



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

WANDRÉ SADY ARAUJO DANTAS FILHO

**GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS
E AMBIENTAIS NA MESORREGIÃO DO SUDESTE PARAENSE**
MUNICÍPIO DE MARABÁ/PA

ANANINDEUA, PA

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

WANDRÉ SADY ARAUJO DANTAS FILHO

**GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS
E AMBIENTAIS NA MESORREGIÃO DO SUDESTE PARAENSE**
MUNICÍPIO DE MARABÁ/PA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, *Campus* Ananindeua.

Orientador: Prof. Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos

ANANINDEUA, PA

2023

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

S124g Sady, Wandré.
GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA DE
ESTUDOS HIDROLÓGICOS E AMBIENTAIS NA
MESORREGIÃO DO SUDESTE PARAENSE / Wandré
Sady. — 2023.
30 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Artur Santos
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de
Ananindeua, Curso de Geoprocessamento, Ananindeua,
2023.

1. Geoprocessamento. 2. Bacia Hidrográfica. 3. SIG.
4. Itacaiúnas. 5. Tapirapé. I. Título.

CDD 551.028

WANDRÉ SADY ARAUJO DANTAS FILHO

**GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS
E AMBIENTAIS NA MESORREGIÃO DO SUDESTE PARAENSE**
MUNICÍPIO DE MARABÁ/PA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, *Campus Ananindeua*.

Data de aprovação: xx/xx/xxxx

Conceito:

Ananindeua – PA

Orientador(a) – Presidente(a) da Banca Avaliadora

Instituição

Primeiro examinador

Instituição

Segundo Examinador

Instituição

Discente

Dedicatória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, a minha irmã Wanessa Alice, a minha avó Aparecida Reis e em especial a minha mãe, Paula Reis que sempre acreditou em mim e nunca mediu esforços para que essa etapa da vida se tornasse realidade, sempre com muito amor e carinho.

Agradeço aos meus finados avós Mario Ataíde e Luzia Araujo que foram essenciais na minha criação e suporte para a vida.

Agradeço ao meu orientador: Prof. Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos pelos ensinamentos compartilhados, contribuindo, com orientações, para minha formação acadêmica e pessoal.

Agradeço a todos os professores(a) do curso que contribuíram de alguma forma para a minha formação acadêmica.

Agradeço a Consultoria Norte Geo, empresa que me deu a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos na academia dentro do mercado de trabalho e ser fundamental na minha vida profissional.

Agradeço ao Me. geólogo Lucas Medeiros por ajudar na construção do meu trabalho de conclusão de curso.

Agradecimento especial para o Geólogo Antonio Neto e o Me. Geólogo Alexandre Castelo que me deram a chance de conhecer a consultoria e o mercado de trabalho, sendo essencial para a minha vida profissional, por me incluírem em projetos voltados a minha área de estudo e por acreditarem no meu potencial dentro da empresa.

"A cartografia é a linguagem universal, traduzindo a complexidade do mundo em linhas, cores e símbolos compreensíveis a todos." - Gilbert H. Grosvenor

RESUMO

O presente trabalho expõe a importância do geoprocessamento enquanto ferramenta para análise e estudos ambientais. O município de Marabá, localizado no leste do Estado do Pará, se encontra no contexto da Macrorregião Hidrográfica Tocantins-Araguaia (a segunda maior rede hidrográfica do Estado do Pará), Mesorregião do Baixo Tocantins e Microrregião delimitada pela Bacia do Itacaiúnas. O presente estudo justifica-se devido à integração de dados espaciais de fontes como Agência Nacional de Águas – ANA e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, que pode proporcionar uma visão mais abrangente e integrada das características da bacia hidrográfica, quanto a relação entre a sua dinâmica e seus processos hidrológicos. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi apresentar o resultado do geoprocessamento aplicado a estudos hidrológicos e ambientais, considerando interpolação e análise de dados geoespaciais, além da caracterização fisiográfica de bacias hidrográficas (Rio Itacaiúnas e Rio Tapirapé). O estudo foi realizado a partir de pesquisa em banco de dados livres e através das confecções cartográficas. A compilação de dados resultou na caracterização das bacias do Itacaiúnas e Tapirapé e suas respectivas redes hidrográficas. Estes resultados obtidos e as informações levantadas, mostraram-se condizentes com trabalhos realizados anteriormente, podendo servir como base, tanto para estudos ambientais básicos, quanto para estudos mais complexos, subsidiando as suas confecções. O sensoriamento remoto e as ferramentas de SIG, facilitam a identificação de possíveis impactos ambientais, permitindo tomar decisões mais precisas e cruciais para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Baixo Tocantins; Bacia Hidrográfica; SIG; Itacaiúnas; Tapirapé.

ABSTRACT

The present work explains that geoprocessing is an important analysis tool for environmental studies. In the municipality of Marabá, east of the state of Pará, in the framework of Hydrographic Region the study area is in the Microregion of Tocantins-Araguaia (the second largest hydrographical network of the State of Pará), Mesoregion Baixo Tocantins and Microregion delimited by the Basin of Itacaiúnas. The present study is based on the integration of spatial data from sources such as the National Water Agency – ANA and the Brazilian Institute of Geography and Statistics – IBGE, providing a more comprehensive and integrated view of the characteristics of the hydrographic basin as to the relationship between its dynamics and its hydrological processes. The aim is to present the result of the geoprocessing applied to hydrological and environmental studies, considering interpolation and analysis of geospatial data, as well as the physiographic characterization of hydrographic basins (Rio Itacaiúnas and Rio Tapirapé). The study was carried out from a methodology containing research in a free database and through the cartographic confections and data compilation resulted in the characterization of the basins of Itacaiúnas and Tapirapé and their respective hydrographic networks. The results obtained and the information raised have been consistent with the results of previous works, where the information can serve as a basis for both basic environmental studies and more complex studies, subsidizing the manufacture of the same. Remote sensing and GIS tools facilitate the identification of possible environmental impacts, this data combination enables more accurate and cross-cutting decisions for the sustainable management of water resources.

Keywords: Baixo Tocantins; Hydrographic Basin; GIS; Itacaiúnas; Tapirapé.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Mapa de Divisões Hidrográficas do Pará. 16
- Figura 2** - Mapa com a delimitação da Bacia do Rio Itacaiúnas, suas principais sub-bacias e rios, com destaque para a sub-bacia do rio Tapirapé onde se encontra área de estudo. 22
- Figura 3** - Mapa com a delimitação da sub-bacia do rio Tapirapé e sua respectiva malha hidrográfica onde se encontra área de estudo. 23
- Figura 4** - Estações Pluviométricas Identificadas nas Sub-bacias da Bacia do Rio Itacaiúnas. 25
- Figura 5** - Estações Fluviométricas Identificadas nas Sub-bacias da Bacia do Itacaiúnas. 26

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Regiões Hidrográficas do Estado do Pará.	20
Tabela 1 - Principais Características Fisiográficas da Sub-Bacia da Área de Estudo.	23
Tabela 2 - Estações pluviométricas oficiais em operação e desativadas na Bacia do Itacaiúnas.	24
Tabela 3 - Estações Fluviométricas Oficiais em Operação e Desativadas na Bacia do Itacaiúnas.	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

IBGE_ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SGB – Serviço Geológico do Brasil

UTM – Universal Transverso de Mercator

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

SIG – Sistema de informação geográfica

INMET – Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais

SEMAS – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade

SRTM - Shuttle Radar Topographic Mission

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos

QGIS - Quantum GIS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 APRESENTAÇÃO	14
1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	15
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 OBJETIVOS DO ESTUDO	17
1.5 ATIVIDADES E MÉTODOS ANALÍTICOS	17
1.5.1 Pesquisa em banco de dados livres	17
1.5.2 Confecção Cartográfica	17
1.5.2.1 <i>Definição da bacia de drenagem</i>	18
1.5.2.2 <i>Extração do modelo digital de elevação (MDE) da bacia</i>	19
1.5.2.3 <i>Extração da rede hidrográfica</i>	19
1.5.2.4 <i>Área e densidade de drenagem</i>	19
2 PRODUÇÕES CARTOGRÁFICAS PARA ANÁLISE HIDROLÓGICA	20
2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	20
2.1.1 Caracterização de sub-bacia hidrográfica	21
2.2 CONFECÇÕES CARTOGRÁFICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DE REGIME PLUVIOMÉTRICO E FLUVIOMÉTRICO	24
2.2.1 Identificação de Estações Pluviométricas	24
2.2.2 Identificação das Estações Fluviométricas Oficiais.	25
3 DISCUSSÃO	27
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Geoprocessamento é o conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. As atividades envolvendo o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos, mais comumente chamados de Sistemas de Informação Geográfica SIG (SPRING - DPI/INPE, 2006)

O geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de técnicas e métodos teóricos e computacionais relacionados com a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados, a fim de gerar novos dados e/ou informações espaciais ou georreferenciadas. É importante observar que informações georreferenciadas têm como característica principal o atributo de localização, ou seja, estão ligadas a uma posição específica do globo terrestre por meio de suas coordenadas (Zaidan, 2017).

Conforme Araújo (2017) o termo Geoprocessamento representa uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas e ferramentas computacionais, associadas a análise avançada de estruturas matemáticas, para o tratamento da informação geográfica. Sob esse aspecto, o geoprocessamento de dados vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Prospecção de Minérios, Análise de Recursos Naturais, Estudos Ambientais, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

No contexto do meio ambiente, o geoprocessamento é uma ferramenta de análise importantíssima para tomadas de decisões precisas, pois com sua facilidade de interpolar e manipular dados geoespaciais, os processos relacionados ficam mais visíveis aos olhos do pesquisador. (Zaidan, 2017)

Segundo Meyer (1948), a Hidrologia é a ciência natural que trata dos fenômenos relativos à água em todos os seus estados, da sua distribuição e ocorrência na atmosfera, na superfície terrestre e no solo, e da relação desses fenômenos com a vida e com as atividades do homem. Sua importância é facilmente compreensível quando se considera o papel e a importância da água na vida humana, de tal maneira que seu conhecimento é imprescindível a profissionais das mais variadas áreas de formação, com destaque para o engenheiro, o agrônomo, o

ecologista, o geógrafo e o geólogo. A correlação entre o progresso e o grau de utilização dos recursos hídricos evidencia também o importante papel da hidrologia na complementação dos conhecimentos necessários ao seu melhor aproveitamento.

1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Marabá encontra-se no leste do Estado do Pará, fazendo divisa com os estados do Maranhão e do Tocantins. O município está dentro da bacia do Rio Tocantins, entre o Rio Araguaia e sua foz, distante em torno de 560 km da capital do Estado, Belém. O município faz fronteira com os municípios de São Félix do Xingu, Novo Repartimento, Itupiranga, Nova Ipixuna, Rondon do Pará, Bom Jesus do Tocantins, São João do Araguaia, São Domingos do Araguaia, São Geraldo do Araguaia, Eldorado dos Carajás, Curionópolis e Parauapebas. O município de Marabá possui uma área de 15.128 km² e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 95 metros do nível do mar. Marabá apresenta uma população de 266.533 habitantes (IBGE, 2022).

No enquadramento de Região Hidrográfica, a área de estudo se encontra na Macrorregião de Tocantins-Araguaia, Mesorregião do Baixo Tocantins e Microrregião delimitada pela Bacia do Itacaiúnas, segundo IBGE e ANA (2021). A Figura 1 mostra um mapa com as Divisões Hidrográficas do Estado do Pará.

Figura 1 - Mapa de Divisões Hidrográficas do Pará.



Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas – ANA (2021).

A macrorregião do Tocantins-Araguaia, possui uma área aproximada de 938.8112 km² (11% do território nacional) e abrange os estados de Goiás (21%), Tocantins (30%), Pará (30%), Maranhão (4%), Mato Grosso (15%) e o Distrito Federal (0,1%). O rio atravessa áreas pertencentes à 470 municípios, dentre os quais se destacam: Belém (PA), Imperatriz (MA), Marabá (PA), Palmas (TO) e Araguaína (TO). (Adaptado de IBGE, 2022 e ANA, 2021)

A rede hidrográfica do Tocantins-Araguaia ocupa 23,82% da área do Estado do Pará e é constituída pelas bacias dos rios Tocantins e Araguaia, tendo como principais drenagens os rios de mesmo nome. A bacia do Rio Itacaiúnas, que é uma das microrregiões que compõe o Tocantins-Araguaia, está localizada no contexto da área de estudo, tendo como rio principal o Itacaiúnas, que deságua no rio Tocantins. Seu principal afluente é o rio Parauapebas e seus maiores tributários são os rios Vermelho, Tapirapé, Cinzento, Cateté, Aquiri, Sororo e Preto. (Adaptado de IBGE, 2022 e ANA, 2021)

1.3 JUSTIFICATIVA

O geoprocessamento desempenha um papel fundamental em estudos hidrológicos, oferecendo ferramentas e técnicas que aprimoram a análise, coleta e interpretação de dados relacionados à água. O presente estudo justifica-se a partir da integração de dados espaciais de fontes como Agência Nacional de Águas – ANA e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, proporcionando uma visão mais abrangente e integrada das características da bacia hidrográfica quanto a relação entre a sua dinâmica e seus processos hidrológicos. Além de complementar dados de outros estudos já feitos na área.

1.4 OBJETIVOS DO ESTUDO

Este trabalho tem como objetivo apresentar o resultado do geoprocessamento aplicado a estudos hidrológicos e ambientais, considerando a integração e análise de dados geoespaciais, além da caracterização fisiográfica de bacias hidrográficas (Rio Itacaiúnas e Rio Tapirapé).

1.5 ATIVIDADES E MÉTODOS ANALÍTICOS

1.5.1 Pesquisa em banco de dados livres

Para que o geoprocessamento sirva de auxílio em estudos hidrológicos, têm-se a necessidade da compilação de dados com objetivo de permitir a adequada caracterização do regime hidrológico dos cursos d'água na região de interesse. Estas informações incluem dados geoespaciais das estações de monitoramento (pluviométricas e fluviométricas). Neste trabalho, recorreu-se à dados obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA), ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS/PA).

A partir das informações levantadas, foram confeccionadas representações cartográficas e tabelas para a melhor visualização e organização dos dados, que podem vir a auxiliar em estudos hídricos, como: comportamento das variáveis pluviométricas e fluviométricas ao longo do tempo e realização do balanço hídrico simplificado da bacia que compõe a área mencionada.

1.5.2 Confeção Cartográfica

A criação dos produtos cartográficos foi feita a partir de informações baixadas em banco de dados livres para o acesso público. Os resultados obtidos foram elaborados no *software* de Sistema de Informação Geográfica - SIG, QGIS 3.22.7, seguindo os padrões cartográficos fundamentais para a confecção dos mapas: título, escala, legenda, orientação e projeções cartográficas. O complemento *Quick Map Service*, permitiu a obtenção de imagens recentes do Google Earth Pro. Estas imagens possibilitaram a comparação dos dados para confirmar a veracidade dos arquivos *shapefile* utilizados na confecção cartográfica.

A utilização de bancos de dados geográficos, em ambiente computacional dos sistemas de informações geográficas (SIG), os quais, segundo Burrough (1989), são fragmentados em cinco módulos, em que cada módulo funciona de forma estrutural e é um subsistema que permite as operações de entrada e verificação de dados; armazenamento e gerenciamento de banco de dados, apresentação e saída de dados, transformação de dados e interação com o usuário.

Esses sistemas se diferenciam de outros tipos de sistemas de informação pelas funções que realizam no contexto da análise espacial. Tais funções utilizam os atributos espaciais e não espaciais das entidades gráficas armazenadas no banco de dados e fazem simulações (modelos) sobre os fenômenos do mundo real, seus aspectos ou parâmetros (Câmara e Medeiros, 2003)

Os produtos vetoriais foram georreferenciados tendo como base duas projeções cartográficas para a área de estudo, a projeção em graus, minutos e segundos e a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM). Os vetores e arquivos obtidos como dados secundários foram modificados no *software* para uma melhor visualização e entendimento da situação proposta, as modificações foram feitas apenas nas simbologias e não alteram os dados originais que foram obtidos.

1.5.2.1 Definição da bacia de drenagem

A definição da bacia principal foi realizada com base na avaliação de banco de dados livres e análise de toda a malha hidrográfica associada ao rio Itacaiúnas como rio principal e seus afluentes (Rio Tapirapé), sempre considerando os critérios de tratamento topológico da rede hidrográfica e codificação de *Otto Pfafstetter*.

1.5.2.2 Extração do modelo digital de elevação (MDE) da bacia

Utilizando o banco de dados geomorfológicos do Brasil (Projeto TOPODATA) obteve-se o modelo digital de elevação SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), produzido originalmente através de derivações locais básicas e cobertura nacional, ora elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos - USGS.

O MDE produzido pelo procedimento com SRTM frequentemente possui interferências que se resultam na ocorrência de depressões espúrias, que por sua vez produzem dados de altitudes negativos ou simplesmente inexistentes, de forma que se faz necessário a correção destes erros para a melhor e mais precisa utilização do modelo. (Topodata INPE, 2023)

1.5.2.3 Extração da rede hidrográfica

A partir das bacias geradas, pôde-se evidenciar por análise visual toda a rede de drenagem associada a ela e extraí-la a partir do uso da ferramenta “Recortar” sobre os arquivos *shapefile* das tipologias linha e polígono, representativos da malha hidrográfica gerada a partir do Modelo Digital de Elevação.

1.5.2.4 Área e densidade de drenagem

A área de drenagem foi obtida de forma automática através de consulta à calculadora de campo para medição do polígono referente ao *shapefile* da bacia. Para o cálculo do parâmetro densidade de drenagem utilizou-se o valor da área de drenagem e operações de geoprocessamento sobre as bases vetoriais de drenagem da bacia extraídas anteriormente. O cálculo da densidade de drenagem foi obtido a partir da conjugação das informações: área de drenagem e comprimento total dos canais por meio da relação: (CHRISTOFOLETTI, A. 1981)

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

Dd = densidade de drenagem;

Lt = comprimento total da drenagem;

At = área total da bacia.

2 RESULTADOS OBTIDOS

2.1 DESCRIÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

O Quadro 1 mostra a Divisão Hidrográfica no estado do Pará, com destaque para a região hidrográfica de estudo.

A bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas compreende os espaços, urbano e rural, de 11 (onze) municípios do estado do Pará (Marabá, Parauapebas, Curionópolis, Canaã dos Carajás, Água Azul do Norte, Eldorado dos Carajás, São Geraldo do Araguaia, Piçarra, Ourilândia do Norte, Xinguara e Sapucaia), os quais perfazem uma área de drenagem de 41.333,71 km² e 1.782,13 km² de perímetro. (Da Silva *et. al.*, 2022).

Quadro 1 - Regiões Hidrográficas do Estado do Pará.

DIVISÃO HIDROGRÁFICA DO ESTADO DO PARÁ						
REGIÕES HIDROGRÁFICAS		ÁREA DAS MESO-REGIÕES HIDROGRÁFICAS NO ESTADO DO PARÁ		MICRO-REGIÕES HIDROGRÁFICAS	ÁREA DAS MICRO-REGIÕES HIDROGRÁFICAS NO ESTADO DO PARÁ	
MACRO	MESO	Km ²	%		Km ²	%
TOCANTINS - ARAGUAIA	ALTO TOCANTINS	860,25	0,07	Médio Tocantins	806,25	0,07
	BAIXO TOCANTINS	244.266,98	19,66	Marajó Sul	22.611,74	1,82
				Pará	62.485,56	5,04
				Acará/Guamá	84.762,97	6,83
				Baixo Tocantins	33.463	2,70
	ARAGUAIA	50.803	4,09	Itacaiúnas	41.333,71	3,33
ATLANTICO NORDESTE OCIDENTAL	GURUPI	39.286,37	3,16	Baixo Araguaia	50.680,01	4,09
				Gurupi	19.230,38	1,55
AMAZÔNICA	FOZ DO AMAZONAS	46.031,553	3,71	Piriá/Maracanã	20.056,01	1,62
				Marajó Norte	44.835,8	3,62
	PARU/JARI	96.566,514	7,77	Jari	29.746,52	2,40
				Parú	40.098,27	3,23
				Maicuru	26.721,71	2,15
		173.324,69	13,95	Trombetas	86.301,66	6,95

	TROMBETAS/ UATUMÃ	213.510,61	17,19	Erepecuru	40.913,11	3,30
				Curuá	31.411,68	2,53
				Nhamunda	13.962,68	1,13
				Jatapu	735,46	0,06
				Baixo Tapajós	43.080,230	3,47
				Alto Tapajós	54.430,99	4,39
	TAPAJÓS			Jamanxim	57.389,49	4,63
				Tupinambarana	25.517,30	2,06
				Baixo Teles Pires	32.092,45	2,59
				Baixo Juruena	0,2	0,01
				Curuá-Una	45.274,62	3,65
				Baixo Xingu	65.181,72	5,26
	XINGU			Médio Xingu	103.143,76	8,32
				Alto Xingu	29.551,22	6,38
				Iriri	134.423,76	10,84

Fonte: Adaptado de IBGE e ANA (2021).

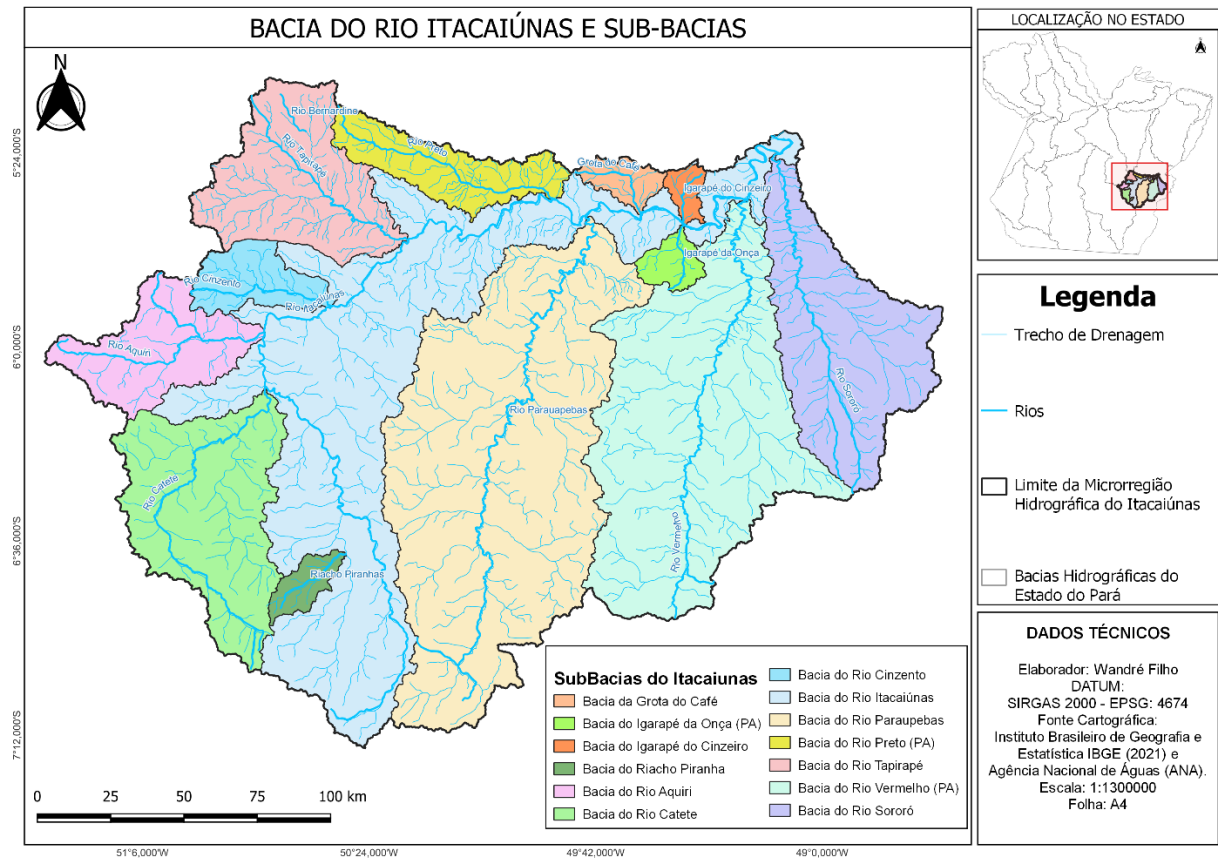
2.1.1 Caracterização de sub-bacia hidrográfica

A região em estudo está localizada no Município de Marabá, no sudeste paraense. A área está inserida na bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas e sub-bacia do Tapirapé, nesta última está localizada a área de interesse do trabalho em questão. As demais sub-bacias hidrográficas que compõe a Bacia do Itacaiúnas (Aquiri, Cateté, Cinzento, Parauapebas, Preto, Vermelho, Sororó e Itacaiúnas), são também de interesse para o monitoramento hidrológico oficial do presente estudo, pois dada a baixa densidade de pontos de monitoramento hidrológico existentes no Brasil, a utilização de informações das sub-bacias vizinhas será importante para avaliação da consistência dos dados existentes na sub-bacia de interesse.

A bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas é um curso de água que nasce na Serra da Seringa no município de Água Azul do Norte, estado do Pará, sendo a sua foz situada na cidade de Marabá, na margem esquerda do rio Tocantins (Silva, 2021). A bacia do Itacaiúnas tem sua rede hidrográfica fortemente condicionada pela estruturação geológica, possuindo grande variação, entre 700 a 850 metros, acima do nível médio do mar. O fluxo hídrico na bacia tem relação com o regime de chuvas ocorrente na região.

No presente estudo, foram avaliadas as características fisiográficas principais da sub-bacia do rio Tapirapé, onde localiza-se a região de interesse do estudo, conforme apresentado na Figura 2

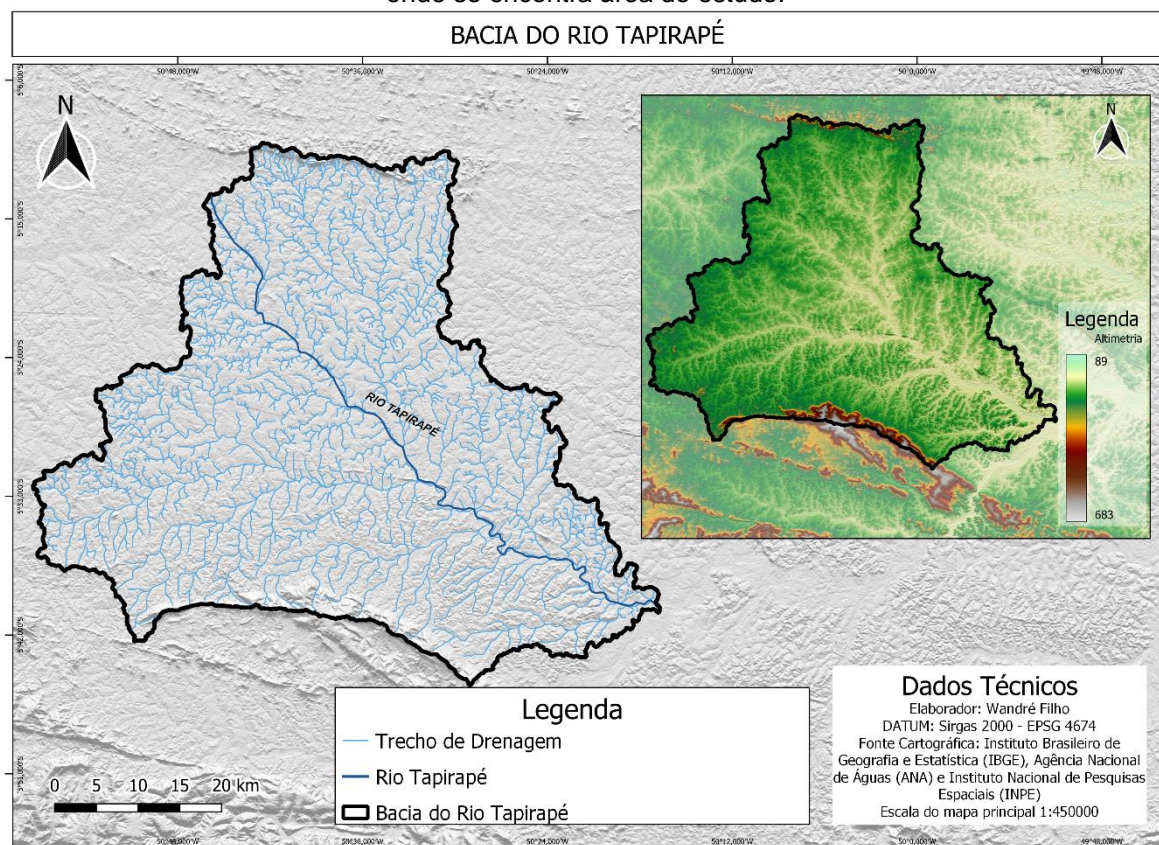
Figura 2 - Mapa com a delimitação da Bacia do Rio Itacaiúnas, suas principais sub-bacias e rios, com destaque para a sub-bacia do rio Tapirapé onde se encontra área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O curso do rio Tapirapé corre em direção Norte-Sul. Os afluentes da margem direita são: rio Salobra, rio Salobrinha e rio Tapiraré. Pela margem esquerda o principal efluente é o rio Bernardino (figura 3). Os parâmetros físicos utilizados para análise da sub-bacia do Rio Tapirapé em estudo são apresentados na Tabela 1, bem como seus valores numéricos definidos para as principais características fisiográficas de interesse para o presente estudo. Tais dados foram extraídos da base cartográfica oficial disponível e utilizada para os estudos, em escala compatível com o nível de precisão exigido para trabalhos desta natureza.

Figura 3 - Mapa com a delimitação da sub-bacia do rio Tapirapé e sua respectiva malha hidrográfica onde se encontra área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 1 - Principais Características Fisiográficas da Sub-Bacia da Área de Estudo.

Características	Símbolo	Unidade	Sub-bacia em Estudo
			Rio Tapirapé
Área de drenagem da bacia de interesse	AD	km ²	2671
Perímetro da bacia de interesse	P	km	333
Maior elevação do curso d'água (nascente)	H _{MAX}	m	242
Menor elevação do curso d'água (foz)	H _{MIN}	m	146
Desnível natural total	H	m	96
Comprimento do curso d'água principal	L _{PRINC}	km	90,5
Comprimento total dos cursos d'água afluentes	L _{AFL}	km	2644
Declividade do curso d'água	S	m/km	1,06
Densidade de drenagem	Dd	km/km ²	0,990
Coeficiente de compacidade	Kc	-	1,804
Fator de forma	Kf	-	0,326
Tempo de concentração	tc	h	9

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 CONFECÇÕES CARTOGRÁFICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DE REGIME PLUVIOMÉTRICO E FLUVIOMÉTRICO

2.2.1 Identificação de Estações Pluviométricas

Dentro da bacia do Itacaiúnas puderam ser identificadas 11 estações pluviométricas, sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A (Eletronorte), com dados disponibilizados nos portais *Hidroweb – ANA*, *Hidroweb Mobile – ANA*, *Dados Abertos – ANA* e *Dados Históricos – INMET*.

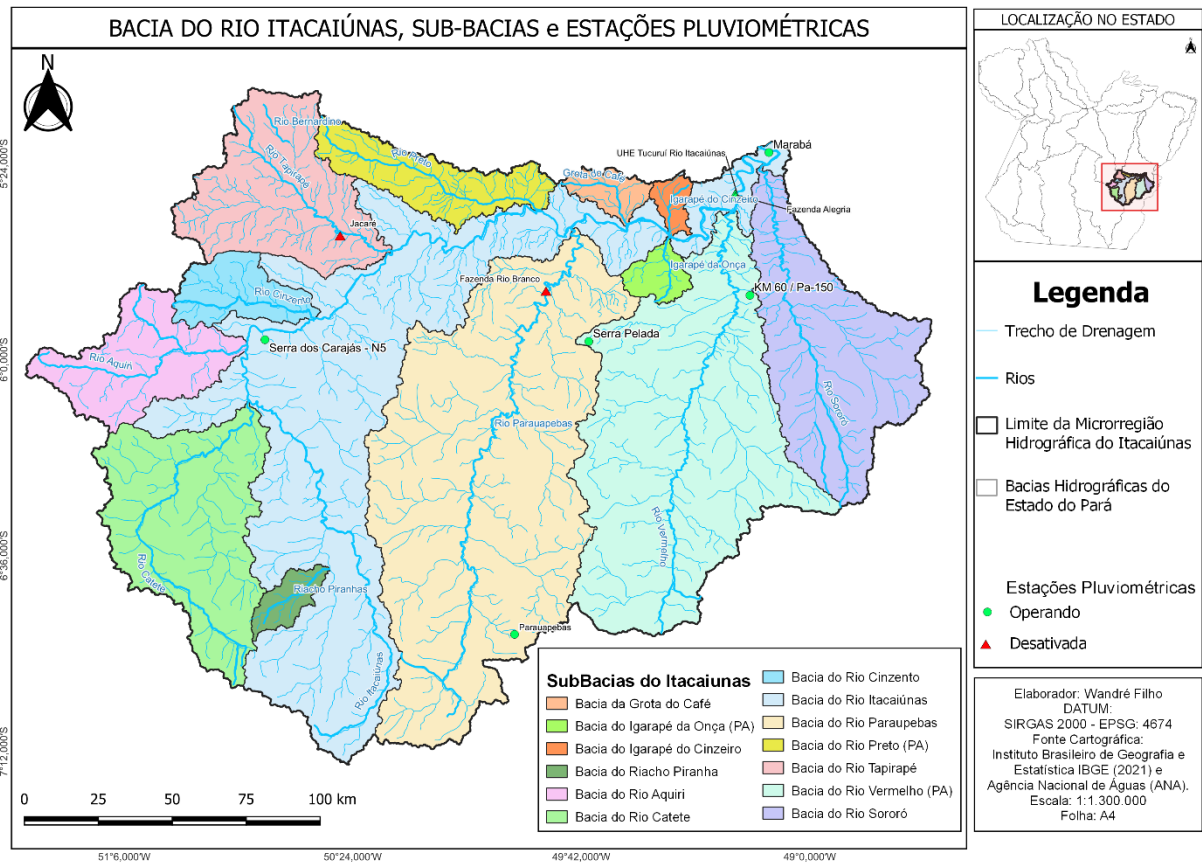
A Tabela 2 apresenta dados básicos das estações pluviométricas oficiais acima citadas, enquanto a Figura 4 mostra a localização das mesmas em relação a área de estudo.

Tabela 2 - Estações pluviométricas oficiais em operação e desativadas na Bacia do Itacaiúnas.

Código	Nome	Município	Latitude	Longitude	Status da Estação	Entidade Operadora	Entidade Responsável
00549011	Fazenda Alegria	Marabá	5° 29' 48"	49° 13' 22"	Operando	CPRM	ANA
00549002	Marabá	Marabá	5° 21' 56"	49° 7' 30"	Operando	INMET	INMET
29080000	Fazenda Rio Branco	Marabá	5° 47' 1"	49° 48' 1"	Desativada	ANA	ANA
00549004	Serra Pelada	Marabá	5° 56' 4"	49° 40' 36"	Operando	CPRM	ANA
00549007	KM 60 / PA-150	Marabá	5° 48' 11"	49° 10' 59"	Operando	CPRM	ANA
00549022	UHE Tucuruí Rio Itacaiúnas	Marabá	5° 29' 18"	49° 13' 23"	Operando	Eletronorte	Eletronorte
29065000	Jacaré	Marabá	5° 37' 00"	50° 26' 00"	Desativada	ANA	ANA
00650002	Serra dos Carajás - N5	Parauapebas	5° 56' 2"	50° 4' 8"	Operando	ANA	ANA
00649004	Parauapebas	Parauapebas	6° 5' 29"	49° 54' 15"	Operando	CPRM	ANA

Fonte: Dados Abertos – ANA (2023), Hidroweb - ANA (2023) e Dados Históricos – INMET (2023).

Figura 4 - Estações Pluviométricas Identificadas nas Sub-bacias da Bacia do Rio Itacaiúnas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando a Sub-bacia do Rio Tapirapé, como parte da área de estudo e possível alvo de estudos ambientais, a estação pluviométrica 29065000 (Jacaré), seria a mais adequada para aquisição de dados referentes a pluviometria da sub-bacia, por ser a mais próxima da área de estudo e instalada no próprio rio Tapirapé. Contudo, encontra-se desativada e não há nenhum dado disponível na plataforma da ANA que possa ser utilizado. Neste caso, opta-se então pela utilização dos dados pluviométricos de estações mais próximas e que sirvam como referência e atendam a necessidade da aquisição de dados, como a estação 00549002 (Marabá).

2.2.2 Identificação das Estações Fluviométricas Oficiais.

Na bacia do Itacaiúnas há diversas estações fluviométricas dispostas no rio Itacaiúnas e em seus principais afluentes. Sete dessas estações, que poderiam ser utilizadas na análise da área de estudo, estão listadas na Tabela 3

A estação fluviométrica 29065000 (Jacaré) seria a principal fonte de dados para análise da sub-bacia do rio Tapirapé, onde fica localizada a área estudada, porém no portal Hidroweb e HidroWeb Mobile não há dados disponíveis para esta estação. Os

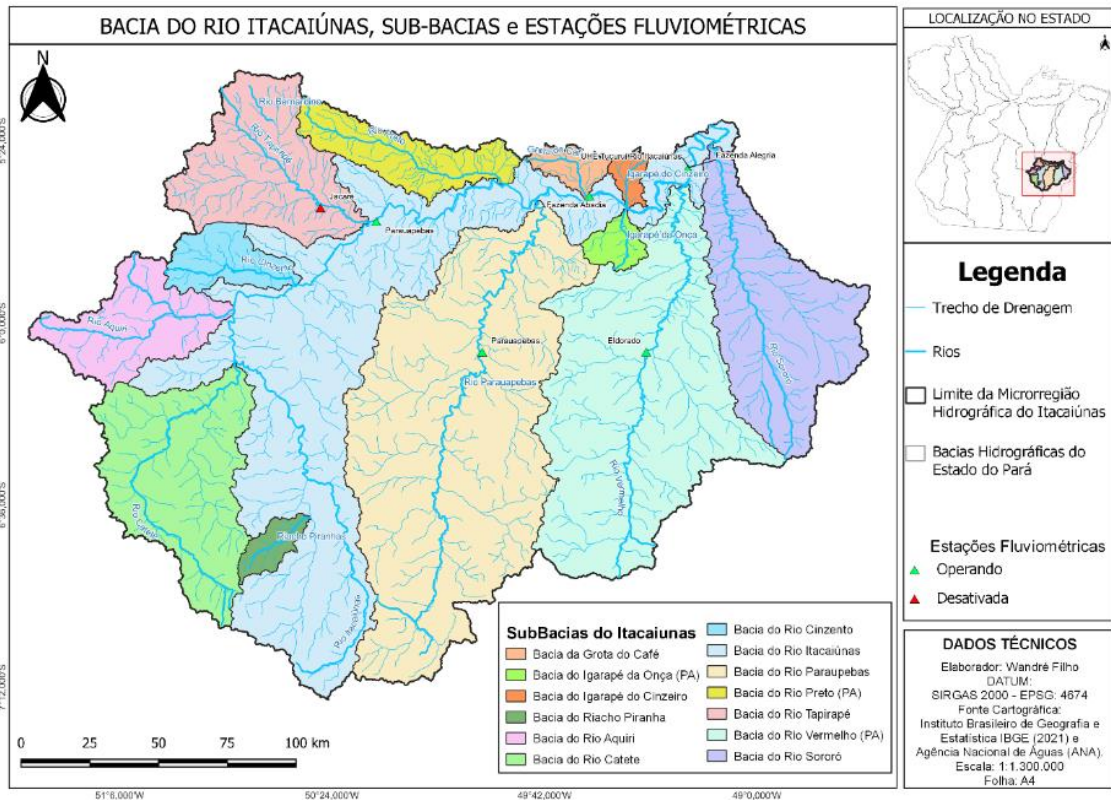
dados das estações 29110000, 29090000, 29063500, 29070100 e 29071100, não estão indisponíveis ou são estações que não tem influência do rio Tapirapé, portanto, suas utilizações tornam-se inviáveis em caso de utilização para estudos ambientais. Das estações selecionadas apenas a 29100000 possui dados disponíveis para análise. A Figura 5 mostra as estações fluviométricas próximas ao local de estudo (Sub-Bacia do Rio Tapirapé).

Tabela 3 - Estações Fluviométricas Oficiais em Operação e Desativadas na Bacia do Itacaiúnas.

Código	Nome	Curso D'água	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (km ²)	Status da Estação	Entidade Operadora	Entidade Responsável
29100000	Fazenda Alegria	Rio Itacaiúnas	5° 29' 12"	49° 13' 17"	37.500	Operando	CPRM	ANA
29110000	UHE Tucuruí Rio Itacaiúnas	Rio Itacaiúnas	5° 29' 18"	49° 13' 23"	37.500	Operando	Eletronorte	Eletronorte
29090000	Parauapebas	Rio Itacaiúnas	5° 39' 42"	50° 14' 57"	37.500	Operando	SEMAS-PA	SEMAS-PA
29063500	Fazenda Abadia	Rio Itacaiúnas	5° 34' 39"	49° 32' 49"	37.500	Operando	VALE-ITV	VALE-ITV
29070100	Parauapebas	Rio Parauapebas	6° 5' 29"	49° 54' 15"	6.850	Operando	CPRM	ANA
29071100	Eldorado	Rio Vermelho	6° 5' 26"	49° 21' 33"	7.003	Operando	VALE-ITV	VALE-ITV
29065000	Jacaré	Rio Tapirapé	5° 37' 0"	50° 25' 59"	2.260	Desativada	ANA	ANA

Fonte: Dados Abertos – ANA, 2023 e Hidroweb - ANA, 2023.

Figura 5 - Estações Fluviométricas Identificadas nas Sub-bacias da Bacia do Itacaiúnas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3 DISCUSSÃO

Através das bases cartográficas da ANA, o geoprocessamento serviu como ferramenta de análise e caracterização das divisões hidrográficas do Estado do Pará. Este contexto para estudos ambientais é de suma importância, já que ocorre um levantamento prévio de informações hidrográficas da área de interesse. Dentre as 3 (três) macrorregiões do Estado do Pará, a área está inserida na macrorregião hidrográfica Tocantins-Araguaia e na mesorregião hidrográfica do Baixo Tocantins.

A delimitação da Bacia do Rio Itacaiúnas e suas respectivas sub-bacias, permitiram fazer uma análise geoespacial, levantando dados metrificados da bacia de interesse. A análise permitiu visualizar que a microrregião hidrográfica do Itacaiúnas, é a 3º (terceira) maior em extensão dentro da mesorregião do Baixo Tocantins e a 4º (quarta) maior dentro da macrorregião Tocantins-Araguaia.

O estudo permitiu ainda a identificação de 13 (treze) sub-bacias dentro da bacia do Rio Itacaiúnas, onde a área escolhida para a seguinte análise geoespacial foi a Sub-bacia do Rio Tapirapé. Com a falta de informações da área escolheu-se a mesma para acrescentar dados para esse e futuro estudos da região citada.

Considerando a escala de análise da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas de 1:300.000, os resultados obtidos e as informações levantadas, mostraram-se condizentes aos apresentados por Silva (2021). No referido estudo, também foi possível acessar os bancos de dados disponibilizados pelos órgãos públicos especializadas em levantamento ambiental, com informações que servem como base tanto para estudos ambientais básicos, quanto para estudos mais complexos, subsidiando a caracterização da bacia e resultando em dados, produtos cartográficos, tabelas e gráficos.

Para a análise das séries de precipitação, tem-se a necessidade da etapa de consistência de dados pluviométricos, a qual busca sugerir dentre as estações no entorno da área em estudo, aquela que melhor represente o regime pluviométrico regional. Porém, como já mencionado anteriormente, não há dados pluviométricos na bacia do Rio Tapirapé, e os demais dados disponíveis da bacia do rio Itacaiúnas, onde o rio Tapirapé deságua, são escassos, incompletos ou não estão disponíveis na base de dados da ANA.

Assim como Silva (2021), o banco de dados livres da CPRM-ANA se mostrou eficaz no auxílio da localização das estações pluviométricas e fluviométricas de referência. Além disso, a plataforma apresenta dados históricos confiáveis para levantamentos, quanto ao clima e caracterização fluvial dos rios que perfazem a região de estudo.

Analisando os dados pluviométricos e/ou fluviométricos foi detectado a ausência de dados disponíveis para a estação que cobre a bacia do Rio Tapirapé, sendo utilizada outra estação às proximidades, como a da Fazenda Alegria (29100000), que tem como entidade responsável a Agência Nacional de Águas e como entidade operadora a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais CPRM.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O geoprocessamento como ferramenta de análise ambiental mostrou-se fundamental para entender a hidrografia da área de estudo e as suas principais características. É válido frisar a importância das técnicas de geoprocessamento aplicadas ao tratamento em Sistema de Informações Geográficas (SIG), que junto com as demais ferramentas de geotecnologias, possibilitaram a elaboração e interpretação dos dados, oferecendo uma abordagem detalhada para compreender a complexidade dos sistemas hidrográficos. O sensoriamento remoto e as ferramentas do SIG facilitam a identificação de possíveis impactos ambientais, essa junção de dados permite tomar decisões mais precisas e cruciais para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

Desta forma, o presente trabalho identificou regiões hidrográficas, bacias e sub-bacias da região, bem como levantou informações e características das mesmas, haja vista que através da análise crítica da área, identificou-se carência da compilação de dados hidrográficos e respectivas confecções cartográficas. O estudo teve como principal ferramenta a criação de mapas temáticos, por meio de técnicas de geoprocessamento, para compilação no *software* QGIS com os dados públicos fornecidos por fontes confiáveis como já citado anteriormente.

Portanto, a presente pesquisa também apresenta ferramentas teórica e metodológica, que possibilitam maior levantamento de dados hidrográficos sobre a região de estudo, servindo de embasamento teórico e cartográfico para quaisquer estudos ambientais que venham a ser realizados na Bacia do Rio Itacaiúnas e Sub-bacia do Rio Tapirapé, concedendo maior veracidade aos produtos técnicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas| Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (SNIRH)| HIDROWEB. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/download>>. Acesso em: AGO. 2023.

ARAÚJO, Marcelo Henrique Siqueira de. Fundamentos de Geoprocessamento aplicados à Mineração. 2017. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, Cruz das Almas, BA, 2017.

BURROUGH, P.A. Principles of geographical information systems for land resources assessment Oxford: Clarendon. 1989.

Da Silva, R. C. F., Alan, M. A. D. S. P., & Araújo, N. 2022. Caracterização Morfométrica e Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiunas (BHRI), Amazônia Oriental, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. DE. Operações de análise geográfica. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. Sistema de informações geográficas Brasília: EMBRAPA 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. 1981. A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem. Not. Geomorfológica, v. 21, n. 42, p. 3-22.

IBGE/ANA. 2021. Mapa da Divisão Hidrográfica Nacional.

Mapa Índice TOPODATA. Disponível em: <<https://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: JUL.2023.

Marabá (PA) | Cidades e Estados | Censo 2022 | IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/maraba.html>>. Acesso em: AGO.2023.

MEYER. A.F. The elements of hydrology. Nova Iorque, John Wiley and Sons, 2. Ed., 6. Imp., 1948.

PARÁ (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Base Hidrográfica Ottocodificada do Estado do Pará, Escala 1:25.000. Belém, 2019.

Silva, R. C. F. 2021. Análise da bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas (BHRI): subsídio ao planejamento ambiental. Dissertação (Mestrado). Belém, UFPA.

SPRING - DPI/INPE, Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas. 1991-2006.

ZAIDAN, R.T. Geoprocessamento Conceitos e Definições. 2017.

