocorrência de processos erosivos.

A análise da declividade mostra que parcelas significativas do município enquadram-se nas classes de Forte Ondulado (20–45%), Montanhoso (45–75%) e Escarpado (>75%), formando um corredor com orientação NE–SW. Esse corredor funciona como uma barreira

natural à expansão urbana, restringindo a ocupação principalmente às áreas de relevo plano a suavemente ondulado (<8%), que se concentram na região central e em setores do norte. A sobreposição dessas áreas com as Áreas de Preservação Permanente (APPs) de topo de morro reforça o caráter preservacionista desses ambientes, que desempenham papel estratégico como zonas de recarga hídrica e refúgio de remanescentes vegetacionais.

A influência da declividade como fator limitante da urbanização é amplamente discutida na literatura. O trabalho de Belchior (2024) demonstra que terrenos com alta declividade dificultam a formação de centralidades urbanas e restringem o adensamento, resultados que corroboram diretamente as limitações observadas em Mãe d'Água. De forma semelhante, estudos em municípios como Barreiras–BA evidenciam que a expansão urbana interfere diretamente nas formas e processos geomorfológicos locais, reforçando a importância da declividade e da compartimentação do relevo como restrições ao crescimento urbano (Santos, 2017). A perspectiva da geomorfologia antropogênica indica ainda que áreas com relevo mais complexo tendem a sofrer modificações significativas sob pressão urbana, exigindo estratégias de planejamento compatíveis com suas características ambientais.

O mapa de drenagem revela que o município é composto majoritariamente por cursos d'água intermitentes, característica comum de ambientes semiáridos. Esses cursos influenciam diretamente a delimitação das APPs, ampliando as áreas legalmente protegidas. A presença do Açude Capoeira, no setor norte, destaca-se como o principal corpo hídrico do município e elemento estruturante do território, tanto ambiental quanto socioeconomicamente.

Ao considerar o uso e ocupação do solo para os anos de 1993, 2008 e 2023, observa-se relativa estabilidade do mosaico paisagístico, com predominância de formações savânicas e campestres. No entanto, verifica-se expansão de áreas degradadas ou pouco vegetadas em setores de maior acessibilidade viária. A área urbanizada permanece reduzida e fragmentada, o que reflete as limitações físicas e legais impostas ao município para expansão horizontal.

Outro componente essencial é a inclusão de porções significativas do território municipal no Parque Nacional da Serra do Teixeira, criado pelo Decreto Presidencial nº 11.552/2023. As áreas do PARNATEIXEIRA situadas dentro de Mãe d'Água abrangem regiões de maior altitude e declividade, reforçando sua função ambiental estratégica. A presença dessa unidade de conservação federal amplia o conjunto de áreas restritivas, evidenciando a necessidade de um planejamento territorial que considere a preservação dos remanescentes de vegetação nativa e dos recursos hídricos.

A combinação dos fatores geomorfológicos (altitude e declividade), ambientais (APPs e áreas protegidas), hidrológicos e legais resultou na classificação de 61,996 km<sup>2</sup> como áreas não loteáveis. Esse valor corresponde a uma porção significativa do território municipal, revelando limitações naturais expressivas para a expansão urbana. Diante desse cenário, torna-se imprescindível a adoção de políticas de ordenamento que priorizem estratégias como verticalização, requalificação de áreas já urbanizadas e otimização do uso do solo urbano. Conforme discutido por Bilac e Alves (2020), a ocupação inadequada de APPs pode gerar conflitos ambientais e comprometer a funcionalidade ecológica das paisagens naturais. Situação semelhante à observada em Pau dos Ferros–RN também ocorre em Mãe d'Água, onde setores sob pressão urbana coincidem com áreas legalmente protegidas.

Portanto, os resultados deste estudo indicam que a expansão urbana de Mãe d'Água deve ocorrer de forma planejada e em consonância com a capacidade de suporte ambiental, privilegiando áreas de menor declividade, localizadas fora de APPs e distantes dos limites do Parque Nacional. Essa abordagem garante o equilíbrio entre desenvolvimento urbano e preservação ambiental, promovendo um modelo de ocupação territorial sustentável.

## 6. CONCLUSÃO

A análise integrada dos condicionantes físicos, ambientais e legais demonstra que Mãe d'Água–PB possui limitações naturais significativas à expansão urbana, especialmente devido ao predomínio de altas declividades e altitudes associadas ao corredor geomorfológico NE–SW da Serra do Teixeira. A presença de APPs, cursos intermitentes e áreas pertencentes ao Parque Nacional da Serra do Teixeira amplia ainda mais as zonas restritivas.

Entre 1993 e 2023, o uso e ocupação do solo manteve relativa estabilidade, com urbanização reduzida e fragmentada, enquanto áreas degradadas cresceram em setores acessíveis. A síntese das camadas cartográficas resultou em 61,996 km<sup>2</sup> de áreas não loteáveis, representando uma parcela expressiva do território municipal.

Diante dessas restrições, conclui-se que a expansão urbana viável se concentra principalmente na porção nordeste do município com área de 29,57km<sup>2</sup>, onde predominam áreas de menor declividade e ausência de restrições ambientais severas. Assim, o planejamento urbano deve priorizar essa região, aliado à requalificação de áreas já ocupadas e ao uso eficiente

do solo, garantindo equilíbrio entre crescimento e preservação ambiental. Além disso, sugere-se aos entes municipais competentes a criação de uma APP no entorno do Açude Capoeira, a fim de prevenir processos de ocupação inadequada e possíveis tentativas de urbanização em suas proximidades, garantindo a proteção desse importante recurso hídrico.

## 7. REFERÊNCIAS

- CARVALHO, Silvana Sá de et al. Geoprocessamento: conceitos e aplicações. 2008.
- ÁREAS DE RESTRIÇÃO À EXPANSÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE ITABIRA – MG -- Cadernos do Leste Belo Horizonte, Jan.-Dez. Vol.17, nº17, 2017 Artigos Científicos
- ARONOFF, S. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications. 1995.
- DE MEDEIROS, Anderson Maciel Lima. Artigos sobre conceitos em geoprocessamento. 2012.
- Aurambout, J. P., Barranco, R. & Lavalley, C. (2018). Towards a Simpler Characterization of Urban Sprawl Across Urban Areas in Europe. *Land*. 7(33). <https://doi.org/10.3390/land7010033>
- Batty, M., Besussi, E. & Chin, N. (2003). Traffic, urban growth and suburban sprawl. Centre for Advanced Spatial Analysis, n. 70, University College London. <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/216>
- BELCHIOR, Mateus Vinicius da Costa. Fragilidade ambiental aplicada ao uso do relevo na paisagem ao entorno da Serra do Bauzinho Ituiutaba-MG/Capinópolis-MG. 2024. 99 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2024.
- BURROUGH, P.A. (1987) Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press, Oxford. 193p.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.V. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros.html>. Acesso em novembro de 2025.
- CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, JS de. Operações de análise geográfica. **Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, AMV; Paiva, J. A**, 2003.
- FITZ, Paulo Roberto. Uso de geotecnologias para o planejamento espacial. **Geografia**, v. 33, n. 2, p. 307-318, 2008.
- CHAKRABORTY, A.; MCMILLAN, A. GIS and Scenario Analysis: Tools for Better Urban Planning. *Comprehensive Geographic Information Systems*, v.2-17, p. 371-380, 2018.
- COELHO, André Luiz Nascentes. Sistema de Informações Geográficas (SIG) como suporte na elaboração de planos diretores municipais. **Caminhos De Geografia**, v. 10, n. 30, p. 93-110, 2009.
- DA SILVA ROCHA, Karla; DUETI, Laura de Souza Moraes. Um Sistema de Informação Geográfica Livre e Aberto. 2023.
- DA SILVA, Laira Cristina; LIMA, João Donizete. ST 8 O Geoprocessamento como Importante Ferramenta no Planejamento de Áreas Verdes Urbanas. **Anais ENANPUR**, v.. 17, n. 1, 2017.
- DA SILVA, Leandro et al. Um panorama da aplicabilidade do geoprocessamento no planejamento urbano brasileiro: análise dos últimos 10 anos a partir de publicações em

periódicos nacionais. **Recital-Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 3, n. 3, p. 65-84, 2021.

DE ALMEIDA, Cláudia Maria. Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano regional. **arq. urb**, n. 3, p. 98-123, 2010.

DE OLIVEIRA CARVALHO, Cícero Pérciles. O novo padrão de crescimento no Nordeste semiárido. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 45, n. 3, p. 160-184, 2014.

ELMASRI, R.; NAVHATE, S.B. (2004) *Fundamentals of Database Systems* 4. ed. Boston: Addison Wesley. 1030 p.

Expansão urbana e mobilidade: estudo de caso em Patos - PB --> Research, Society and Development, v. 11, n. 2, e18211224448, 2022 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.24448>

FERREIRA, Jacques Plácido dos Santos. Estudo comparativo dos softwares arcgis e qgis na elaboração de mapa de densidade: perspectivas dos estudantes de Urbanismo. 2017.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 24-29, 2005.

FRANÇA, Leandro. *O que é o QGIS?* GeoOne, 02 maio 2022. Disponível em: <https://geoone.com.br/o-que-e-o-qgis/>. Acesso em: 13 out. 2025.

GOODCHILD, Michael F. Geographic information systems. **Progress in Human geography**, v. 15, n. 2, p. 194-200, 1991.

JUNIOR. A. M. O Geoprocessamento Aplicado Ao Estudo Das Áreas Verdes No Município De Curitiba, Paraná. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Agronomia Área de Concentração "Ciência do Solo". Novembro de 2001.

MARENGO, J.; CUNHA, A.; ALVES, L.. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Revista Climanalise*, v.3, p.49-54, 2016.

MARQUES, Leonardo. *QGIS: o que é, o que faz e para que serve?* Clube do GIS, 24 maio 2021. Disponível em: <https://clubedogis.com.br/qgis-o-que-e-o-que-faz-e-para-que-serve/>. Acesso em: 13 out. 2026.

NEIVA, S. A. As áreas de preservação permanentes no Brasil: a percepção de especialistas. 2009. 137 p. Dissertação (Magister Scientiae em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.

Plano Diretor Participativo do Município de Petrolina e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): um diálogo necessário para o desenvolvimento territorial sustentável --- Redes (St. Cruz Sul, Online), v.28, 2023. ISSN 1982-6745

RAMOS, Frederico Roman. Análise espacial de estruturas intra-urbanas: o caso de São Paulo. **São José dos Campos: INPE**, 2002.

ROCHA, Victor Martins. Desenvolvimento de uma ferramenta no Qgis para delimitação em APP em topos de morros em acordo com o código florestal brasileiro. 2022.

ROSA, R. e BRITO, J.L.S. (1996) Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas. Uberlândia, EDUFU. 104p.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do departamento de geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.

SABOYA, Renato T. Análises espaciais em planejamento urbano. **Rev. Bras. Estudos Urbanos e Regionais**, p. 61-79, 2000.

SANTOS DE MELO, Ana Paula dos, et al. O uso das geotecnologias nas análises espaciais e geográficas: uma contribuição com análise bibliométrica.

SANTOS, C. S.; CASTRO, C. M. S.; RIBEIRO, T. R. **Aplicações de imagens de satélite de alta resolução no planejamento urbano: o caso do cadastro técnico multifinalitário de Mata de São João, Bahia**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XV, Curitiba, 2011, p. 3843.

SANTOS, Leonardo Alves Almeida; LIMA, Espedito Maia. O USO DO QGIS COMO FERRAMENTA PARA MAPEAMENTO DAS MASSAS D'ÁGUA NA CIDADE DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 10, p. e6268-e6268, 2024.

SILVA, G. A. B.; DAVID, P. L. D.; BIANCHI, G. A utilização do SIG para o planejamento urbano. **ANAP Brasil**, v. 10, n. 21, p. 70-89, 2017.

SILVA, J.R. Conformidades e Conflitos Ambientais no Município de Ouro Preto como Apoio à Gestão e Planejamento Municipal, ed. 2012.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Resolução n. 115, de 23 de novembro de 2017. Dispõe sobre a nova delimitação do Semiárido brasileiro. Brasília: DOU, 2017

XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento para Análise Ambiental. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2001

|                                                                                   |                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|  | <b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b> |
|                                                                                   | Campus Patos - Código INEP: 25281925                                  |
|                                                                                   | Br 110, S/N, Alto da Tubiba, CEP 58700-000, Patos (PB)                |
|                                                                                   | CNPJ: 10.783.898/0006-80 - Telefone: None                             |

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC com Ficha Catalográfica

|                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| Assunto:             | TCC com Ficha Catalográfica |
| Assinado por:        | Davi Campos                 |
| Tipo do Documento:   | Dissertação                 |
| Situação:            | Finalizado                  |
| Nível de Acesso:     | Ostensivo (Público)         |
| Tipo do Conferência: | Cópia Simples               |

Documento assinado eletronicamente por:

- Davi Araujo Soares Campos, DISCENTE (202116550043) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - PATOS, em 20/02/2026 17:12:40.

Este documento foi armazenado no SUAP em 20/02/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1772877  
Código de Autenticação: 5a275682ad

