



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

JEREMIAS SOUSA PERUZZO

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO PLANEJAMENTO E GESTÃO DE
MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS EM ÂMBITO MUNICIPAL**

AREIA

2022

JEREMIAS SOUSA PERUZZO

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO PLANEJAMENTO E GESTÃO DE
MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS EM ÂMBITO MUNICIPAL**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia do Centro
de Ciências Agrárias da Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às exigências para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Guttemberg da Silva
Silvino.

Coorientador: Dra. Maria Cristina dos Santos
Pereira

AREIA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

P471g Peruzzo, Jeremias Sousa.

Geotecnologias aplicadas ao planejamento e gestão de
microbacias hidrográficas em âmbito municipal /
Jeremias Sousa Peruzzo. - Areia:UFPB/CCA, 2022.

58 f. : il.

Orientação: Guttemberg da Silva Silvino.

Coorientação: Maria Cristina dos Santos Pereira.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Geoprocessamento. 3. Gestão
ambiental. 4. Morfometria. I. Silvino, Guttemberg da
Silva. II. Pereira, Maria Cristina dos Santos. III.
Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

JEREMIAS SOUSA PERUZZO

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO PLANEJAMENTO E GESTÃO DE
MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS EM ÂMBITO MUNICIPAL**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia do Centro
de Ciências Agrárias da Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às exigências para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

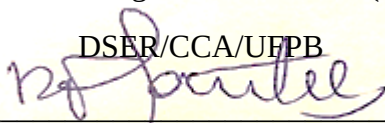
Aprovado em: 01/06/2022.

BANCA EXAMINADORA



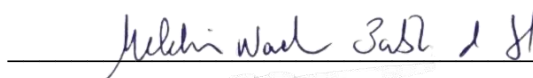
Prof. Dr. Guttemberg da Silva Silvino (Orientador)

DSER/CCA/UFPB



Prof. Dr. Roseilton Fernandes Dos Santos (Examinador)

DSER/CCA/UFPB



Dr. Melchior Naelson Batista Da Silva (Examinador)

Embrapa Algodão (CNPA)

Ao meu bondoso e generoso Deus,
por todos as oportunidades. A minha
mãe Luzia Pereira de Sousa por todo
apoio durante toda minha trajetória.
Ao meu primo (Adriano Souza) *in
memoriam* por ser parte da pessoa que
sou hoje. A minha namorada, Marine
Naianne por todo amor e carinho. Ao
meu orientador Guttemberg da Silva
Silvino, pelas oportunidades e apoio.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, todas as oportunidades que me concedeu e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da minha trajetória acadêmica, profissional, pessoal e realização desse trabalho.

Ao professor, Guttemberg da Silva Silvino, por me conceder a oportunidade no Laboratório, por todo apoio durante esses quase cinco anos, pelo aprendizado, pela troca de ideias e conhecimento e por realizar com maestria e empenho o seu papel como educador.

A técnica de Laboratório, Maria Cristina do Santos Pereira, por ser uma pessoa tão dedicada ao seu trabalho e empenhada a ir além do que lhe é conferido, por todo conhecimento transmitido e pelo apoio durante os meus anos de bolsista do laboratório, me permitindo alcançar meus objetivos.

A minha mãe, Luzia Pereira de Sousa, por ser meu alicerce durante todos esses anos, por confiar na minha capacidade e apoiar em todas as minhas escolhas, desde a realização do meu curso Técnico no IFMA, onde me apaixonei mais ainda pela agricultura, por todo sacrifício que ela fez para que eu chegasse aqui, por ser a mãe dedicada que todo filho merecia, pela forma como me educou para que eu fosse a pessoa que sou hoje e por ser tudo e tornar tudo possível.

A minha irmã, Angelica Sousa Costa, por todo apoio, por ser uma pessoa maravilhosa e por estar sempre torcendo pelas minhas conquistas e objetivos.

Ao meu primo, Adriano Souza (in memoriam), por ter sido uma pessoa muito importante na construção do ser humano que sou hoje e que mesmo não estando presente sempre me apoiou do seu jeito.

Aos colegas de classe da turma Agronomia 2017.1, pelos momentos de amizade e apoio incondicional demonstrado ao longo de todo o período de curso.

Aos meus grandes amigos, Francisco Gledson da Silva e José Janielson Soares, por terem sido peças fundamentais ao longo do curso, contribuindo para minha vida acadêmica e pessoal, pelo apoio em tudo, pelas noites viradas realizando trabalhos, pela troca de conhecimento, pelas brincadeiras e comemorações e pelo apoio em momentos difíceis.

A minha sogra, Marta de Lúcia de Oliveira Silva, por ter se tornado uma segunda mãe na Paraíba, sair de casa não é fácil e seu apoio e carinho foi fundamental e por permitir fazer parte dessa família.

A família da minha namorada por terem me acolhido tão bem e por permitirem conquistar um espaço no coração deles.

A minha namorada, Marine Naianne de Oliveira Silva, por ser amiga, companheira, parceira, família e tudo que eu precisei para continuar no curso e ainda preciso, pelas noites de sono perdidas me ajudando em trabalhos, pelo incentivo e apoio em tudo que fiz em relação a minha vida acadêmica e profissional durante esses mais de 4 anos juntos. Um dos grandes motivos de não ter ido embora para casa e desistir do curso foi você.

A equipe do Laboratório de Topografia e Geoprocessamento, pelo apoio em todas as atividades e trabalhos realizadas.

Aos professores desta instituição, que realizaram o seu trabalho empenhado em nos transmitir conhecimento e experiências contribuindo assim para minha formação acadêmica e profissional.

A UFPB pelas bolsas e auxílios estudantis concedidos, que foram essenciais na conclusão deste curso de graduação, pelo ensino de suma importância para o meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo desses anos.

“Querer ser bem-sucedido sem trabalhar duro é como querer colher sem plantar” (David Bly).

RESUMO

O grande problema quando o assunto é o monitoramento de recursos ambientais é a questão do tamanho territorial de determinada região. Nesse sentido, o uso das ferramentas de geotecnologias se mostra uma alternativa viável para obtenção desses dados, auxiliando no desenvolvimento de estratégias que facilitem na gestão de recursos hídricos. Nesse contexto, o trabalho objetivou utilizar usar modelos digitais de elevação e técnicas de geoprocessamento para delimitação de microbacias hidrográficas, bem como as respectivas redes de drenagem e características morfométricas, comparando os resultados gerados com uma base de dados oficial existente. Os resultados foram obtidos a partir de dois modelos digitais de elevação para o município de Remígio – PB: imagem SRTM e imagem Alos Palsar que apresentam, respectivamente, 30 e 12,5 m de resolução espacial. Os softwares utilizados no geoprocessamento dessas imagens foram ArcGis® e QGIS. As características das 22 microbacias delimitadas para Remígio – PB mostraram uma baixa tendência a enchentes, possuindo uma boa densidade de drenagem e hidrográfica. Apresentando um relevo em sua maioria ondulado, com uma altitude variando de 400 a 660 metros, com três classes de solos encontradas. As redes de drenagens obtidas com o uso dos MDE's apresentaram algumas diferenças em relação a já existente, comprovando que as ferramentas disponibilizadas atualmente pelas geotecnologias se mostraram ótimas alternativas para auxiliar na gestão de recursos hídricos em âmbito municipal.

Palavras-Chave: geoprocessamento; gestão ambiental; morfometria; recursos hídricos

ABSTRACT

The big problem when it comes to monitoring environmental resources is the issue of the territorial size of a given region. In this sense, the use of geotechnology resources shows an alternative for the development of these data, helping the viable development of tools that facilitate the management of water resources. context, well-delimited work work used as geoprocessing resource models for delimitation and use of defined geoprocessing data and micromorphometric characteristics, comparing the results generated with an existing official database. The results were obtained from two digital resource models – from the municipality of Remígio PB: SRTM image and image A presenting, respectively, 30 and 12.5 m of spatial resolution. The software used in the geoprocessing of these images were ArcGis® and QGIS. The characteristics of the 2 microbasins delimited for a low trend, having a good drainage density and delimited hydroelectric plants. Featuring a mostly dulated relief, with an altitude ranging from 400 to 660 meters with soil classes. The experience networks of current resource management projects that present differences in the use of the great alternatives that already exist, of municipal resource management that present differences in tools offered in existing alternatives, for the management of municipal resources, as tools offered in alternatives solutions for auxiliary alternatives in resource management.

Keywords: geoprocessing; environmental management; morphometry; water resources.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mapa de localização do município de Remígio – PB	21
Figura 2. Fluxograma das etapas realizadas para extração da rede de drenagem utilizando o MDE	27
Figura 3. Fluxograma das etapas realizadas para delimitação e caracterização morfométrica das microbacias	28
Figura 4. Mapa com as 22 microbacias delimitadas de forma automática com a utilização do ArcGis	29
Figura 5. Rede de drenagem extraída do MDE com resolução espacial de 30 metros utilizando o ArcGis	34
Figura 6. Mapa com a rede de drenagem da SUDENE e as geradas de forma automática. A) Rede de drenagem da SUDENE; B) Rede de drenagem obtida com a imagem de resolução espacial de 12,5 metros; C) Rede de drenagem obtida com a imagem de resolução espacial de 30 metros; D) Rede de drenagem extraída usando o ArcGis	36
Figura 7. Diferença na curvatura das redes de drenagem. A) Rede de drenagem da SUDENE x Rede de Drenagem do MDE com pixel de 12,5 metros; B) Rede de drenagem da SUDENE x Rede de Drenagem do MDE com pixel de 30 metros C) Rede de drenagem da SUDENE x Rede de Drenagem gerada no ArcGis	37
Figura 8. Mapa com a comparação entre a rede de drenagem da SUDENE a gerada utilizando um MDE com resolução espacial de 12,5 metros	38
Figura 9. Mapa com a comparação entre a rede de drenagem da SUDENE a gerada utilizando um MDE com resolução espacial de 30 metros.	39
Figura 10. Mapa com a comparação entre a rede de drenagem da SUDENE a gerada utilizando ArcGis	39
Figura 11. Mapa comparando as diferentes formas de geração de rede de drenagem.....	40
Figura 12. Mapa de solos do município de Remígio – PB	42
Figura 13. Mapa hipsométrico do município de Remígio – PB	43
Figura 14. Mapa de declividade do município de Remígio – PB	45
Figura 15: Mapa indicando áreas propícias para implantação de barragens	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação da densidade de drenagem de acordo com Villela e Mattos (1975)	23
Tabela 2. Classificação da densidade hidrográfica (Dh) de bacias	24
Tabela 3. Classificação dado coeficiente de compacidade (KC)	25
Tabela 4. Classificação do fator de forma (F)	25
Tabela 5. Classificação do índice de sinuosidade (Is)	26
Tabela 6. Legenda das siglas dos parâmetros utilizados para caracterização morfométrica	36
Tabela 7. Valores obtidos através da realização da caracterização morfométricas das microbacias.....	30
Tabela 8. Média obtida para os principais parâmetros de avaliação das características morfométricas das microbacias	33
Tabela 9. Quantidade de canais para cada ordem obtida da rede de drenagem gerada no ArcGis	33
Tabela 10. Área em km ² e porcentagem ocupadas por cada classe estabelecida de elevação.....	43
Tabela 11. Área em km ² e porcentagem ocupadas por cada classe de declividade seguindo a classificação da EMBRAPA	44

LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

® Marca Registrada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.2. Geoprocessamento.....	14
2.2.1. Sistema de Informação Geográfica.....	14
2.3. Modelos Digitais de Elevação	15
2.4. Imagens SRTM.....	16
2.5 Imagens Alos-Palsar	17
2.6. Bacias Hidrográficas.....	17
2.6.1. Microbacias	17
2.6.2. Rede de drenagem	18
2.6.3. Ordem de drenagem	19
2.7. Caracterização Morfométrica	19
3. METODOLOGIA.....	20
3.1. Descrição da área de estudo.....	20
3.2 Morfometria.....	22
3.2.1 Características da Rede de Drenagem	22
3.2.2 Características Geométricas	23
3.2.3 Característica de relevo	25
3.3 Obtenção dos dados	26
3.4 Processamento dos dados	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Delimitação das microbacias.....	28
4.2 Caracterização morfométrica.....	29
4.3 Características Hidrográficas.....	33
4.4 Obtenção da rede de drenagem.....	35
4.5 Mapa de solos	41
4.6 Hipsometria e Declividade	42
5. CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente como conhecemos é fruto de uma constante modificação ao longo de séculos, em todos seus aspectos (PADINLHA et al., 2008). E diante da situação ambiental global atual e, principalmente, quando estamos nos referindo a recursos hídricos se torna imprescindível a busca por alternativas que permitem monitorar e conservá-los, sendo o Brasil um país que enfrenta problemas corriqueiros de crise hídrica, resultado de gestões errôneas e desperdício (TUGOZ et al., 2017).

O grande problema quando o assunto é o monitoramento de recursos ambientais de qualquer natureza é a questão do tamanho territorial de determinada região, o que impossibilita ou torna difícil o seu gerenciamento. O uso de imagens de satélites é algo cada vez mais recorrente no meio ambiental principalmente para o monitoramento de grandes áreas (PADINLHA et al., 2008). Ressaltando assim, como o uso do geoprocessamento pode auxiliar na gestão dos recursos hídricos, sem a necessidade de ir a campo (COSTA FILHO et al., 2007).

O uso das geotecnologias por meio do geoprocessamento, se mostra uma alternativa viável para obtenção de dados com o intuito de auxiliar no desenvolvimento de estratégias e gestão de recursos hídricos (CASTRO et al., 2018). E isso se torna possível pelo fato dessas tecnologias se mostrarem cada vez mais eficazes para geração e obtenção de dados, principalmente informações no contexto ambiental, de forma integradas (COUTO, 2007). Mostrando assim, que adoção das geotecnologias permite a geração de rede de drenagens e confecção de microbacias dentro de uma determinada região (LIMA, 2020). Resultando também na obtenção das características morfométricas para cada uma delas.

A obtenção e conhecimento das características morfométricas confere uma série de dados e informações que possibilitam entender, individualmente, a dinâmica ambiental de cada microbacia hidrográfica, obtendo-se informações que podem subsidiar e auxiliar na tomada de decisões e estratégias para o gerenciamento e conservação de recurso hídricos de um determinado local (SOARES, 2016).

Essa divisão de um território em microbacias e o entendimento de suas características independente ou interconectada se enquadra como o meio mais eficiente para tomada de decisões e gerenciamento de recursos hídricos, além de preconizar a interação da comunidade inserida na mesma, buscando assim alternativas eficientes para a resolução de problemas (FILHO, 2004)

Nesse contexto, o trabalho objetivou utilizar usar modelos digitais de elevação e técnicas de geoprocessamento para delimitação de microbacias hidrográficas, bem como as respectivas

redes de drenagem e características morfométricas, comparando os resultados gerados com uma base de dados oficial existente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.2. Geoprocessamento

O geoprocessamento é um ramo de diversas atividades que faz uso de técnicas e métodos teórico-matemáticos e computacionais, referentes a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados, tendo por objetivo conceber novos dados ou elementos espaciais e/ou georreferenciados por meio de elementos oferecidos de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) (AGROPÓS, 2022). O desenvolvimento de tecnologias tem alcançado uma grande valorização atualmente, com meios tecnológicos que buscam satisfazer as demandas sociais (REGHINI e CAVICHIOLI, 2020), e em especial, as tecnologias de informação, sendo base para maior parte das atividades humanas.

O geoprocessamento em conjunto às técnicas da atualidade de mapeamento, como a topografia convencional, uso de imagens aéreas, de vídeos, satélites, GPS, e outras maneiras de aquisição de dados, torna executável a aquisição de mapas temáticos bem como quantificar as áreas agrícolas, de pastagem, reflorestamento, degradadas e entre outras formas de aplicação (MOTTA e WATZLAWICK, 2000). Ainda segundo os autores, para utilizar o geoprocessamento de forma apropriada, é necessário conhecer os recursos naturais como o solo, clima, vegetação e a topografia da região de estudo.

Além disso, é fundamental ter conhecimento das características socioeconômicas, de modo a se ter um embasamento para identificar e utilizar de maneira sustentável esse recurso, apontando o local que deverá ser trabalhado ou preservado (REGHINI e CAVICHIOLI, 2020). Haja vista todo este volume de dados, ainda de acordo com os autores, é necessário que os produtores adotem técnicas não convencionais para manipulação, simulação, levantamento e planejamento dos dados. Nesse sentido, percebe-se que o geoprocessamento e as técnicas de sensoriamento remoto demonstram alto potencial de utilização.

De modo geral, o geoprocessamento aumenta a eficácia no uso de insumos e no maior lucro das culturas agrícolas, ajudando o produtor na tomada de decisões, reduzindo os impactos ambientais gerados na agricultura, exercendo o controle e acompanhamento de atividades relacionadas a práticas culturais nos cultivos agrícolas e na agricultura como um todo (MOTTA e WATZLAWICK, 2000).

2.2.1. Sistema de Informação Geográfica

O Sistema de Informação Geográfica (SIG), são sistemas automatizados utilizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos (SILVA SOUZA et al., 2021). As aplicações de SIG's expressam elevada capacidade operacional e pouco custo para coletar, processar, integrar e analisar dados espaciais para produção de informação de uma qualidade ótima para a agricultura (ANDRADE et al., 2019a).

O primeiro SIG foi possivelmente criado no Canadá, datado em 1960 e se tinha nomeado como Canadian Geografic Information System – CGIS, sendo desenvolvido com o intuito de inventariar terras do país e realizar uma avaliação sob o estado dos recursos principais na maioria do território do país de origem (LAGO, 2021). Ainda segundo Lago (2021), o uso do SIG no Brasil teve início em meados da década de 1970, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, surgindo a décadas depois grupos de estudos em faculdades e programas nacionais, propagando assim o geoprocessamento e o uso de SIG's no país.

Para que se possa entender o funcionamento dos SIG's, é necessário compreender que são sistemas que apresentam elementos essenciais para a execução de suas funções, os quais Rosa (2013) intitulam de componentes: o hardware, sendo este o componente físico, ou seja a máquina, e o software, o programa. Para que estes softwares específicos para o geoprocessamento trabalhem devidamente, é fundamental apresentar interface com usuário, visualização e plotagem, entrada e integração dos dados, funções para processar imagens e gráficos e armazenagem e recuperação de dados.

Dessa forma, cada sistema em função de sua finalidade e necessidades estabelecem estes componentes de maneira distinta, mas estando constantemente presentes num Sistema de Informação Geográfica (CÂMARA et al., 1996). Os autores ainda citam que uma qualidade básica e geral em SIG's está relacionado em ser capaz de tratar as relações espaciais entre os instrumentos geográficos, sendo essa estrutura conhecida como Topologia e essas ligações espaciais podem ser através da vizinhança, proximidade e pertinência.

Lago (2021) lista diversas utilidades dos SIG's, como ter capacidade de integrar dados coletados de fontes heterogêneas, ter uma vasta gama de aplicabilidade, oferecer mecanismos para recuperação, manipulação e visualização de dados, facilitar o trabalho na tomada de decisões, proporcionar rapidez em análise de alternativas, entre outros, sendo uma ferramenta de grande valia para a sociedade.

2.3. Modelos Digitais de Elevação

O uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE's) com elevada precisão vertical para contribuir com os estudos ambientais tem aumentado desde os últimos anos, especialmente voltado a pesquisas com objetivos hidrológicos e modelagem de inundações e enchentes (CHEN et al., 2017; PETRASOVA et al., 2017). No entanto, tem se observado uma carência na oferta de modelos que tenha grande acerto vertical para recortes locais e regionais, e em especial nos modelos proporcionados gratuitamente (NASCIMENTO ARAÚJO et al., 2018).

A qualidade de um MDE é dependente do tipo e tamanho dos erros referente a ele, sendo essencial levar em considerações que os erros são inelutáveis, visto que os MDE's são visões facilitadas da realidade que precisam passar por um processo de generalização (NASCIMENTO ARAÚJO et al., 2018). Portanto, os parâmetros de modelagem são inerentemente imprecisos, embora sua representação possa ser mais ou menos precisa, a depender do método de coleta de dados que são usados (CHAGAS et al., 2010). Em relação a complexidade topográfica, os MDE's são fortemente influenciados pelas características do terreno e comumente manifestam qualidade maior em locais de pouco relevo movimentado e com declividade suave (JARVIS et al., 2004). Um dos MDE's que são usados de maneira comum em pesquisas ambientais no país são os modelos oriundos dos levantamentos desempenhados pela SRTM (NASCIMENTO ARAÚJO et al., 2018).

2.4. Imagens SRTM

A missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), foi dirigida pela NASA, durante o mês de fevereiro no ano de 2000, com o intuito de realizar o levantamento altimétrico da superfície do globo terrestre continental (SILVA et al., 2019). Percorridos onze dias de missão, foram realizadas 159 órbitas em torno do globo, a uma altitude de aproximadamente 233 km (SOUZA et al., 2006). De acordo com Silva et al. (2019), as imagens SRTM podem ser usadas para identificar formas de relevos, por meio da geração de Modelos Digitais de Elevação (MDE), tais como planícies, tabuleiros, colinas e planaltos.

As imagens SRTM fazem uma armazenagem de dados de altimetria, sendo uma de suas contribuições principais referentes a elaboração de modelos digitais de elevação, podendo ser designados como registros, organizados em linhas e colunas como uma imagem, em que o valor de elevação é conferido a cada pixel daquela imagem, delineada sobre um plano cartográfico em um conjunto de coordenadas 'x, y, z' (RUSSI e OLIVEIRA, 2018). Neste cenário, as

coordenadas “z” retrata os valores de altitude ou profundidade de um modelo em 3D da área, através de atributos de elevação (VALERIANO, 2008).

O Brasil é considerado um dos primeiros países a conceder mosaicos das imagens do relevo (SRTM) (CCORI, 2022). A utilização de imagens SRTM podem ser empregadas para geração de curvas de nível, mapas hipsométricos, de relevo sombreado, declividade, dentre muitos outros, podendo ser atribuídos em programas de melhoria da infraestrutura rural dentre outras finalidades (EMBRAPA TERRITORIAL, 2005). O método de coleta dos dados do SRTM é conhecido atualmente como interferometria Synthetic Aperture Radar (SAR) (USGS, 2018).

As informações são distribuídas no formato raster pelo EROS Data Center, sendo controlado pelo United States Geological Survey – USGS, podendo se ter acesso no formato HGT, com resoluções radiométrica de 16 bits, em que os MDEs são dispostos em tiles de 1°x1°, oferecendo 30 metros de resolução na vertical para os Estados Unidos – USA, e 90 metros de resolução vertical para outros territórios (USGS, 2018).

2.5 Imagens Alos-Palsar

O sensor PALSAR do satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite) teve seu lançamento em 2006 junto a missão realizada pela agência de exploração aeroespacial japonesa (Japan Aerospace Exploration Agency - JAXA). Com a sua coleta de dados acontecendo até o ano de 2006 e foi projetado com mais dois instrumentos para contribuir no mapeamento da topografia terrestre, precisão no monitoramento da cobertura vegetal e de desastres e no levantamento de recursos naturais, os MDE ALOS PALSAR podem ser adquiridos gratuitamente, já corrigidos e projetados no sistema UTM WGS84, nas resoluções baixa e alta, de 30 m e 12,5 m, respectivamente (MACEDO, 2018).

2.6. Bacias Hidrográficas

2.6.1. Microbacias

As microbacias hidrográficas (MBH) representam áreas que recebem águas pluviais e fazem o direcionamento para o canal principal de ecossistemas lóticos que podem ser rios, córregos (ASSA; SANO, 1998). São unidades territoriais essenciais no que tange o planejamento da utilização da terra, visto o estudo da sua paisagem facilitar em identificar os possíveis impactos originados pela ação antrópica, ocasionado pelo potencial agrícola dessas

unidades (VENDRUSCOLO et al., 2022). Informações referentes as localidades vulneráveis e com potencial econômico de microbacias hidrográficas são obtidas através de levantamentos de atributos hidrogeomorfológicas e a dinâmica de cobertura do solo (SANTOS JÚNIOR et al., 2022).

Informações a respeito da paisagem dessas microbacias, como por exemplo, a altitude e declividade, são obtidas por meio de MDE's gerados através de equipamentos de geoprocessamento e sensoriamento remoto com custo baixo e tempo eficiente (SOARES et al., 2019). Ademais, são capazes de permitir um olhar mais amplo (holística), distinção e mensuração dos objetos da superfície terrestre em intervalos de tempo bem definidos (SANTOS; FERRO, 2018)

2.6.2. Rede de drenagem

Bases cartográficas necessitam de avanços devido as limitações impostas pelos processos de mapeamento, em que a rede de drenagem é um excelente exemplo devido à subjetividade de mecanismos de fotointerpretação e mapeamento automático (SOUZA & SAMPAIO, 2015). Ainda segundo os autores, no Brasil, a rede de drenagem é empregada na definição de áreas de proteção permanente (APP), segundo a Lei 12.651/2012, tomando-se por orientação seu traçado e as nascentes para delimitar áreas marginais e entorno.

A rede de drenagem é ilustrada pela interferência das águas superficiais, condicionadas pelas características predominadas na área do terreno como as litológicas e geomorfológicas (TONIOLO et al., 2021). Os corpos hídricos são extraídos, por sua vez, através de um MDE por geotecnologias, e segundo Jenson e Domingues (1998), suas características hidrológicas mostram-se eficazes e compatíveis com a metodologia manual, sendo que esta é dependente do maior tempo e menores detalhamentos na apresentação do mapa final.

A rede de drenagem urbana, por sua vez, é considerada uma das principais encarregadas pela veiculação de cargas poluidoras, se constituindo em um considerável fator de degradação dos corpos hídricos (TUCCI et al., 1995). Não obstante, essa poluição é ocasionada pelo escoamento superficial da água resultante das chuvas em áreas urbanas e é dita de origem difusa, visto que deriva de diversas atividades que depositam poluentes de maneira divididas sobre o local de contribuição da bacia hidrográfica (GAVA, 2012). Ainda segundo o autor, a nível de Brasil e a nível internacional, poucos são os dados relacionados a quantidade de resíduos sólidos urbanos sob a rede de drenagem, em consequência que não se tem

conhecimento sobre as características que tem influência no seu surgimento, os quais são primordiais para uma apropriada gestão e redução destes sobre os sistemas.

Posto isso, pesquisas relacionadas a caracterização dos resíduos e análise das fontes são de alta valia, pois estes criam informações de auxílio ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos no meio urbanizado (SILVA, 2010). Segundo Sousa e Sampaio (2015), os desafios enfrentados no tocante ao mapeamento da rede de drenagem geram consequências consideráveis para a gestão ambiental e territorial, visto ser delimitado por meio dele as bacias hidrográficas, as quais determinam as unidades de gestão (SOUZA & SAMPAIO, 2015).

2.6.3. Ordem de drenagem

A ordem da bacia hidrográfica é caracterizada como a ordem do rio que passa pelo exutório (FINOTTI et al., 2009). Para entender a ordem dos rios e suas características, é importante a noção da hierarquia fluvial, sendo dividida em primeira, segunda e terceira ordem, mostrando que quanto maior a ordem do rio, maior será sua vazão e sua contribuição no interior da bacia hidrográfica (MATIAS, 2022).

A rede de drenagem tem nos rios da primeira ordem, ou seja, da nascente até a primeira bifurcação, porção considerável de sua extensão e de seu volume de descarga (LARNED et al., 2010). Por estarem localizados em locais mais altos, os rios de primeira ordem são os mais prejudicados pelas flutuações do nível freático, e dessa forma, vários tem tendência de secagem natural em certos períodos do ano (FRITZ et al., 2013).

2.7. Caracterização Morfométrica

A caracterização morfológica de uma bacia hidrográfica é um processo realizado por meio de análise hidrológica e, ou, ambiental para se ter compreensão sobre parâmetros físicos, podendo ser citado o fator de forma, compactação, altura, declividade, ordem de drenagem e densidade (SILVA et al., 2022). Esta caracterização é utilizada como instrumento para aplicações que tem relação com os corpos hídricos e a dinâmica ambiental, o que possibilitará um melhor gerenciamento e exploração no que tange os recursos naturais e nas limitações referentes a sua utilização (FRAGA et al., 2014).

Com essas referências, várias questões podem ser esclarecidas, como a compreensão da dinâmica ambiental, local e regional (SANTOS et al., 2018). As características morfológicas das bacias hidrográficas têm contribuído muito para a automação, agilidade e maiores precisão

na extração de dados de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com ênfase para a geração de Modelos Digitais de Elevação (MDE) (FRANÇA et al., 2018). O avanço e melhorias de tecnologias na área computacional e nos SIG's, se tornou instrumentos bastante empregados na caracterização morfométricas e utilização do solo em bacias hidrográficas, incluindo velocidade e clareza para estudos ambientais (CASTRO et al., 2015).

A extração de características morfométricas com uso do SIG tem ganhado alta relevância e reconhecimento, visto ser uma opção viável quando comparada aos tratamentos comumente usados e à avaliação manual de mapas topográficos, tendo em vista as bacias reduzirem o tempo vital para se gerar planos de conhecimentos para modelos hidrológicos (COLOMBO et al., 2007).

Para auxiliar o gerenciamento condizente dos recursos hídricos urbanos, é fundamental ter conhecimento da morfologia da bacia hidrográfica, impondo seus parâmetros quantitativos de modo preciso e verdadeiro (SILVA et al., 2020). Sendo assim, a análise morfométrica facilita no diagnóstico inicial de uma determinada bacia, de modo a estimar seu desempenho hídrico em conformidade com parâmetros geomorfológicos, sendo uma fase importante para se entender a dinâmica hídrica de um local (VINCY et al., 2012).

Dessa forma, é fundamental caracterizar bacias hidrográficas com utilização de análises morfométricas, em que evidencia parâmetros morfológicos e seus processos, de modo a definir alterações com ou sem influências antropogênicas (SOUZA et al., 2017). Tais conhecimentos auxiliam como subsídio para análise de fenômenos geológicos, tendentes a modificações significativas para se entender as alterações ambientais antrópicas (PISSARRA et al., 2010).

3. METODOLOGIA

A elaboração do trabalho foi realizada no Laboratório de Topografia e Geoprocessamento - LabTGeo, situado no Departamento de Solos e Engenharia Rural, do Centro de Ciências Agrárias, pertencente a Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia, Paraíba, Brasil.

A seguir será descrito a metodologia utilizada para confecção do trabalho, com a descrição da obtenção dos dados utilizados, o geoprocessamento propriamente dito, a validação a campo e os parâmetros utilizados para obtenção das características morfométricas.

3.1. Descrição da área de estudo

O município de Remígio está localizado na Mesorregião Agreste Paraibano, Microrregião do Curimataú Ocidental do Estado da Paraíba (figura 1) e Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape (ARAÚJO, 2017). Apresenta uma área de 183,459 km², com população estimada de 19.973, apresentando distância de 132 km da capital paraíba João Pessoa, se encontrando a uma altitude de 593 metros (IBGE, 2021). Ainda segundo o IBGE, a cidade de Remigio se limita ao Norte e a Leste com o município de Areia, Sul e Oeste a cidade de Esperança e a Noroeste com o município de Algodão de Jandaíra e Pocinhos.

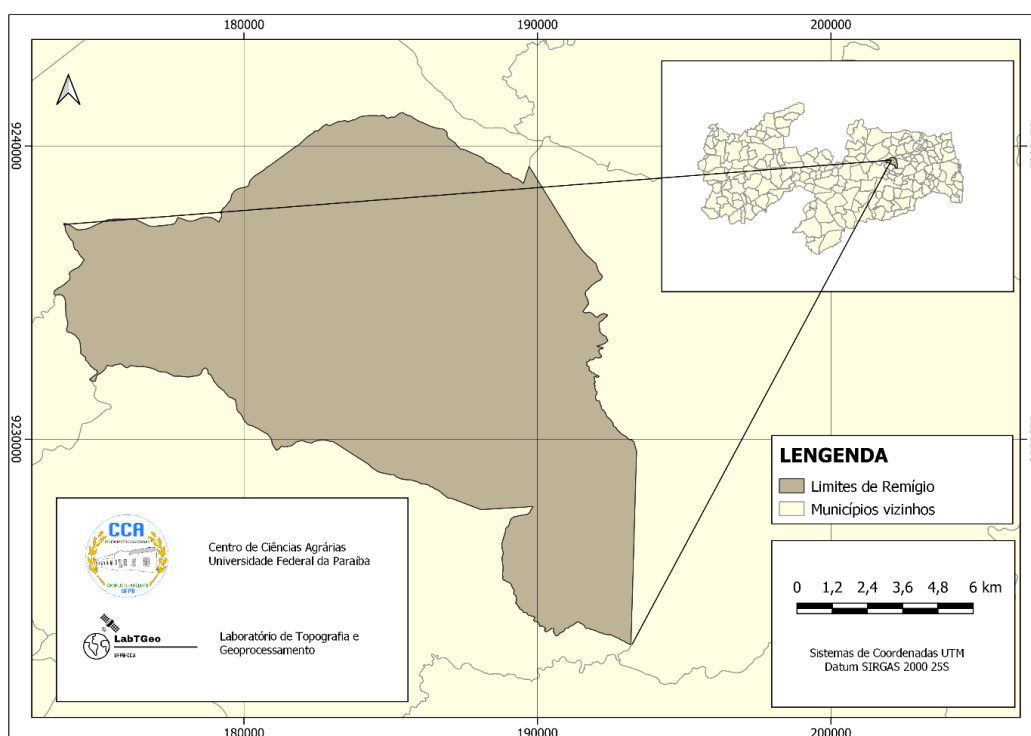


Figura 1: Mapa de localização do município de Remígio – PB

Fonte: Autor (2022)

O município de Remigio se situa na região do Semiárido Paraibano, constituindo uma porção aproximadamente a 86,20% de todos os municípios da Paraíba que se caracterizam por apresentarem altas temperaturas e regimes pluviiais altamente irregulares, em que as precipitações anuais têm variação com média 377,5mm, com temperaturas médias que variam em 25°C, podendo chegar aos 40°C (AESA, 2017). O período chuvoso da região se estende desde o mês de dezembro até o final de julho, sendo decorrido por um intervalo de estiagem no mês que vai de agosto a novembro.

Segundo o Projeto S.O.S Seca (2004), o clima do Município se divide em três faixas mesoclimáticas bastante distintas: mesoclima úmido a sub-úmido (Brejo Agreste), mesoclima sub-úmido a semiárido fraco (Agreste sub-úmido a Agreste seco) e mesoclima semiárido

(Curimataú). Este projeto mostrou que o clima da cidade pode ser introduzido em três mesorregiões geográficas do estado da Paraíba: Mata Paraibana, Agreste Paraibana e Borborema. Isso acontece por conta do território do município está localizado em um território de transição entre o Curimataú Ocidental e o Brejo Paraibano (PROJETO REMIGIO S.O.S SECA, 2004).

3.2 Morfometria

O cálculo das características morfométricas, também denominadas morfológicas ou simplesmente físicas, de uma bacia hidrográfica é fator primordial para seu conhecimento. Tais características são extremamente úteis na orientação dos técnicos durante a elaboração de projetos hidro agrícolas, na construção de barragens, na escolha de fontes de abastecimento de água, na regularização e regionalização de vazões, dentre outros (NOVAES et al., 2004). Estes índices são fundamentais para qualquer estudo hidrológico, sendo de grande importância para a definição de uma sequência de prioridades na gestão e elaboração de planos de ação.

Para delimitação das microbacias hidrográficas da área de estudo, foi utilizada a proposta de Horton (1945), apresentada na literatura por Christofolletti (1969, 1978, 1980) e Villela e Mattos (1975). A análise morfométrica das microbacias será realizada a partir das características geométricas de relevo e da rede de drenagem. As variáveis estudadas serão baseadas nos trabalhos Santos et al. (2012), Ferrari et al. (2013) e Rocha et al. (2014).

3.2.1 Características da Rede de Drenagem

Comprimento total dos canais (Lt) - refere-se à soma dos comprimentos dos rios de cada microbacia hidrográfica, em km.

Comprimento do canal principal (Ld) - distância que se estende ao longo do curso de água da nascente principal até o exutório, em km.

Ordem dos cursos d'água - a ordem dos cursos d'água foi determinada conforme Strahler (1957), onde os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, assim sucessivamente.

Densidade de drenagem (Dd) - correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. A densidade de drenagem foi inicialmente definida por Horton (1945) apud Christofolletti (1980), podendo ser calculada pela Equação 1.

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Onde Dd representa a densidade de drenagem (km/km²) e Lt o comprimento total dos canais em km e A é a área de drenagem (km²).

De acordo com Villela e Mattos (1975), Dd pode ser classificada de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da densidade de drenagem de acordo com Villela e Mattos (1975).

Dd (km/km ²)	Denominação
< 0,5	Pobre
0,5 – 1,5	Regular
1,5 – 2,5	Boa
2,5 – 3,5	Muito Boa
≥ 3,5	Excepcional

Coefficiente de torrencialidade (Ct) - afere a predisposição natural da bacia hidrográfica a sofrer inundações. Para tal, multiplica-se o valor da densidade de drenagem pela densidade hidrográfica. (Equação 3).

$$Ct = Dd \times Dr$$

3.2.2 Características Geométricas

Área da microbacia (A) - representa a medida da área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal, em km². A área é uma variável básica para análise, associada a outras variáveis.

Perímetro da microbacia (P) - comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas que delimita área das microbacias, em km.

Densidade hidrográfica (Dh) - definido por Horton (1945) apud Christofolletti (1980), é a relação existente entre o número de rios, ou cursos de água, e a área da microbacia hidrográfica. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão (Equação 4).

$$Dr = \frac{N}{A}$$

Em que, Dr representa a densidade hidrográfica (canais/km²), N é o número de rios ou cursos de água e A é a área da microbacia em km². Christofolletti (1969) sugere a utilização de N como o número de canais de primeira ordem, conforme classificação de Strahler (1952), com o argumento de que isso conduz a resultados mais realistas sobre o comportamento hidrológico da bacia.

Lollo (1995) cita uma classificação da densidade hidrográfica em faixas de valores (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação da densidade hidrográfica (Dh) de bacias.

Dh (canais 1ª ordem/km ²)	Denominação
< 3	Baixa
3 – 7	Média
7 – 15	Alta
> 15	Muito Alta

Coefficiente de compacidade (Kc) - grandeza adimensional, varia com a forma da bacia independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo, igual a uma unidade (1), corresponderia a uma bacia circular; para uma bacia alongada seu valor é significativamente superior a 1, segundo Villela e Mattos (1975), calculado pela Equação 5.

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Em que, Kc representa o Coeficiente de compacidade, P é o perímetro da bacia em km e A é a área da bacia em km². Kc pode ser classificado de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3: Classificação dado coeficiente de compacidade (KC)

KC	Denominação
1,00 – 1,25	Alta propensão a grandes enchentes
1,25 – 1,50	Tendência mediana a grandes enchentes
≥ 1,50	Não sujeita a grandes enchentes

Índice de Circularidade (IC) - o índice de circularidade, grandeza adimensional, tende para unidade à medida que a bacia se aproxima a forma circular e diminui à medida que a forma se torna alongada. Seu cálculo é dado pela Equação 6.

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2}$$

Em que, IC é o índice de circularidade, A é a área da bacia em km² e P é o perímetro da bacia em k.

Fator de forma (F) – relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (do exutório ao ponto mais longínquo do canal principal), podendo ser calculado através da Equação 7.

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Em que, F, adimensional, é o fator de forma, A é a área da bacia em km² e L é o comprimento axial da bacia em km, classificado de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4: Classificação do fator de forma (F)

F	Denominação
1,00 – 0,75	Alta propensão a grandes enchentes
0,75 – 0,50	Tendência mediana a grandes enchentes
<0,50	Não sujeita a grandes enchentes

3.2.3 Característica de relevo

Índice de sinuosidade (Is) – adimensional, mede a relação entre a distância em km do exutório e a nascente mais distante, dado pela Equação 10.

$$Is = \frac{100(Ld - Ev)}{Ld}$$

Em que, Is representa o Índice de sinuosidade, L' é o comprimento do canal principal em km e Ev é o equivalente vetorial medido em linha reta (km).

Segundo Christofletti (1980), o índice de sinuosidade é distribuído por classes (Tabela 5).

Classe	Descrição	Limites
I	Muito reto	<20%
II	Reto	20 – 29%
III	Divergente	30 – 39,9%

IV	Sinuoso	40 - 49,9%
V	Muito sinuoso	>50%

3.3 Obtenção dos dados

Para confecção dos mapas e extração dos dados foram utilizadas Modelo Digital de Elevação (MDE), proveniente da Missão de Topografia Radar Shuttle (SRTM), obtidas de forma gratuita na plataforma TOPODATA, com uma resolução espacial de 30 metros. Foram utilizados também para nível de comparação imagens com resolução espacial de 12,5 metros, MDE do satélite Alos Palsar disponibilizados gratuitamente pelo Alaska Satellite Facility (ASF). Os arquivos de limites territoriais e solos foram retirados da base de dados do IBGE e os arquivos da rede de drenagem da SUDENE.

3.4 Processamento dos dados

A rede de drenagem e as nascentes aqui obtidas para nível de comparação foram extraídas utilizando o QGIS na versão 3.16.14, o fluxograma a seguir mostra o passo a passo (Figura 2). Para realização dessa etapa se fez necessário a junção de duas imagens SRTM no formato GeoTIF, para que o corte sobre o Raster abrangesse todo o território do município de Remígio-PB. Após esse procedimento foi realizado o recorte sobre os limites do município, através da função de recorte por camada de máscara, em seguida se realizou a reprojeção da imagem para um sistema de coordenadas plantas, nesse caso o SIRGAS 2000 UTM 25S. Para continuidade no processamento se fez necessário realizar a correção das depressões do MDE, utilizando-se da ferramenta *Fill*. Feito isso a extração da rede de drenagem foi obtida pela utilização da ferramenta, *Channel network and drainage basins*, com o uso dessa ferramenta os algoritmos ficam responsáveis pela geração de uma série de características e análises hidrológicas. Esse passo foi realizado para ambas as imagens, ou seja, para de 12,5 metros de e a de 30 metros de resolução espacial.

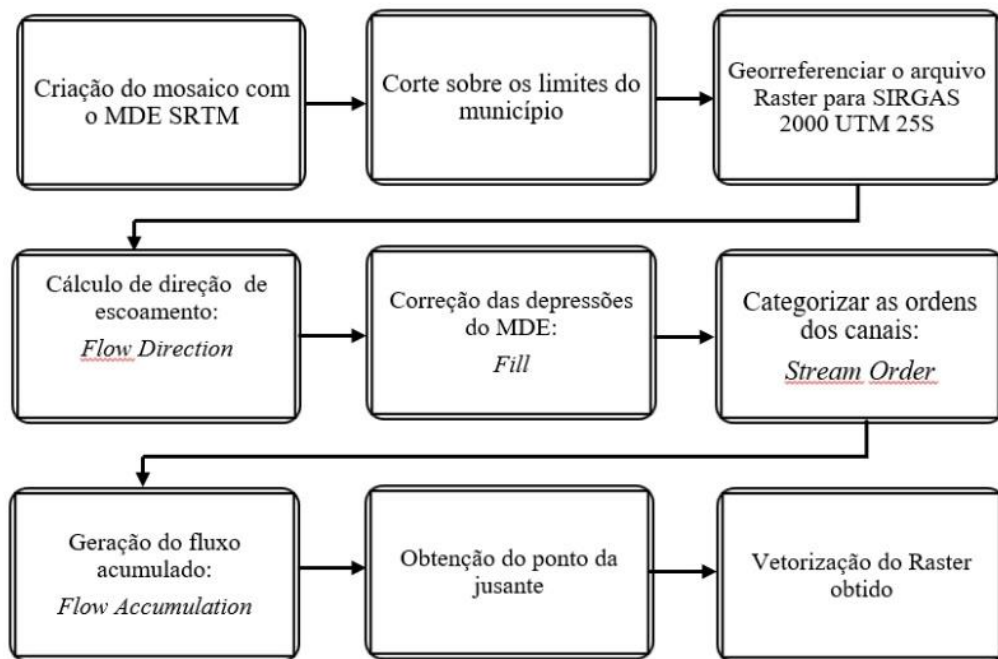


Figura 2: Fluxograma das etapas realizadas para extração da rede de drenagem utilizando o MDE
Fonte: Autor (2022)

O trabalho buscou realizar a divisão do território do município em microbacias, para a delimitação delas foi utilizado o SIG, ArcGis 9.3.3®. Nesse procedimento foi realizado apenas a imagem com a resolução espacial de 30 metros. O Raster utilizado já estava com o recorte apenas da área do município, mas por se tratar de um sistema diferente se fez necessário a correção do DATUM e do sistema de coordenadas novamente para SIRGAS 2000 UTM 25S, por meio da ferramenta *Project Raster*. Feito isso utiliza-se do complemento de caracterização, complemento esse que irá conferir as propriedades morfométricas e as delimitações das microbacias. Primeiro passo foi realizar a opção de pré-processamento, visando a extrair o fluxo de drenagem de toda área de estudo, feito isso se fez a identificação do ponto exutório do corpo hídrico analisado no momento, e usando a opção de delimitação, se faz um clique sobre esse ponto e a delimitação é gerada de forma automática. Por fim a opção usada foi a de caracterização, onde ela forneceu os dados morfométricos das microbacias de forma automática.

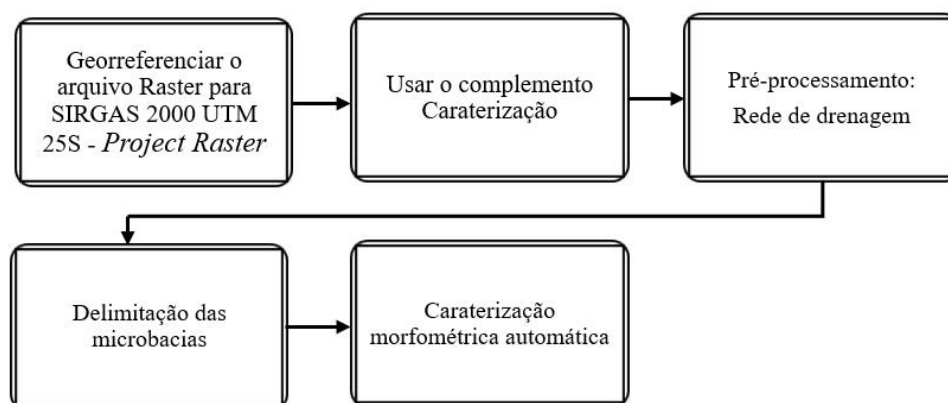


Figura 3: Fluxograma das etapas realizadas para delimitação e caracterização morfométrica das microbacias

Fonte: Autor (2022)

Os mapas foram elaborados utilizando o SIG QGIS na versão 3.16.14. Adicionalmente, foi gerado o mapa hipsométrico e declividade com o uso das imagens na resolução de 12,5 metros, bem como o mapa de solos municipal.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Delimitação das microbacias

Na figura 4 é possível observar a delimitação das microbacias geradas através do uso do software ArcGis de forma automática, totalizando assim em uma divisão do território em 22 unidades, mostrando assim que com o uso das geotecnologias é possível realizar a divisão de um determinado território em microbacias, o que facilita e auxilia de forma mais eficiente em sua gestão. Bier (2013) em seu trabalho utilizando o mesmo software para realizar caracterização morfométrica e divisão do território da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, em Santa Catarina, chegando a um total de 60 microbacias. Vale ressaltar que a imagem SRTM aqui utilizada, possuía uma resolução espacial de 30 metros e ainda assim apresentando um resultado, satisfatório. Sabino (2017) em seu trabalho intitulado de “Delimitação de pequenas microbacias hidrográficas a partir de um ponto de exutório específico (*pour point*) utilizando dados SRTM” realizou a delimitação de microbacias de forma automática, com o uso de uma imagem com a resolução espacial semelhante à desse trabalho, porém utilizando outro software, chegando a resultados satisfatórios. Segundo Sobrinho et al. (2010), a geração de bacias hidrográficas de forma automática mesmo quando realizada por programas diferentes apresenta um resultado menos subjetivo quando realizados de forma manual, que podem variar de acordo com o indivíduo que a realiza.

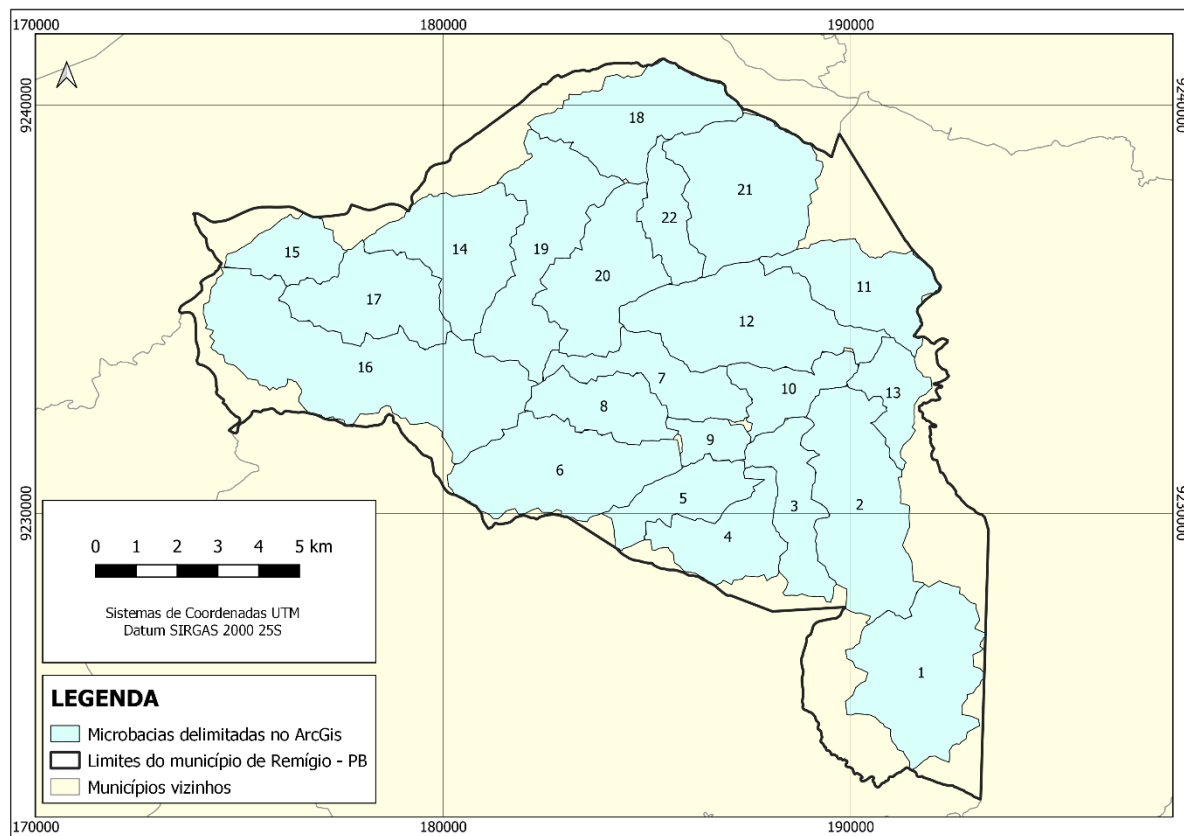


Figura 4: Mapa com as 22 microbacias delimitadas de forma automática com a utilização do ArcGis
Fonte: Autor (2022)

A ideia de divisão em microbacias busca em seu conceito a organização e delimitação de áreas de acordo com suas características existentes (SILVA, 1994). A formulação de um território em microbacias se mostra com uma eficiente forma de gestão de recursos hídricos, quando comparado aos conceitos de bacia e sub-bacia (CAVALHEIRO e VENDRUSCOLO, 2019). Permitindo de forma mais concisa e isolada a avaliação dos impactos causados pelas ações humanas (TAMBOSI, et al. 2015). O resultado obtido então mostra como o uso de geotecnologias pode permitir a confecção de um plano de ação para os recursos hídricos. O que é possível pela capacidade do geoprocessamento de produzir uma série de informações e a capacidade da criação de banco de dados, resultando em um zoneamento preciso de acordo com as características e necessidades reais de determinada área (CAVALLARI et al., 2007)

4.2 Caracterização morfométrica

Após a realização da delimitação das 22 microbacias foi possível realizar a caracterização morfométrica individual de cada uma conferindo assim em uma série de atributos de grande relevância (Tabela 7). Sendo possível notar uma grande diversidade nos resultados, fruto da

peculiaridade de cada uma dessas microbacias, justificando assim o uso dessa pratica com ferramenta auxiliar na gestão de recursos hídricos (Guimarães et al., 2019).

Tabela 6: Legenda das siglas dos parâmetros utilizados para caracterização morfométrica

Variáveis Morfométricas	
A - Área (km ²)	Dd - Densidade de drenagem (km/km ²)
P - Perímetro (km)	IC - Índice de circularidade
Lt - Comprimento total dos canais (km)	Is - Índice de sinuosidade
Ld - Comprimento do canal principal (km)	Kc - Coeficiente de compacidade
L - Equivalente vetorial em linha reta (km)	F - Fator de forma
N - Número de rios ou canais	Ct - Coeficiente de torrencialidade (n/km ²)
Dh - Densidade hidrográfica (canais/km ²)	

Tabela 7: Valores das caracterizações morfométricas das microbacias

Continua											
Parâmetros	MBH 1	MBH 2	MBH 3	MBH 4	MBH 5	MBH 6	MBH 7	MBH8	MBH 9	MBH 10	MBH 11
A - (km²)	10,10	10,85	4,71	5,20	3,97	9,66	4,80	4,33	1,66	3,32	6,14
P - (km)	15,89	17,92	14,10	13,07	11,51	15,49	14,84	10,79	6,33	10,45	13,32
Lt - (km)	16,00	17,00	8,00	9,00	7,00	15,00	8,00	8,00	3,00	6,00	9,00
Ld - (km)	6,19	6,62	5,82	5,15	4,84	7,23	6,64	5,03	1,83	3,36	4,41
L - (km)	5,08	5,90	4,71	4,39	3,97	5,92	5,50	3,98	1,62	3,10	3,71
N	20,00	24,00	9,00	16,00	6,00	20,00	5,00	7,00	5,00	6,00	15,00
Dh	1,98	2,21	1,91	3,08	1,51	2,07	1,04	1,62	3,01	1,81	2,44
(canais/km²)											
Dd - (km/km²)	1,58	1,57	1,70	1,73	1,76	1,55	1,67	1,85	1,81	1,81	1,47
IC -	0,50	0,42	0,30	0,38	0,38	0,51	0,27	0,47	0,52	0,38	0,44
Is -	17,93	10,88	19,07	14,76	17,98	18,12	17,17	20,87	11,48	7,74	15,87
Kc -	1,40	1,52	1,82	1,60	1,62	1,40	1,90	1,45	1,38	1,61	1,51
F	0,39	0,31	0,21	0,27	0,25	0,28	0,16	0,27	0,63	0,35	0,45
Ct - (n/km²)	3,14	3,47	3,25	5,33	2,66	3,21	1,74	2,99	5,44	3,27	3,58

Tabela 7: Valores das caracterizações morfométricas das microbacias

	Conclusão										
Parâmetros	MBH 12	MBH 12	MBH 14	MBH 15	MBH 16	MBH 17	MBH 18	MBH 19	MBH 20	MBH 21	MBH 22
A - (km²)	10,21	2,96	7,68	3,25	16,75	6,61	7,85	9,08	7,58	10,31	3,19
P - (km)	15,42	9,62	13,99	8,41	25,59	13,18	14,67	20,68	14,93	14,00	10,06
Lt- (km)	17,00	5,00	13,00	5,00	29,00	12,00	13,00	16,00	13,00	18,00	5,00
Ld - (km)	6,63	3,71	4,09	3,26	12,23	6,25	3,66	7,67	4,50	5,62	4,69
L - (km)	5,84	3,20	3,80	2,84	9,25	4,74	3,16	6,30	4,00	4,24	3,76
N	20,00	6,00	16,00	7,00	37,00	12,00	20,00	18,00	17,00	19,00	5,00
Dh (canais/km²)	1,96	2,03	2,08	2,15	2,21	1,82	2,55	1,98	2,24	1,84	1,57
Dd - (km/km²)	1,67	1,69	1,69	1,54	1,73	1,82	1,66	1,76	1,72	1,75	1,57
IC	0,54	0,40	0,49	0,58	0,32	0,48	0,46	0,27	0,43	0,66	0,40
Is	11,92	13,75	7,09	12,88	24,37	24,16	13,66	17,86	11,11	24,56	19,83
Kc -	1,35	1,57	1,41	1,31	1,75	1,44	1,47	1,92	1,52	1,22	1,58
F	0,30	0,29	0,53	0,40	0,20	0,29	0,78	0,23	0,47	0,57	0,23
Ct - (n/km²)	3,26	3,42	3,53	3,31	3,82	3,30	4,22	3,49	3,85	3,22	2,46

Dados apresentados, podemos então discorrer sobre vários aspectos de cada microbacia. O primeiro parâmetro é área de cada microbacia, ponto esse que auxilia na questão territorial, permitindo assim identificar as comunidades inseridas dentro dos seus limites. As MBH apresentam valores bem distintos, como a MBH 16 possuindo a maior área, enquanto a MBH 9 apresenta a menor área, sendo 16,75 km² e 1,66 km² (Tabela 7), respectivamente. Os resultados para perímetro são semelhantes onde as MBH 16 e 9 detentoras do maior e menor valor respectivamente (Tabela 7).

Os parâmetros Índice de circularidade, Coeficiente de compacidade e Fator de forma e, estão relacionados com a forma que a bacia se apresenta e a sua propensão a sofrer enchentes, algo que pode servir como fonte primordial a criação de um plano de contingências.

A média obtida para o Índice de circularidade (IC), foi de 0,44 (Tabela 8), esse parâmetro basicamente afirma que quanto mais próximo de 1,00 mais circular é a forma da microbacia e quanto mais distante mais alongada ela será (BORSATO, 2005). O valor encontrado nos diz que a propensão a ocorrência de enchentes é baixa (Tabela 5), pois as microbacias de modo geral apresentaram uma forma alongada, pois diferente de uma microbacia de forma circular que na ocorrência de chuvas com altas concentrações, ao atingir seu tempo de concentração da bacia, praticamente toda sua superfície estará coberta por água atuando no ponto da sua exutória

(BIER, 2013). Resultados semelhantes foram constados por Cardoso (2006) e Costa Jr (2018), com os valores 0,3985 e 0,17, classificando suas bacias como alongadas.

O resultado apresentado é considerando o território como um só, porém quando analisado de forma isolada, algumas microbacias apresentando valores superiores a 0,51, segundo Costa Jr (2018), valores acima disso já apresentam uma formação mais circular, logo sendo mais propícias a enchentes, sendo as MBH 9, 12, 15 e 21 (Tabela 5).

Quanto ao Coeficiente de compacidade (K_c), apresentou uma média de 1,53 (Tabela 8) e seguindo a tabela 3, classifica-se de modo geral o território como não sujeito a grandes enchentes e as MBH 1, 5, 8, 9, 12, 14, 15, 17 e 18 (Tabela 7) com uma tendência mediana a grandes enchentes (Tabela 3). E novamente uma atenção especial a MBH 21, apresentando uma alta propensão a grandes enchentes. Esse resultado se dá pois segundo Villela e Mattos (1975) quanto mais próximo de 1,0 mais circular será a formação da microbacia, estando ela mais suscetível a enchentes o que corrobora com resultados encontrados por Azevedo (2017) que classificou sua sub-bacia como tendo um formato irregular obtendo um valor de 2,45 sendo assim com baixa propensão a enchentes, se assemelhando quando o território foi analisado como um todo e se diferenciando quando analisado de forma individual.

O Fator de forma é outro parâmetro que corrobora com o I_c e K_c , ele será uma representação da relação existente entre área e o comprimento axial. Ele relaciona também a forma da bacia com um retângulo, indicando assim se ela está ou não sujeita a enchentes (GOMES, 2016). A média obtida para as microbacias de Remígio - PB foi de 0,36 (Tabela 8), considerando assim de modo geral como não sujeita a grandes enchentes (Tabela 4). Azevedo (2017), Costa Jr (2018) e Gomes (2016), relataram os valores para K_f de 0,25, 0,18 e 0,24, constando assim um resultado semelhante a esse. No quesito individual a MBH 18 foi a que apresentou uma alta propensão a enchentes, com um valor próximo a 1,0 (Tabela 7).

O Coeficiente de torrencialidade (C_t), diferentemente dos outros parâmetros nos fornecerá uma ideia sobre a propensão das microbacias a ocorrência de inundação. Sendo assim enchente se caracteriza como a elevação do nível da água de uma rede de drenagem ou corpo d'água em decorrência do aumento da vazão, já inundação é quando ocorre o transbordamento da água para as áreas marginais (PEITER, 2016). No caso desse trabalho a média obtida foi de 3,44 (Tabela 8), valor relativamente baixo, resultando assim em uma suscetibilidade a inundações de certo modo mediana, visto que Gomes (2016), relatou em seu trabalho um valor de 1,07 considerando assim uma baixa probabilidade de inundações.

Tabela 8: Média obtida para os principais parâmetros de avaliação das características morfométricas das microbacias.

Parâmetro	Média
Dh – (canais/km²)	2,04
Dd - (km/km²)	1,68
IC -	0,44
Is -	16,05
Kc -	1,53
F	0,36
Ct - (n/km²)	3,44

4.3 Características Hidrográficas

Com a utilização do pré-processamento dentro do ArcGis foi possível a geração da rede de drenagem (Figura 5) atribuída as MBH aqui delimitadas de forma automática (Figura 4) apresentam a hierarquia fluvial segundo Strahler (1957) de terceira ordem, com um total de 308 canais hídricos dividido nas três ordens (Tabela 9). Segundo o mesmo autor os de primeira ordem são os menores canais, sem tributários, desde sua nascente até a confluência. Os de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem. Quando há o encontro entre dois canais de segunda ordem, surge um canal de terceira ordem, que pode receber tanto tributários de primeira como de segunda ordem. Juntos os canais somam 252 km de extensão. Ordem inferior ou igual a cinco é comum em pequenas bacias hidrográficas e reflete os efeitos diretos do uso da terra. Considera-se que, quanto mais ramificada for à rede, mais eficiente será o sistema de drenagem.

Tabela 9: Quantidade de canais para cada ordem obtida da rede de drenagem gerada no ArcGis.

Ordem	Quantidade de canais
Rios de 1º ordem	242
Rios de 2º ordem	53
Rios de 3º ordem	13

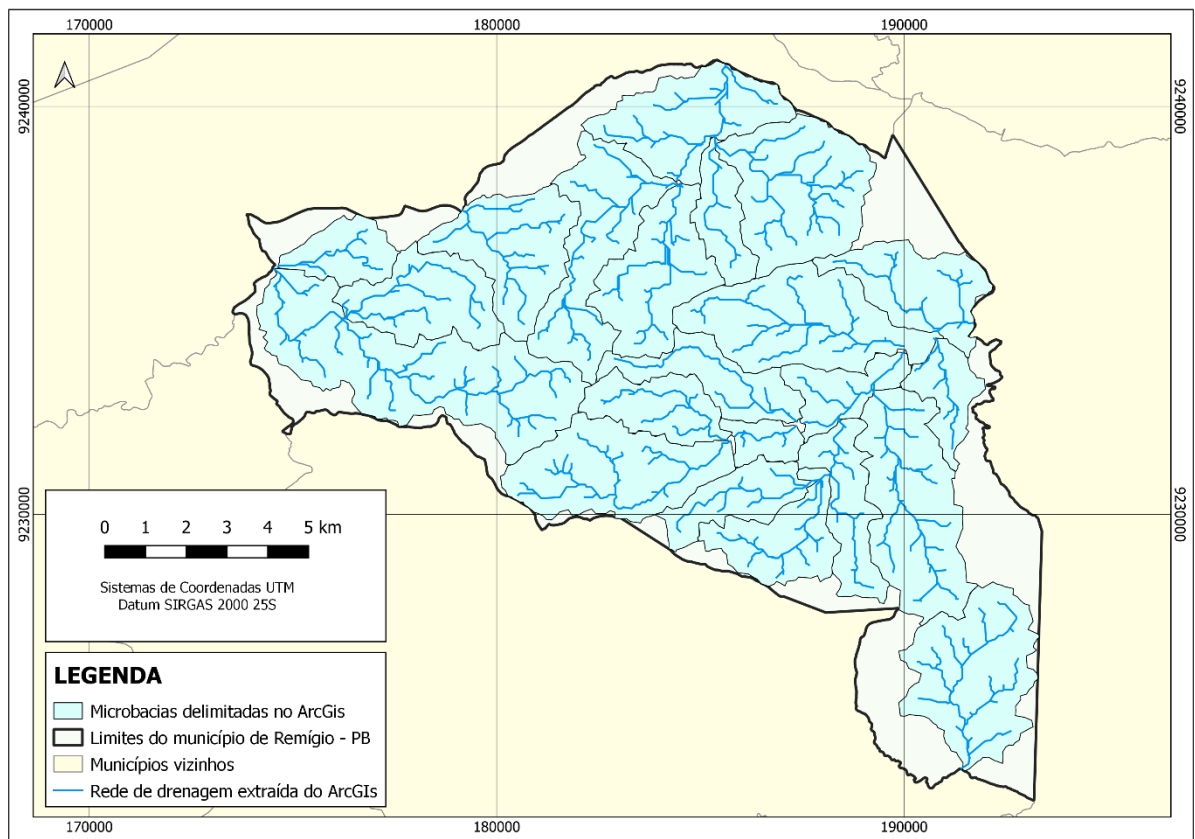


Figura 5: Rede de drenagem extraída do MDE com resolução espacial de 30 metros utilizando o ArcGis

Fonte: Autor (2022)

Na tabela 7 consta os valores da quantidade de canais totais de 1º ordem para cada MBH, bem como o comprimento do canal principal de cada uma delas, sendo uma variável importante para geração de outras características morfométricas.

Se tratando das características morfométricas de bacias hidrográficas outros três parâmetros são considerados sendo eles a Densidade hidrográfica, Densidade de drenagem e Índice de sinuosidade.

De modo geral a média de densidade hidrográfica das MBH foi de 2,04 canais/km² (Tabela 8), sendo considerada baixa (Tabela 2). A importância desse parâmetro é atribuída a capacidade da rede de drenagem de uma bacia em gerar novos corpos hídricos (ROCHA, 2014). Mas segundo Lana et al. (2001), quando esse valor é superior a 2,0 canais/km² existe a capacidade da bacia hidrográfica gerar novos canais, porém quando analisamos a tabela 7 olhando de forma isolada muitas MBH não alcançam esse valor, resultado semelhante ao relatado por Guimarães et al. (2018), com um valor de 1,123 canais/km², resultando em uma baixa capacidade de geração de novos canais da sua bacia hidrográfica. Já Andrade e Machado (2018) encontraram um valor um pouco acima desse de 3 canais/km² de média para suas

microbacias, e quando olhando também de forma isolada a maioria apresenta o valor necessário para geração de novos canais.

Para Densidade de drenagem foi observado uma média de 1,68 km/km² (Tabela 8), classificada como boa (Tabela 1), até mesmo quando observado de forma isolada apenas a MBH 11 (Tabela 7) é classificada como regular. Esse parâmetro está relacionado com a capacidade de desenvolvimento da rede de drenagem, fornecendo a informação sobre a eficiência da MBH (ANDRADE e MACHADO, 2018). A questão da formação geológica e tipo de solo é algo que tem influência sobre esse parâmetro, resultando que em locais que apresentem uma alta impermeabilidade estão mais propícios a formação de canais e por consequência uma maior densidade de drenagem (SANTOS et al., 2012).

A área de estudo apresentou uma média de índice de sinuosidade de 16,05%, considerando assim de acordo com a tabela 6 como muito reto, já de forma individual as MBH 16, 17 e 21 se classificam como retas. Esse parâmetro está relacionado com a facilidade do escoamento do corpo d'água, indicando que ele tem poucas ou muitas interferências ao longo do seu desenvolvimento, apresentando influência direta sobre a sua velocidade de escoamento e em seu tempo de concentração (GOMES, 2016). E com esse resultado podemos constatar que a rede de drenagem das MBH, apresentam poucos empecilhos ao longo de sua trajetória.

4.4 Obtenção da rede de drenagem

Com o objetivo de reafirmar a importância das geotecnologias como ferramenta auxiliar para gestão de recursos hídricos, se realizou a obtenção da rede de drenagem por diferentes formas, para pôr fim comparar com uma base de dados já existente (Figura 1A). Sendo que foram obtidas rede de drenagens usando o QGIS, com o uso de dois MDE's com resoluções espaciais distintas, uma com um pixel de 12,5 metros (Figura 1B) e outra com o pixel de 30 metros, (Figura 1C) e a outra rede de drenagem obtida utilizando o ArcGis (Figura 1D)

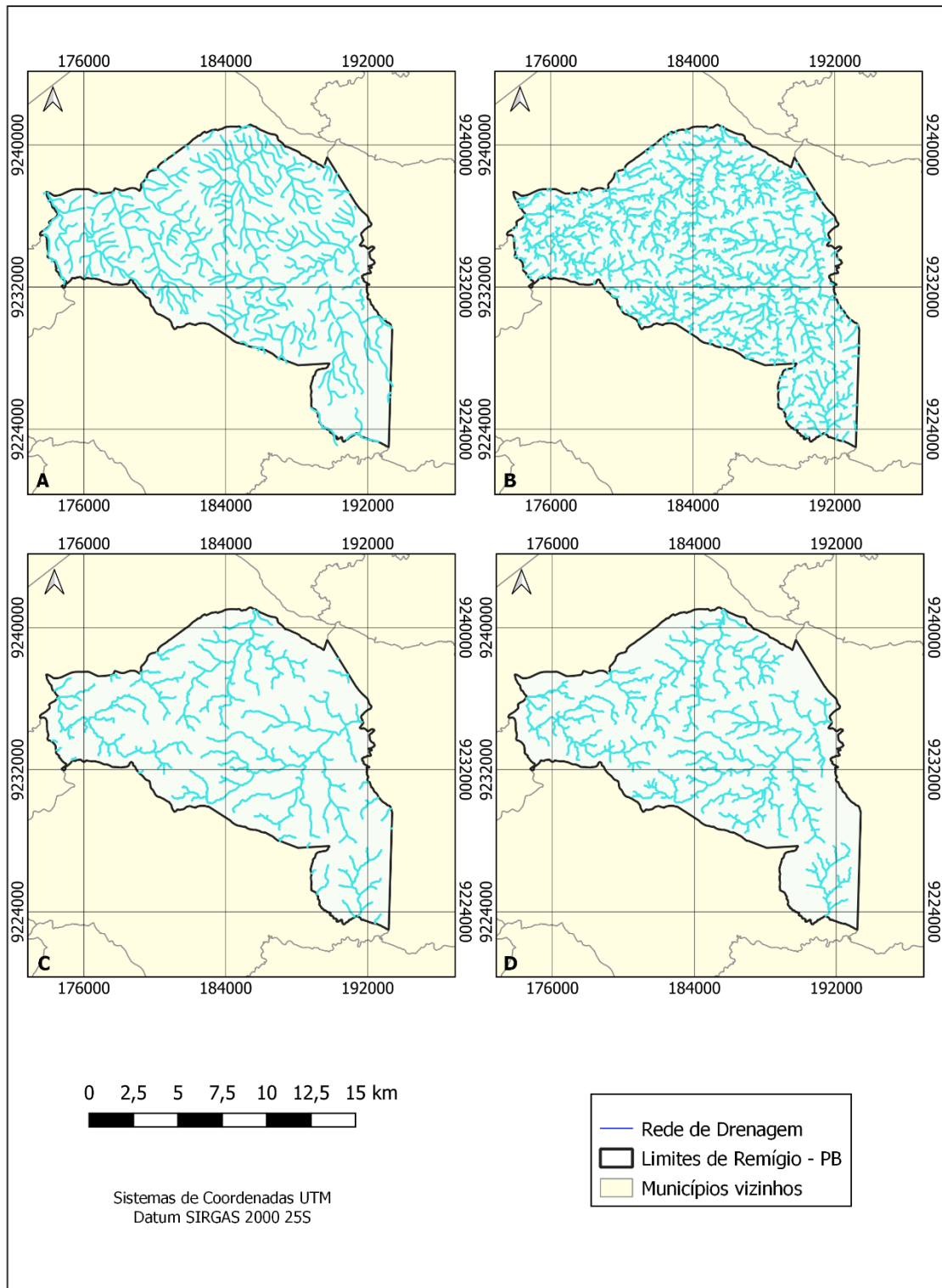


Figura 6: Mapa com a rede de drenagem da SUDENE e as geradas de forma automática. A) Rede de drenagem da SUDENE; B) Rede de drenagem obtida com a imagem de resolução espacial de 12,5 metros; C) Rede de drenagem obtida com a imagem de resolução espacial de 30 metros; D) Rede de drenagem extraída usando o ArcGis.

Fonte: Autor (2022)

Na figura 6B, 6C e 6D é possível observar a diferença visual entre as três formas usadas para gerar a rede de drenagem com a do banco de dados da SUDENE (Figura 6A). Quando comparamos o resultado obtido utilizando a imagem com a resolução espacial de 12,5 metros com a rede de drenagem já existente (Figura 8), observamos uma certa discrepância no alinhamento entre elas, em alguns casos, algo que é constatado também nas demais comparações (Figura 9 e 10). Isso pode ser resultado de que rede de drenagens obtidas através de métodos digitais em alguns casos não apresentam as variações topográficas reais da área, o que é consequência das limitações existentes no próprio sensor utilizado, que está sujeito a contaminações ao serem geradas, como nuvens, vegetação densa e ocorrência em alguns casos de áreas planas (SARAIVA, 2013).

Esse fato pode ser evidenciado na figura 7, onde aplicando um zoom sobre os mapas gerados na mesma região destacados por um círculo é possível notar que a rede de drenagem da SUDENE (em azul) apresenta uma curvatura notável, enquanto as obtidas automaticamente (em vermelho) apresentam um perfil mais retilíneo, com curvas mais acentuadas. Essa dissonância pode ser resultado da resolução das imagens, onde que apesar de uma ainda apresentar um pixel de 12,5 metros pode resultar em erros relacionados as características físicas do local.



Figura 7: Diferença na curvatura das redes de drenagem. A) Rede de drenagem da SUDENE x Rede de Drenagem do MDE com pixel de 12,5 metros; B) Rede de drenagem da SUDENE x Rede de Drenagem do MDE com pixel de 30 metros C) Rede de drenagem da SUDENE x Rede de Drenagem gerada no ArcGis
Fonte: Autor (2022)

A rede de drenagem obtida utilizando o ArcGis (Figura 6D) possui a mesma resolução espacial do mapa gerado da figura 6C, sendo elas o mesmo arquivo utilizado. O que podemos observar então é que elas possuem uma certa semelhança, visto que é a mesma resolução espacial, porém o mapa gerado pelo ArcGis possui uma maior ramificação, logo mais canais, (Tabela x) essa diferença se dá devido a forma como foram geradas e as diferenças existentes

entres os softwares. Essa diferença quanto ao número de canais também é relatada por Tolentino et al. (2017), que em seus resultados a rede de drenagem utilizando o ArcGis apresenta um maior número de ramificações.

O que é notável também é a grande capacidade de ramificações existentes na rede de drenagem apresentada na figura 8 o que pode ser resultado da sua resolução espacial de 12,5 metros, que apresentara mais informações quando comparada ao pixel de 30 metros. Os resultados de Saraiva, (2013), onde a rede de drenagem é obtida por 3 imagens com resoluções diferentes também apresentam essa diferença, onde a de menor resolução apresenta uma maior ramificação e melhor desempenho.

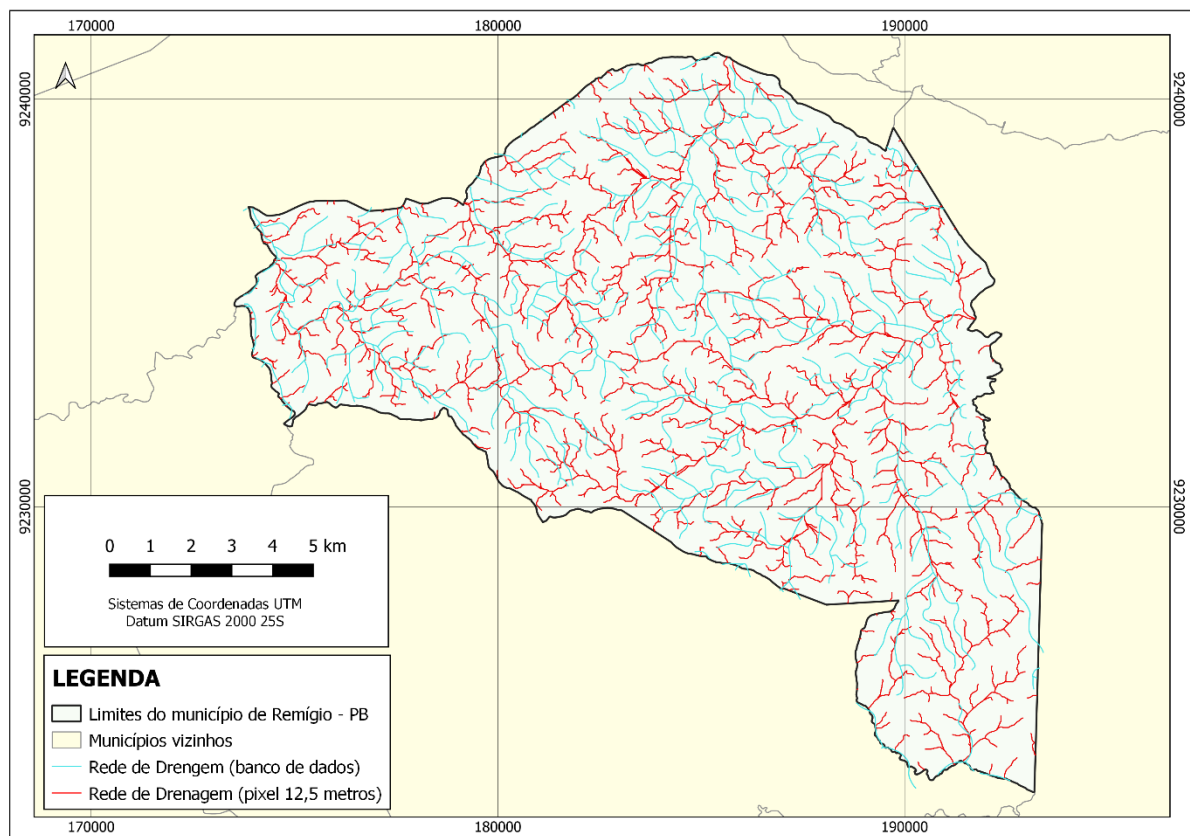


Figura 8: Mapa com a comparação entre a rede de drenagem da SUDENE a gerada utilizando um MDE com resolução espacial de 12,5 metros.

Fonte: Autor (2022)

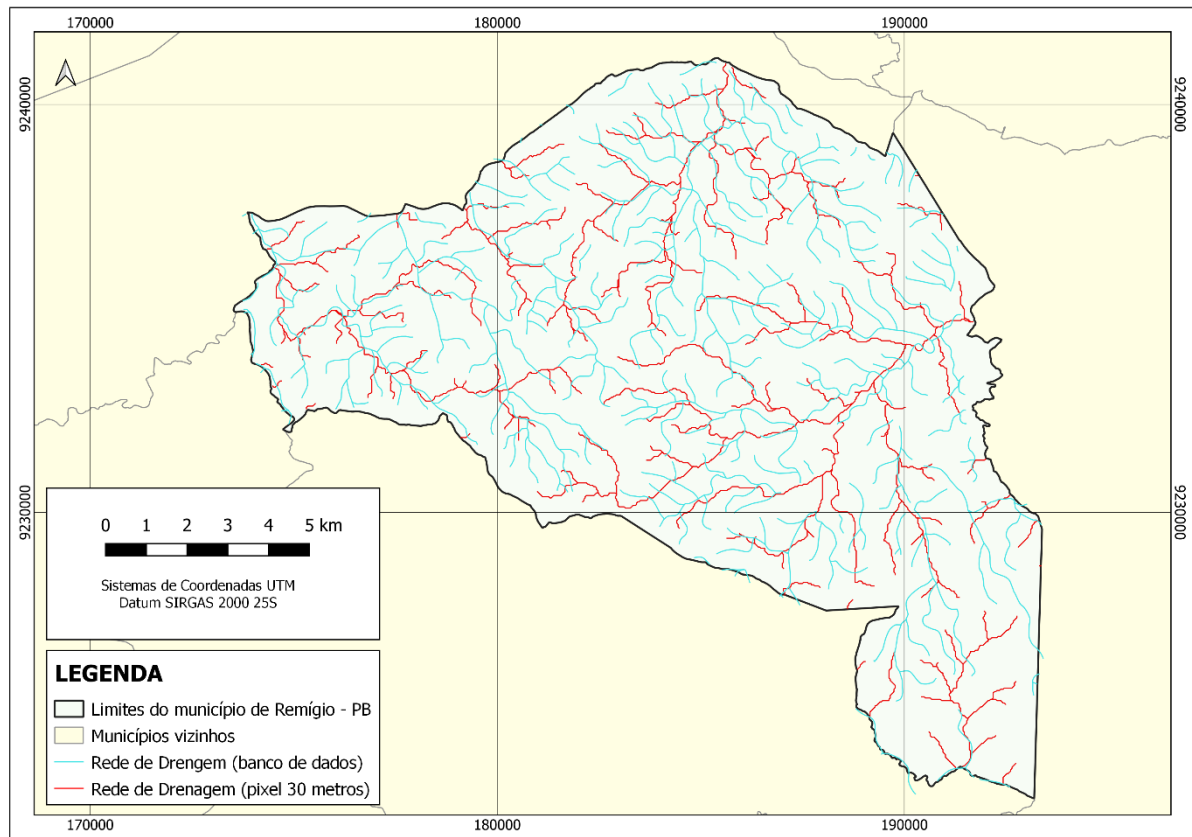


Figura 9: Mapa com a comparação entre a rede de drenagem da SUDENE a gerada utilizando um MDE com resolução espacial de 30 metros.

Fonte: Autor (2022)

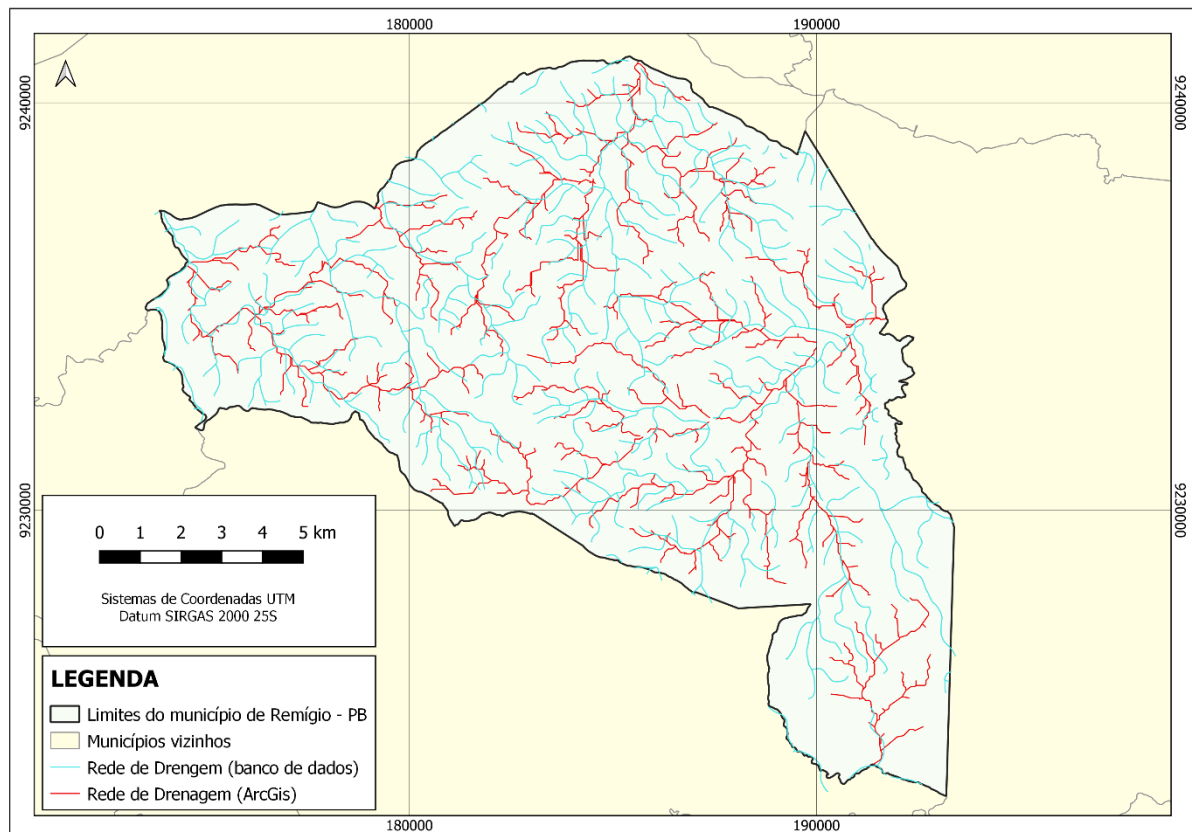


Figura 10: Mapa com a comparação entre a rede de drenagem da SUDENE a gerada utilizando ArcGis

Fonte: Autor (2022)

Agora quando colocamos lado a lado as redes de drenagens geradas pelas geotecnologias (Figura 11), diferentemente da rede de drenagem da SUDENE, elas apresentam coerência quanto ao seu desenho, a única discrepância é quanto ao nível de canais em cada, fato relatado anteriormente.

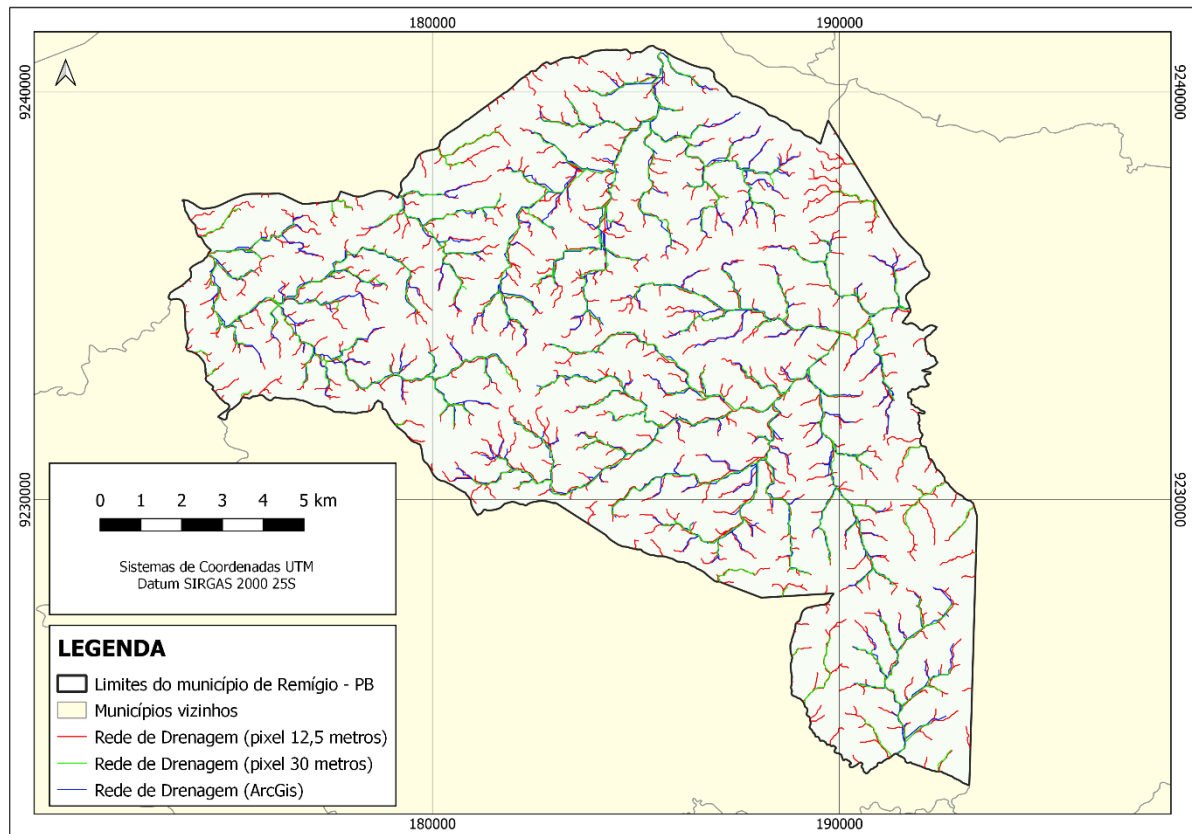


Figura 11: Mapa comparando as diferentes formas de geração de rede de drenagem
Fonte: Autor (2022)

Apesar de existir uma discrepância entre as redes de drenagem obtidas automaticamente e a já existente, ainda se faz válido o uso desses processos para orquestrar estratégias do gerenciamento dos recursos hídricos de determinado local, principalmente em municípios onde a existência de políticas públicas voltadas a gestão de bacias hidrográficas seja nula. Paz e Collischonn (2008), fazem uma ressalva a questão da resolução espacial dessas imagens e a qualidade dos dados, porém evidenciam que a extração de dados de drenagem e características de microbacias hidrográficas utilizando o geoprocessamento se faz válido, colocando em pauta a aquisição gratuita das imagens, facilitando assim o processo.

4.5 Mapa de solos

Com o uso das geotecnologias é possível realizar a geração de mapas temáticos relacionados aos tipos de solos de determinada região. Esse tipo de levantamento permite e garante o uso de forma sustentável e consciente desses, seja para realização de atividades agrícolas ou para outros fins (SOUZA e SILVA, 2016). Esse mesmo autor enfatiza que esse tipo de levantamento auxilia no planejamento agrícola, levantamento de uso da terra, para implantação de atividades relacionadas a irrigação, recuperação de áreas degradadas e a análise para desastres ambientais futuros. Em se tratando da gestão de microbacias hidrográficas pontos como esse são de suma importância.

Desta forma podemos perceber a presença das seguintes classes de solo de modo geral, são elas os Neossolos Regolíticos, Neossolos Litólicos, Argissolos Vermelho-Amarelo, Luvisolos Crômicos, Planossolos Nátricos, além de se observa Afloramento de Rocha. Quando o assunto é o estudo de bacias hidrográficas o conhecimento sobre o solo é de suma importância, pois a composição dele tem relação com a densidade de drenagem. Segundo Demattê e Demétrio (1995) a predominância do tipo de solo de uma região pode arbitrar a quantidade dos canais de drenagem de uma bacia hidrográfica, em que solos com permeabilidade boa, costumam apresentar um número baixo de canais e solos com baixa permeabilidade um número mais elevado.

Das três classes de solo do local a de maior expressividade são do mesmo tipo, os Neossolos. Esse tipo de solo apresenta pouco desenvolvimento pedogenético, apresentando um perfil raso, possuindo assim uma semelhança mineral muito grande com o seu material de origem, com uma característica de ser rochoso e pedregoso e podem apresentar uma variação muito grande nas suas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas atribuídas ao seu material de origem (ARAUJO FILHO, 2011).

A densidade de drenagem das MBH foi classificada como boa, Silva (2010) em seu trabalho observou valores alto para a densidade de drenagem, constando como os solos mais predominantes na sua área de estudo os Planossolos, Neossolos Regolítico e Neossolos litólicos, duas das classes também encontradas na área de estudo desse trabalho, mas ele destaca que os valores mais altos em sua maioria foram observados nas áreas de Planossolo. Porém outros pontos também podem influenciar nesse resultado, como a textura do solo e o relevo, sendo a classe predominante desse último para Remígio a de relevo ondulado, segundo a classificação da EMBRAPA (1979).

Os Planossolos são solos minerais, que apresentam uma má drenagem, seu horizonte superficial ou subsuperficial é eluvial, com uma textura leve que se opõe abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado e geralmente com acentuada concentração de argila, de forma geral uma permeabilidade lenta, constituindo por vezes um horizonte “pã”, que é responsável pela detenção do lençol d’água sobreposto (suspensão), de existência periódica e presença variável durante o ano (SARAIVA, et al., 2021). Essa classe é observada no centro na área central do mapa, local onde se encontram as MBH com os maiores valores de densidade de drenagem.

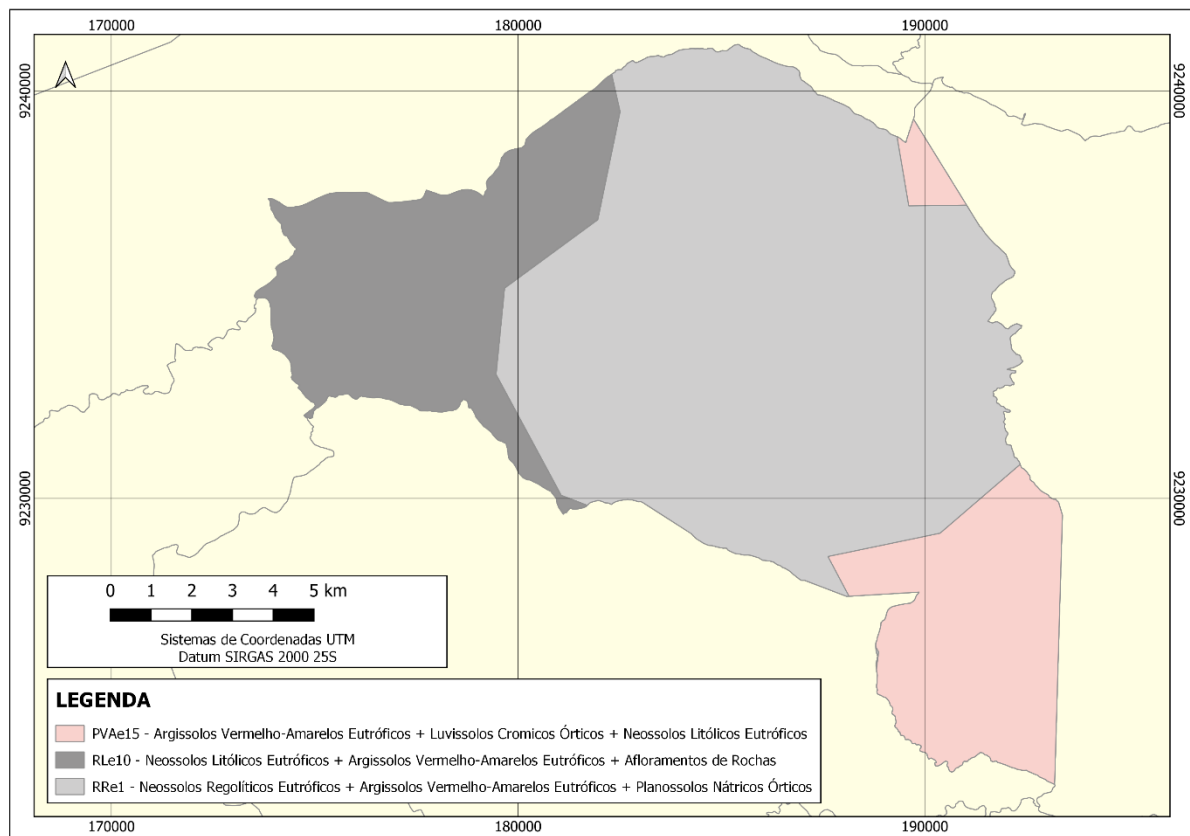


Figura 12: Mapa de solos do município de Remígio - PB

Fonte: Autor (2022)

4.6 Hipsometria e Declividade

Outros resultados gerados com o uso de geotecnologias visando mostrar as aplicabilidades dessas ferramentas na gestão de recursos hídricos são os mapas de hispométrica e declividade (Figura 13 e 14).

A elevação da área de estudo está entre 400 m e 660 metros, com o auxílio do QGIS e seus algoritmos é possível obter a área para cada classe de elevação estabelecida para esse trabalho (Tabela 10). Como podemos observar 43,4% da área possui uma altitude em 520 m e 560 m. Conhecer esse parâmetro pode auxiliar principalmente nas atividades agrícolas como na gestão de distribuição e uso de um determinado canal para qualquer atividade. Pois segundo Tonello et al. (2006) altitude tem influência na incidência de radiação em uma bacia hidrográfica, o que irá por consequência afetar a taxa de evapotranspiração, temperatura e precipitação do local. Sendo esses parâmetros que podem influenciar as chuvas do local (AGEITEC).

Tabela 10: Área em km² e porcentagem ocupadas por cada classe estabelecida de elevação

Elevação	Área (km ²)	%
400 - 440 m	0,92	0,5%
440 - 480 m	17,37	9,5%
480 - 520 m	28,07	15,4%
520 - 560 m	79,24	43,4%
560 - 600 m	46,46	25,4%
600 - 640 m	9,01	4,9%
640 - 660 m	1,7	0,9%
Acima de 660 m	0,005	0,003%

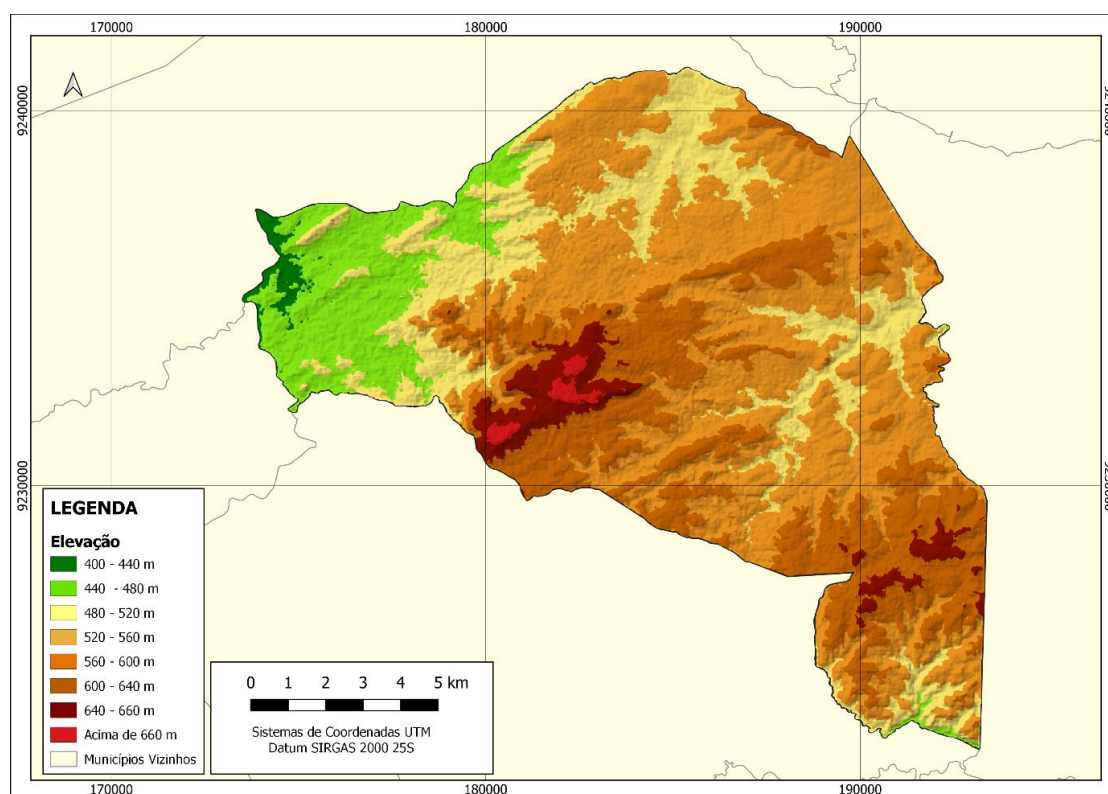


Figura 13: Mapa hipsométrico do município de Remígio - PB

Fonte: Autor (2022)

Quanta a declividade (Figura 14) do local foi possível obter dados semelhantes ao da hipsometria, utilizando a classificação de declividade da EMBRAPA (1979), e determinando área e porcentagem de cada classe dentro da área de estudo (Tabela 11). Observando que 48,58% da área de estudo possui um relevo ondulado. Segundo Cardoso et al. (2006) quanto maior a declividade maior será o escoamento superficial e menor será a infiltração de água no solo, podemos assim classificar a declividade da área de estudo como intermediária já que a segunda classes de maior representatividade ocupando 32,84% da área é a suave ondulado, esse resultado pode explicar o valor de densidade de drenagem obtido.

Tabela 11: Área em km² e porcentagem ocupadas por cada classe de declividade seguindo a classificação da EMBRAPA (1979)

Classificação EMBRAPA	Área (km²)	%
Plano (0-3%)	11,55	6,32%
Suave Ondulado (3-8%)	59,95	32,84%
Ondulado (8-20%)	88,66	48,58%
Forte-Ondulado (20-45%)	21,62	11,84%
Montanhoso (45-75%)	0,717	0,39%
Forte-Montanhoso (>75%)	0,006	0,003%

Fonte: Adaptado da EMBRAPA (1979)

Outro ponto importante a respeito desse parâmetro no sentido de administração de microbacias é que o conhecimento do relevo de determinada área serve de subsídio para o planejamento de uso do solo, visando diminuir a degradação do solo por erosão obedecendo assim a Lei 12.651 intitulada de novo código florestal brasileiro (AZEVEDO, 2017).

Se tratando do estudo de microbacias para o município de Remígio se localiza em uma região que ao longo dos anos sofre com a falta de água. Nesse contexto, o geoprocessamento é uma ferramenta a ser considerada para auxiliar na implantação de barragens (OLIVEIRA, 2016). O conhecimento sobre a variação de relevo, altitudes e utilizando o MDE para gerar um mapa de curvas de nível, é possível analisar áreas que apresentem uma melhor propensão a implantação de barragens (FREITAS, 2021). Observando a figura 15, os pontos A (MBH 16), B (MBH 8) e C (MBC 1), seguindo esses parâmetros são os lugares mais indicados para locação de possíveis barragens. Porém outros aspectos devem ser considerados como as propriedades físicas, químicas, mineralógicas e geológicas (OLIVEIRA, 2016).

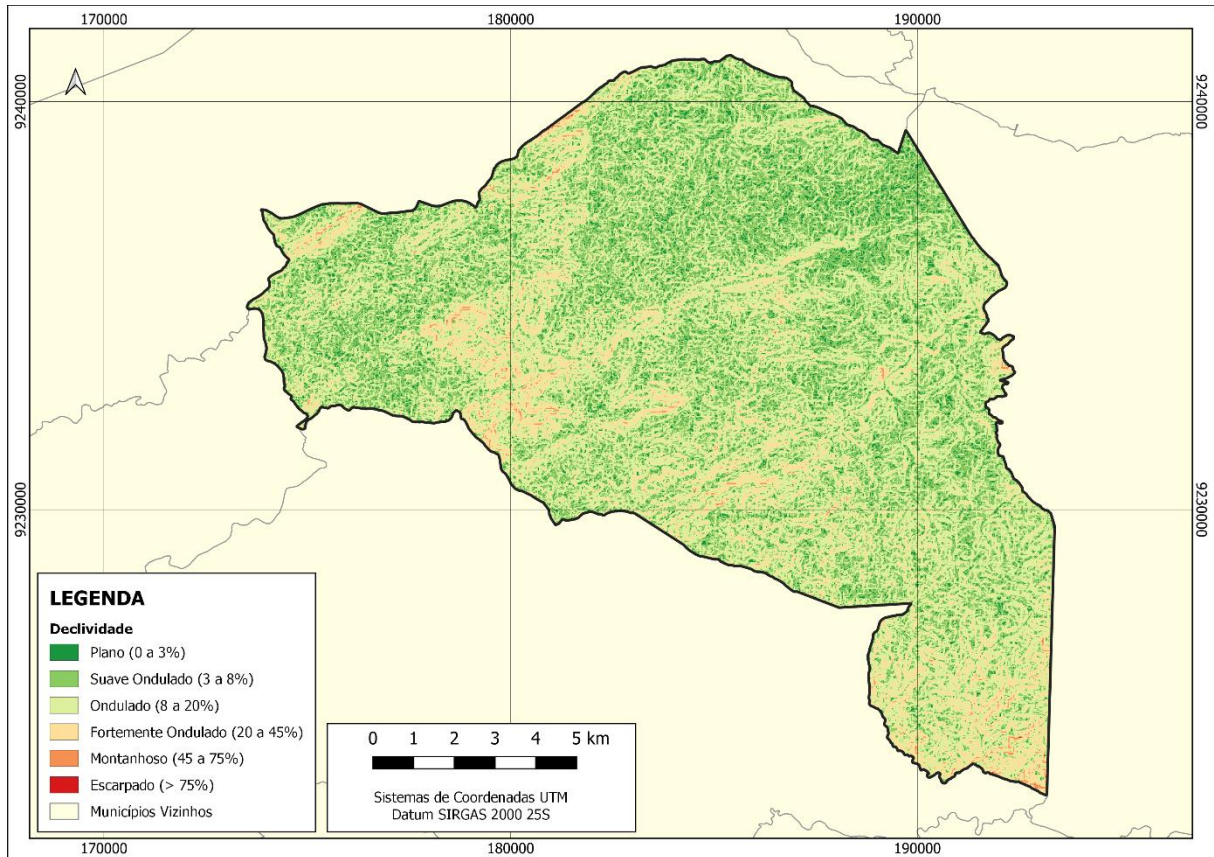


Figura 14: Mapa de declividade do município de Remígio - PB

Fonte: Autor (2022)

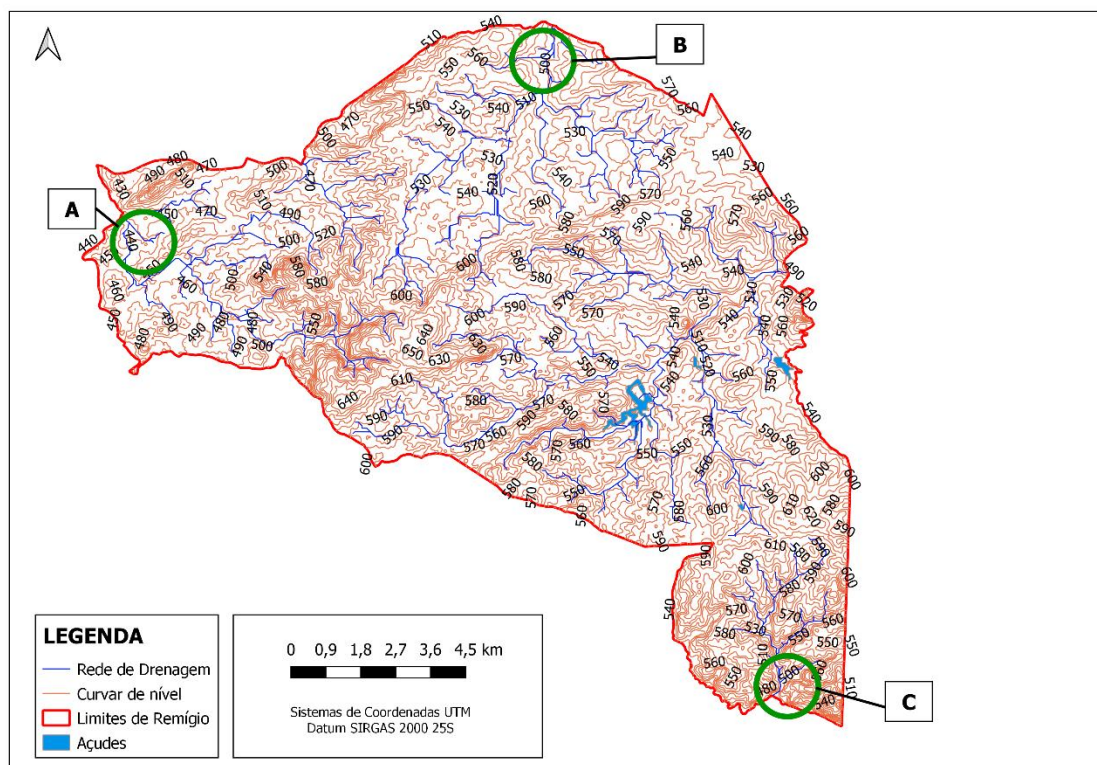


Figura 15: Mapa indicando áreas propícias para implantação de barragens

Fonte: Autor (2022)

5. CONCLUSÃO

As ferramentas utilizadas para elaboração do trabalho se mostraram ótimas alternativas para auxiliar na gestão de recursos hídricos em âmbito municipal. Permitindo a obtenção de uma série de informações que podem ser utilizadas para elaboração de estratégia para o uso do solo e água bem como a conservação deles.

Tanto a delimitação de microbacias como a de rede de drenagem de formas automáticas se mostram como ferramentas eficazes, buscando estabelecer as características morfométricas, para estabelecimento de estudo ou criação de políticas públicas para o uso da água.

As microbacias delimitadas dentro do território do território de Remígio e sua maioria se apresentam com uma forma mais alongada, possuindo assim pouca propensão a enchentes. Possuindo também uma densidade de drenagem e hidrográfica que favorecem o desenvolvimento de curso d'água, fruto de vários aspectos como relevo e composição do solo.

As redes de drenagens obtidas com o uso dos MDE's mesmo que apresentando algumas diferenças em relação aos já existentes se mostram utilizáveis para conhecer os recursos hídricos de determinado local, sendo que o erro pode ser diminuindo com aquisição de imagens de qualidade e com uma resolução espacial baixa.

REFERÊNCIAS

- AESA. **Agencia Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2017-07-20&produto=municipio&periodo=anual>. Acesso em: 23 de maio de 2022.
- OLIVEIRA, G. N. R. Geoprocessamento aplicado a geração de mapas de favorabilidade à construção de barragens e reservatórios. 2016.
- FREITAS, B. B. Geoprocessamento na construção civil. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2021.
- AGEITEC. Arvore do Conhecimento-Solos Tropicais. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br> Acesso em: 20 de maio de 2022
- AGROPÓS. **O que é geoprocessamento? Tudo o que você precisa saber**. 2022. Disponível em: <https://agropos.com.br>. Acesso em: 22 de maio de 2022.
- ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T.; RODRIGUES, D. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 46-57, 2010.
- ANDRADE, L. A.; MACHADO, C. C. C. **Diagnóstico geoambiental integrado do município de areia – paraíba, como subsídio para o planejamento e gestão ambiental: Caracterização Hidrológica e Morfométrica das Microbacias dos Rios Mamanguape e Araçagi Inseridas no Município de Areia-PB, Areia, Paraíba**, 2018.
- ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICENTE, L. E.; BATISTELLA, M.; GREGO, C. R.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. **Geotecnologias aplicadas em sistemas de produção integrada e apoio a políticas públicas**. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Org.). ILPF: Inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. 1ed. Brasília, DF: EMBRAPA, v. 1, p. 263-279, 2019a.
- ARAUJO FILHO, J. C. Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga. In: **Embrapa Solos- Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 14. 2011, Dourados." Dinâmicas socioambientais das inter-relações às interdependências". Dourados: UFGD, 2011., 2011.

ARAUJO, D. B. D. **Profecias de chuvas na visão dos agricultores e agricultoras do município de Remígio- PB**. TCC (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2.ed. Brasília: Embrapa-SPI/ Embrapa-CPAC, 1998. 434 p.

AZEVEDO, A. L. **Obtenção de variáveis morfométricas da Sub-bacia do Açude Esguicho, PB/RN, com emprego de geotecnologias**. 2017. 45p. TCC (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

BANDEIRA, L. B.; VENDRUSCOLO, J.; SANTOS JÚNIOR, N. R. F.; CAVALHEIRO, W. C. S.; SOUZA, R. F. S.; FULAN, J. A. Características da paisagem para subsidiar o manejo dos recursos naturais na microbacia do rio Jabuti, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 2, p. e321184-e321184, 2022.

BIER, F. B. **Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis-SC**. 2013. 115f. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis-SC, 2013.

BORSATO, F. H. **Caracterização Física Das Bacias De Drenagem Do Município De Maringá E Os Postos De Combustíveis Como Potenciais Poluidores**. 2005. Dissertação (Mestre em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2005.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: **Instituto de Computação UNICAMP**, 1996.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CASTRO, E. J. M.; MACEDO, A. O.; SILVA, A. L. R.; TALHARI, T. F.; BEZERRA, D. S.; BRITO, F. S. Uso de geotecnologias para gestão de recursos naturais: caso do macrozoneamento ecológico econômico do maranhão. **Revista Ceuma Perspectivas**, v. 30, n. 1, p. 49 2018.

CASTRO, L. I. S.; CAMPOS, S.; ZIMBACK, C. R. L.; KAISER, I. M. Sistema de Informação Geográfica na formulação de indicadores ambientais para sustentabilidade dos recursos hídricos. **Irriga**, Botucatu, v.19, n.4, p.655, 2015.

CAVALHEIRO, W. C. S.; SANTOS JÚNIOR, N. R. F.; SILVA, E. S.; RODRIGUES, A. L. B.; FERREIRA, E.; VENDRUSCOLO, J. Antropogeomorfologia da microbacia do rio terra nova, Amazônia, Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 1, p. e311039-e311039, 2022.

CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J. Importancia de estudios en bacías hidrográficas para o manejo sustentável dos recursos hídricos em Rondônia/Importancia de los estudios en cuencas hidrográficas para el manejo sustentable de los recursos hídricos en Rondônia/Importance of studies in hydrographic basins for the sustainable management of water resources in Rondônia. **Revista Geográfica Venezolana**, n. SI, p. 256-265, 2019.

CAVALLARI, R. L.; TAMAE, R. Y.; ROSA, A. J. A importância de um sistema de informações geográficas no estudo de microbacias hidrográficas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 6, n. 11, p. 7, 2007.

CCORI, F. R. G. **Análise de vulnerabilidade ambiental no Município de São Carlos–SP por meio de satélite Sentinel**. 2022. 17p. TCC - (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitarista) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Frederico Westphalen.

CHAGAS, C. S.; FERNANDES FILHO, E. I.; ROCHA, M. F.; CARVALHO JÚNIOR; W.; SOUZA NETO, N. C. Avaliação de modelos digitais de elevação para aplicação em um mapeamento digital de solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14(2): 218-226, 2010.

CHEN, Y.; LI, J.; WANG, H.; QIN, J.; DONG, L. Largewatershed flood forecasting with high-resolution distributed hydrological model. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, 21(2): 735-749, 2017.

CHRISTOFOLETTI, A. A morfologia de bacías de drenagem. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 18, n. 36, p. 130-142, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacías hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial: o canal fluvial. São Paulo: Edgard Blücher, p. 313, 1980.

COLOMBO, R.; VOGT, J.; SOILLE, P.; PARACCHINI, M. L.; JAGER, A. Deriving river networks and catchments at the European. *Catena*, **Amsterdam**, v.70, n.3, p.296-305, 2007.

COSTA FILHO, J. F., FRANCISCO, P. R. M., ANDRADE, M. V., SILVA, L., DANTAS, L. M. Estimativa do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) na Microrregião de Sousa-PB utilizando imagens do CBERS-21. **Congresso Brasileiro de agrometeorologia**, Aracaju, SE, Brasil, v. 5, 2007

COSTA JÚNIOR, J. S. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento na caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica situada no município de Silves, AM**. 2018. 44p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Amazonas, Itacoatiara –AM, 2018.

COUTO, O. F. V. Geração de um índice de sustentabilidade ambiental para bacias hidrográficas em áreas urbanas através do emprego de técnicas integradas de geoprocessamento. 2007.

CUNHA TASCA, B. F.; XAVIER, F. V.; SIQUEIRA, A. J. B. Localização de nascentes ameaçadas em áreas urbanas: Uma estratégia preventiva de conservação ambiental com auxílio de Modelo Digital do Terreno (MDT). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 04, p. 2186-2203, 2021.

DEMATTE, J. A. M.; DEMÊTRIO, V. A. Fotointerpretação de padrões de drenagem de bacias hidrográficas na caracterização de solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas no estado do Paraná. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 3, p. 569-577, 1995.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds) **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Soluções tecnológicas: Brasil relevo**. [S.l.]: Embrapa, 2005. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produtoservico/376/brasil-em-relevo>>. Acesso em 23 de maio de 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, p. 83 1979.

FERRARI, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 181–188, 2013.

FINOTTI, A. R.; FINKLER, R.; SILVA, M. D.; CEMIN, G. **Monitoramento de recursos hídricos em áreas urbanas**. Caxias do Sul: EDUCS, 2009. 270 pp.

FRAGA, M. S.; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; VIEIRA, N. P. A.; SILVA, D. P.; BARROS, F. M.; MARTINS, I. S. B. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 214-218, 2014.

FRANÇA, L. C. J.; PIUZANA, D.; MORAIS, M. S.; MENEZES, E.; MORANDI, D. T. Delimitação automática e quantificação das Áreas de Preservação Permanente de encosta para o município de Diamantina, Minas Gerais, Brasil. **Revista Espinhaço**, v.7, n. 2, p. 60-71, 2018.

FRITZ, K. M.; HAGENBUCH, E.; D'AMICO, E.; REIF, M.; WIGINGTON JR, P. J.; LEIBOWITZ, S. G.; NADEAU, T. L. Comparing the extent and permanence of headwater streams from two field surveys to values from hydrographic databases and maps. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 49, n. 4, p. 867-882, 2013.

GAVA, T. **Análise das características que influenciam no surgimento dos resíduos sólidos urbanos na rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio do meio, município de Florianópolis/SC**. 2012. 125f. TCC (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GOMES, F. A. L. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio farinhas-pb através de dados SRTM**. 2016. 54p. TCC (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

GUIMARÃES, H. S. et al. **Aplicação do SIG na Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves, Semiárido Brasileiro**. In: FRANCISCO, P. R. M.; SÁ, T. F. F.; BRAGA JÚNIOR, J. M. Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação. Campina Grande: Epgraf, 2018. v. 3. p. 88-98.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945

HÖFIG, P.; ARAUJO JUNIOR, C. F. Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, p. 195-203, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal Digital 2020**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 10 de maio de 2022

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE)**. 2021. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 23 de maio de 2022.

JAEGER, K. L.; MONTGOMERY, D. R.; BOLTON, S. M. Channel and perennial flow initiation in headwater streams: Management implications of variability in source-area size. **Environmental Management (online)** 40. 2007. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s00267-005-0311-2>. Acesso: 23 de maio de 2022.

JARVIS, A.; RUBIANO, J.; NELSON, A.; FARROW, A.; MULLIGAN, M. **Practical use of SRTM data in the tropics – comparisons with digital elevation models generated from cartographic data**. Working document no. 198. Cali: CIAT. 31p, 2004.

JENSON, S. K.; DOMINGUE, J. O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda**, v.54, n.11, p.1.593-1.600, 1988.

LAGO, W. J. S. **Sistemas de informações geográficas**. 2021. 42p.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - BRASIL. REM: **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.

LARNED, S. T.; DATRY, T.; ARSCOTT, D. B.; TOCKNER, K. Emerging concepts in temporary-river ecology. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 4, p. 717-738, 2010.

LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R.; VISCHI FILHO, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUIERA, D. S. Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Viçosa-MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2015.

LIMA, S. S. Levantamento de drenagem e de feições estruturais lineares através de técnicas de geoprocessamento na microrregião de Boquim, Sergipe. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 81908-81922, 2020.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. 1995.

Tese (Doutorado em Engenharia Geotécnica) -Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 1995.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas.** 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MACÊDO, R. J. A.; SURYA, L. Comparação entre modelos digitais de elevação dos sensores SRTM e ALOS PALSAR para análise digital de terreno. **Contexto Geográfico. Maceió: Universidade Federal de Alagoas**, v. 3, n. 6, p. 47-55, 2018.

MATIAS, Á. **“Rios”;** Brasil Escola. 2022. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/rios.htm>. Acesso em 23 de maio de 2022.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; ROSA, A. N. C. S.; SANO, E. E.; SOUZA, E. B.; BAPTISTA, G. M. M; BRITES, R. S. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Brasília: Universidade de Brasília, 2012

MOTTA, J. L. G.; WATZLAWICK, L. F. **A importância do Geoprocessamento no Planejamento Rural.** MundoGEO, Paraná. 2000. Disponível em: <https://mundogeo.com/2000/02/02/a-importancia-do-geoprocessamento-no-planejamento-rural>>. Acesso em: 22 de maio de 2022.

NASCIMENTO ARAÚJO, P. V.; AMARO, V. E.; ALCOFORADO, A. V. C.; SANTOS, A. L. S. Acurácia Vertical e Calibração de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) para a Bacia Hidrográfica Piranhas-Açú, Rio Grande do Norte, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 1, p. 351-364, 2018.

NOVAES, L.F.; AMARAL, L.G.H.; TERRA, A.A. Determinação das características físicas da bacia hidrográfica do rio Corrente. In: **congresso nacional de irrigação e drenagem**, 14., 2004, Porto Alegre. Anais XIV CONIRD. 2004.

PADILHA, D. G. et al. Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Grande, RS. 2008.

PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W. Derivação de rede de drenagem a partir de dados do SRTM. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, n. 2, p. 84-95, 2008.

PEITER, C. M. **Desastres naturais: enchentes e inundações e o papel do Estado e da sociedade na gestão de segurança pública**. 2012. 176p. Dissertação (Mestrado em ciência jurídica) – Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina, 2012.

PETRASOVA, A.; MITASOVA, H.; PETRAS, V. & JEZIORSKA, J. Fusion of high-resolution DEMs for water flow modeling. **Open Geospatial Data, Software and Standards**, 2(6): 1-8, 2017.

PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; POLITANO, W.; GALBIATTI, J. A. Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 669-676, 2010.

PROJETO REMÍGIO S.O.S SECA- **Adote um Município**. Coord. Marcelo Rafael Correia. Borges da Fonseca; Col.Regina Celly Nogueira da Silva...[et.al]. Revisão Augusto de Almeida Simões-João Pessoa: Gráfica /Unipê, 2004.

REGHINI, F. L.; CAVICHIOLI, F. A. Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 329-339, 2020.

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Floresta**, v. 38, n. 3, p. 561-572, 2008

ROCHA, R. M.; LUCAS, A. A. T.; ALMEIDA, C. A. P. D.; MENEZES NETO, E. L.; NETTO, A. D. O. A. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 2, p. 276-287, 2014.

ROCHA, R.M.; LUCAS, A.A.T.; ALMEIDA, C.A.P.; NETO, E.L.M.; NETTO, A.O.A. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. **Ambiente & Água**, v.9, n.2, p.276-287, 2014

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geografia. Laboratório de Geoprocessamento. Jun. 2013.

RUSSI, L. C.; OLIVEIRA, R. F. ELABORAÇÃO DE MODELO TRIDIMENSIONAL DO TERRENO A PARTIR DE DADOS SRTM E TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO. **ETIC-ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-ISSN 21-76-8498**, v. 14, n. 14, 2018.

SABINO, F. M.; SILVA, C. R.; PAULA S. F. L.; Avaliação da acurácia posicional de redes de drenagem obtidas a partir de modelos SRTM e ASTER com o uso dos softwares ARCGIS e QGIS. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 69/7, p. 1287-1301, 2017.

SABINO, H.; VASQUES, G. D. M.; DART, R. D. O.; HERNANI, L. Delimitação de pequenas microbacias hidrográficas a partir de um ponto de exutório específico (pour point) utilizando dados SRTM. In: **Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17.; CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1., 2017, Campinas. Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2017. p. 941-946., 2017.

SANTOS JUNIOR, N. R. F.; CAVALHEIRO, W. C. S.; FULAN, J. A.; SILVA SOUZA, R. F.; SERRANO, A. M.; BORGES, M. V. V.; SOUZA, E. F. M. Caracterização hidrogeomorfológica temporal da paisagem da microbacia do rio Jaçanã, Rondônia, Brasil. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 3, n. 3, p. e331242-e331242, 2022.

SANTOS, A. M.; FERRO, P. D. Dinâmica espaço-temporal da cobertura da terra no Parque Estadual de Corumbiara/Rondônia. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 4, n. 14, p. 07-32, 2018.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Água**, v.7, n.3, p.195-211, 2012.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SANTOS, G. O.; SILVA, A. A.; BRAZ, A. R. C.; CARNEIRO, F. M. Caracterização Morfológica das Bacias Hidrográficas Inseridas no Município de Rio Verde, Goiás, Como Ferramenta ao Planejamento Urbano e Agrícola. **GEOGRAFIA ENSINO & PESQUISA**, v. 22, p. 01-13, 2018.

SARAIVA, A. G. S. **Avaliação de erros e de efeitos de escala para a rede de drenagem determinada do Modelo Digital de Elevação (MDE) do SRTM**. 2013. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

SARAIVA, S. M. et al. Caracterização de Planossolos nátricos em um gradiente pluviométrico no Semiárido brasileiro. **Embrapa Solos-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2021.

SILVA SOUZA, G.; CAMPOS, J. B.; LADWIG, N. I.; SANTOS, M. C. P. A CARTOGRAFIA DO TERRITÓRIO GUARANI NA REGIÃO SUL DO ESTADO DE SANTA CATARINA, BRASIL. **Tecnologia e Ambiente**, v. 28, p. 20-36, 2021.

SILVA, A. S. **Resíduos sólidos drenados em sub-bacia hidrográfica urbana em Santa Maria - RS**. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SILVA, C. A. Manejo integrado em microbacias hidrográficas. **Estudos Sociedade e Agricultura**, 1994.

SILVA, D. G.; MELO, R. F. T.; BARROS CORRÊA, A. C. A influência da densidade de drenagem na interpretação da evolução geomorfológica do complexo de tanques do município de Brejo da Madre de Deus–Pernambuco, nordeste do Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 26, n. 3, p. 294-306, 2010.

SILVA, J. S. A.; RODRIGUES, R. S. S.; BITTENCOURT, G. M. Aplicação de diferentes MDE'S para extração de variáveis morfométricas de uma bacia hidrográfica. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, n.10, p.10-19, 2020.

SILVA, M. A. B. C.; BLANCO, B. S.; FRANÇA, C. F. UTILIZAÇÃO DE IMAGEM SRTM PARA A GERAÇÃO DE MAPA MORFÓLOGICO DA ILHA DE MOSQUEIRO, BELÉM-PA. **Biblioteca do IFCH/UFPA-Belém-PA**, p. 67-70, 2019.

SILVA, T. O.; LACERDA, S. M. P.; AMORIM SILVA, V.; OLIVEIRA, J. T.; JESUS FRANÇA, L. C.; SANTOS LISBOA, G. Caracterização Morfométrica da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio dos Monos-Bahia, Brasil. **Conjecturas**, v. 22, n. 2, p. 292-306, 2022.

SOARES, G. S.; SANTOS JÚNIOR, N. R F.; MIRA, S. F.; MORETO, R. F.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. Uso da plataforma SIG na caracterização morfométrica da microbacia do rio Santa Teresinha, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, v. especial, p. 84-95, 2019.

SOARES, L. S., LOPES, W. G. R., CASTRO, A. C. L., ARAUJO, G. M. C. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 82-100, 2016.

SOUSA, M. S.; SAMPAIO, T. V. M. **Avaliação da acurácia de bases cartográficas: um estudo de caso da rede de drenagem do estado do Paraná na escala 1: 50.000 para a carta MI. 2818-4.** 2015.

SOUZA, A. C. S.; SILVA, M. L. Geoprocessamento aplicado ao levantamento de solos no município de Inconfidentes-MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 01, p. 200-214, 2016.

SOUZA, L.; NERY, F.; MATOS, J. Metodologias de processamento de dados SRTM para a produção de modelos digitais de direções de escoamento. **VIII Congresso da Água, Figueira da Foz** – Portugal, 2006.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952. STRAHLER, A. N. Quantitative

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

SUDENE, [Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste](http://www.gov.br/sudene/pt-br) Disponível em: <<https://www.gov.br/sudene/pt-br>>

TAMBOSI, L.; VIDAL, M. M., FERRAZ, S. F. B.; METZGER, J. P. Funções eco hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29 n. 84, p. 151-162, 2015.

TONIOLO, B. P.; SILVA, D. C. C.; LOURENÇO, R. W. Estudo comparativo de rede de drenagem na SABESP Oeste com auxílio de provedores SIG. **Revista Geografia em Atos (Online)**, v. 5, p. 1-20, 2021.

TUGOZ, J., BERTOLINI, G. R. F., BRANDALISE, L. T. Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Revista de gestão ambiental e sustentabilidade**, v. 6, n. 1, p. 26-39, 2017.

USGS. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Non-Void Filled. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle>>

[radar-topography-mission-srtm-non?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects>](#). Acesso em: 23 de maio de 2022.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), 2008.

VIEGAS FILHO, J. S. A gestão de recursos hídricos e o papel das microbacias nesse contexto. 2004.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.

VINCY, M.V.; RAJAN, B.; PRADEEPKUMAR, A.P. Geographic information system–based morphometric characterization of sub-watersheds of Meenachil river basin, Kottayam district, Kerala, India. **Geocarto International**, n. 27, p. 661-684, 2012.

WILSON, J. P. **Digital terrain modeling. Geomorphology (online)**. 2012. 137p. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.03. A012>. Acesso: 23 de maio de 2022.