



B1

ISSN: 2595-1661

ARTIGO ORIGINAL

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](#)

Revista JRG de Estudos Acadêmicos

Página da revista:

<https://revistajrg.com/index.php/jrg>

ISSN: 2595-1661

Revista JRG de Estudos Acadêmicos

Identificação e Caracterização Morfométrica de Nascentes no Município de Alagoinha, Paraíba, com Uso de Geotecnologias

Identification and Morphometric Characterization of Springs in the City of Alagoinha, Paraíba, Using Geotechnologies



DOI: 10.55892/jrg.v7i14.1258
ARK: 57118/JRG.v7i14.1258

Recebido: 20/04/2024 | Aceito: 26/06/2024 | Publicado on-line: 27/06/2024

Felipe dos Santos Silva Diniz¹

<https://orcid.org/0009-0002-9995-6848>

<http://lattes.cnpq.br/2675981938811796>

Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil

E-mail: felipediniz.agro@yahoo.com

Bruno Santana da Silva⁴

<https://orcid.org/0009-0006-1096-151X>

<https://lattes.cnpq.br/7804492214252011>

Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil

E-mail: agro.bruno.fruit@gmail.com

Guttemberg da Silva Silvino²

<https://orcid.org/0000-0002-9199-2732>

<http://lattes.cnpq.br/7469382161768585>

Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil

E-mail: guttemberg.silvino@gmail.com

Charlys Seixas Maia Dornelas⁵

<https://orcid.org/0000-0002-3580-9593>

<https://lattes.cnpq.br/0148614417148409>

Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil

E-mail: csmdornelas@hotmail.com

Witoria de Oliveira Araujo³

<https://orcid.org/0000-0002-7676-2648>

<http://lattes.cnpq.br/6196668683574461>

Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil

E-mail: witoria.agronoma@gmail.com

José Vinícius Tavares de Santana⁶

<https://orcid.org/0009-0000-7616-689X>

<http://lattes.cnpq.br/7009640221145885>

Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil

E-mail: josevinciusts14@gmail.com

Resumo

O Geoprocessamento tem se mostrado uma ferramenta primordial no estudo dos recursos naturais, principalmente nas bacias hidrográficas. O presente estudo teve por objetivo a utilização de Geotecnologias para realizar a caracterização morfométrica das microbacias inseridas no município de Alagoinha-PB, bem como identificar os pontos de nascentes a fim de avaliar as condições em que esses ambientes se encontram. Os dados foram obtidos por meio do SIG - Sistema de Informação Geográfica, a partir do Software livre QGIS versão 3.14 e com uso do MDEs - Modelos Digitais de Elevação das imagens do Sensor SRTM de resolução espacial de 30m e do Sensor ALOS PALSAR de resolução espacial de 12,5m. Foram geradas para a área de estudo: as microbacias hidrográficas, a rede de drenagem e as junções representativas das nascentes. Dos resultados obtidos foi possível verificar que as microbacias estudadas apresentaram, em sua maioria, formato alongado, tendo boa densidade de drenagem, uma densidade hidrográfica mediana, com cotas

¹ Graduado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba.

² Graduado em Engenharia Civil. Mestre em Engenharia Agrícola, Doutor em Recursos Naturais.

³ Graduada em Agronomia; Mestranda em Ciências do Solo pela Universidade Federal da Paraíba.

⁴ Graduando em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba.

⁵ Graduado em Medicina Veterinária. Mestre em Zootecnia, Doutor em Agronomia.

⁶ Graduando em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba.

altimétricas variadas e são compostas por rios principais retos até rios muito sinuosos. Das nascentes inseridas no município, sete (07) foram selecionadas para visitas in loco, no sentido de validação e verificação dos aspectos ambientais. O uso do SIG e das Imagens SRTM e ALOS PALSAR se mostraram como ferramentas fundamentais na geração dos resultados para área de estudo, podendo auxiliar na tomada de decisão pelos órgãos gestores, para a manutenção e preservação das microbacias em outros municípios.

Palavras-chave: hidrologia; recursos hídricos; geoprocessamento; morfometria; nascentes

Abstract

Geoprocessing has proven to be a fundamental tool in the study of natural resources, especially in river basins. The objective of the present study was to use Geotechnology to carry out the morphometric characterization of the micro-basins located in the municipality of AlagoinhaPB, as well as to identify the points of springs to evaluate the conditions in which these environments are found. The data were obtained through the GIS - Geographic Information System, using the free software QGIS version 3.14 and using MDEs - Digital Elevation Models of images from the SRTM Sensor with a spatial resolution of 30m and the ALOS PALSAR Sensor with a spatial resolution of space of 12.5m. The following were generated for the study area: the hydrographic micro-basins, the drainage network and the junctions representing the springs. From the results obtained, it was possible to verify that the micro-basins studied had, for the most part, an elongated shape, having good drainage density, a medium hydrographic density, with varying elevations and are composed of straight main rivers to very sinuous rivers. Of the springs located in the municipality, seven (07) were selected for on-site visits, in order to validate and verify environmental aspects. The use of GIS and SRTM and ALOS PALSAR Images proved to be fundamental tools in generating results for the study area and can assist in decision-making by management bodies for the maintenance and preservation of micro-basins in other municipalities.

Keywords: hydrology; water resources; geoprocessing; morphometry; springs

1. Introdução

As geotecnologias têm sido um importante meio de mapeamento dos recursos naturais presentes nas mais diversas localidades. Entretanto o uso exaustivo desses recursos naturais ocasiona efeitos negativos a qualidade de vida, a fauna e a flora, entre outros recursos, que diminuem gradativamente a cada dia. Foi por meio das geotecnologias, com o auxílio do sensoriamento remoto, que se tornou possível o perfeito conhecimento de alguns recursos naturais, representados pelo solo, pela vegetação e pela água, que é o recurso primordial para a manutenção da vida. Isso possibilitou uma melhoria do potencial de uso das terras para que a sua exploração ocorra de maneira sustentável (FRANCISCO et al., 2018).

O ciclo hidrológico, em sua representatividade global, é caracterizado como um sistema fechado em que a quantidade de água existente é constante, sendo diferente apenas na forma física em que está presente no planeta (sólida, líquida ou gasosa) (JÚNIOR, 2022). A qualidade da água segundo Boretti e Rosa (2019), é uma grande problemática no mundo de hoje com uma população acima de 7,0 bilhões de pessoas e que continua crescendo a cada ano que passa, isso ocorre principalmente

pela incapacidade da população de resguardar um acesso sustentável a quantidades de água de qualidade adequada.

De acordo com Telles e Costa (2010), “Os mananciais mais acessíveis utilizados para as atividades sociais e econômicas da humanidade são os volumes de água estocados nos rios e lagos de água doce”. Porém, visto que os mananciais de superfície possuem limitações em seu uso e disponibilidade, as águas subterrâneas serão, ou já estão sendo encarregadas de fornecer água para o abastecimento da população quando necessárias (JÚNIOR e BORANGA, 2003).

Com o rápido deterioramento ambiental, devido a ação antrópica como o desflorestamento ilegal para a implantação de atividades agrícolas e pecuárias, deposição de dejetos industriais no meio ambiente, entre outros, diversos problemas ambientais relacionados a questões hidro morfológicas vêm ocorrendo nas áreas de influência de bacias hidrográficas. Essa degradação ambiental ocasiona problemas como o aumento da perda do solo pela erosão, inundações e secas severas, modificando assim o ambiente da bacia hidrográfica (GHOSH e GOPE, 2021).

Segundo Raiol et al., (2022) as bacias hidrográficas, “são partes cruciais da geografia ambiental, elas podem indicar ou definir áreas para gestão de recursos hídricos”. Sendo assim, todas as informações das características da bacia hidrográfica são de elevada importância para que ocorra um controle e um monitoramento adequado acerca desses recursos hídricos.

O sensoriamento remoto por meio de SIG's têm a capacidade de obter uma visão abrangente de extensas áreas de uma só vez (RUDRAIAH et al., 2008), a sua utilização para análises dos parâmetros morfométricos são essenciais para a compreensão sobre as dinâmicas existentes na bacia, norteadas pelas características físicas geológicas, de relevo e de drenagem (CAIXETA et al., 2023). Além disso, como as nascentes são fontes primordiais de água, elas devem ser preservadas para que a sua quantidade seja mantida. Essa preservação se dá por diversas maneiras, sendo uma delas a manutenção da vegetação no seu entorno auxiliando nos processos de movimentação da água, como a infiltração e a percolação (TEIXEIRA e RIZZATTI, 2022).

Levando em consideração essas problemáticas acerca da degradação ambiental dos recursos hídricos, este trabalho teve por objetivo a utilização de geotecnologias para realizar a caracterização morfométrica das microbacias atuantes no município de Alagoinha-PB, além de através de coordenadas, localizar nascentes inseridas a fim de avaliar as condições em que esses recursos se encontram.

2. Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido nas dependências do Laboratório de Topografia e Geoprocessamento (LabTGeo) situado no Laboratório de Solos e Engenharia Rural (DSER) do Centro de Ciências Agrárias (CCA), pertencente a Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia, Paraíba, Brasil.

2.1 Obtenção dos Dados

Os dados necessários para a elaboração das informações foram obtidos através de bancos de dados localizados em endereços eletrônicos na internet. Os arquivos matriciais com resolução espacial de 30,0 m advindos do SRTM foram retirados do banco de dados geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) ligado ao INPE, subordinado ao Ministério da Ciência e Inovação. Os arquivos de resolução espacial de 12,5 m advindos do Alos foram fornecidos pelo Centro Ativo de Distribuição de Arquivos da Instalação de Satélites do Alasca, pertencente à

Universidade do Alasca Fairbanks. Ambos os dados foram disponibilizados de forma gratuita para a comunidade.

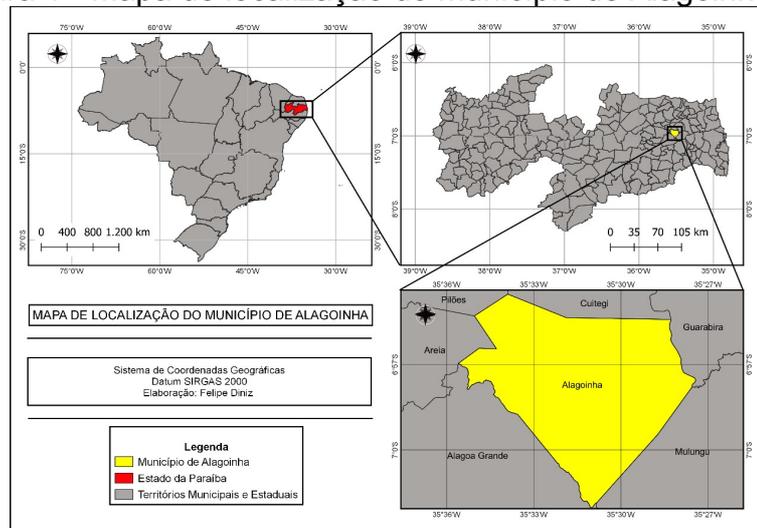
Estes arquivos matriciais forneceram modelos digitais de elevação do município de Alagoinha, sendo elementos necessários para a geração de quaisquer informações que advieram de dados altimétricos, nos quais estão inclusas as redes de drenagem.

Os arquivos vetoriais utilizados foram obtidos em endereços eletrônicos de instituições públicas, entre elas o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que disponibilizaram os arquivos referentes as delimitações dos territórios municipais do estado da Paraíba, os principais reservatórios e redes de drenagem presentes no estado e o mapa de solos do estado da Paraíba, respectivamente.

2.2 Área de Estudo

O município de Alagoinha-PB (Figura 1) está localizado na unidade Geoambiental do Planalto da Borborema, situado no Brejo Paraibano na Mesorregião do Agreste Paraibano e na região metropolitana de Guarabira. Limita-se ao norte com os municípios de Pilões, Cuitegi e Guarabira. Ao leste com os municípios de Guarabira e Mulungu; ao sul com os municípios de Mulungu e Alagoa Grande e ao oeste com os municípios de Alagoa Grande, Areia e Pilões.

Figura 1 - Mapa de localização do município de Alagoinha-PB.



Fonte: Autor (2023); Adaptado do IBGE (2022).

Segundo o censo demográfico do IBGE (2022), Alagoinha apresenta uma população de cerca de 13.725 habitantes, com uma densidade demográfica de 123,25 habitantes por km², tem uma área territorial de 111,361km², sendo 1.319 hectares de áreas plantadas.

De acordo com o Serviço Geológico do Brasil (SGB, 2005), “o município está inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Mamanguape, tendo como principais tributários os riachos Mumbuca e Poções, sendo a barragem Tauá o principal corpo de acumulação”, e é esse mesmo rio Tauá que abastece o município.

2.3 Processamento de Dados

O sistema de Informação Geográfica utilizado neste trabalho foi o QGIS em sua versão 3.14.16 denominado “Pi” acompanhado pelo complemento GRASS e SAGA, o SRC selecionado foi o SIRGAS 2000 zona UTM 25 sul.

Utilizando-se duas imagens Raster SRTM e Alos-Palsar foi formado um mosaico da área de interesse, que em seguida foi recortado pela camada máscara do limite municipal, Com a utilização da ferramenta fill.sinks por meio do complemento SAGA as depressões do modelo digital de elevação foram corrigidas e preenchidas. Em seguida foi usada a ferramenta Channel Network and Drainage Basins, que por meio do MDE selecionou as microbacias do local, a rede de drenagem e as junções representativas das nascentes. Com as microbacias, e as redes de drenagem, foi possível a elaboração da caracterização morfométrica.

2.4 Caracterização Morfométrica

A caracterização morfométrica foi obtida por meio de ferramentas disponíveis no Software QGIS. A calculadora de campo permitiu a obtenção dos valores de área, perímetro, comprimento total dos canais e do canal principal. A ferramenta da tabela de atributos permitiu a quantificação dos canais de acordo com a ordem proposta por Strahler (1957), e a quantificação das nascentes, a ferramenta régua proporcionou a medição do comprimento axial da bacia em quilômetros quadrados, por fim, a extração dos contornos do MDE gerou as curvas de nível presentes nas áreas das microbacias, podendo-se assim visualizar as cotas com os maiores e menores valores.

A partir da obtenção desses dados foram utilizados cálculos a fim de obter os valores de relevo, geométricos e da rede de drenagem de cada microbacia. As variáveis analisadas neste trabalho foram baseadas nas pesquisas de Santos et al. (2012), de Ferrari et al. (2013), e nas de Rocha et al. (2014). Os dados representativos do fator de forma, do índice de sinuosidade, da densidade de drenagem, do coeficiente de compacidade e da densidade hidrográfica foram classificados a partir dos trabalhos de Horton (1945), Lima (1969), Villela e Mattos (1975), Christofolletti (1969, 1978, 1980) e Lollo (1995).

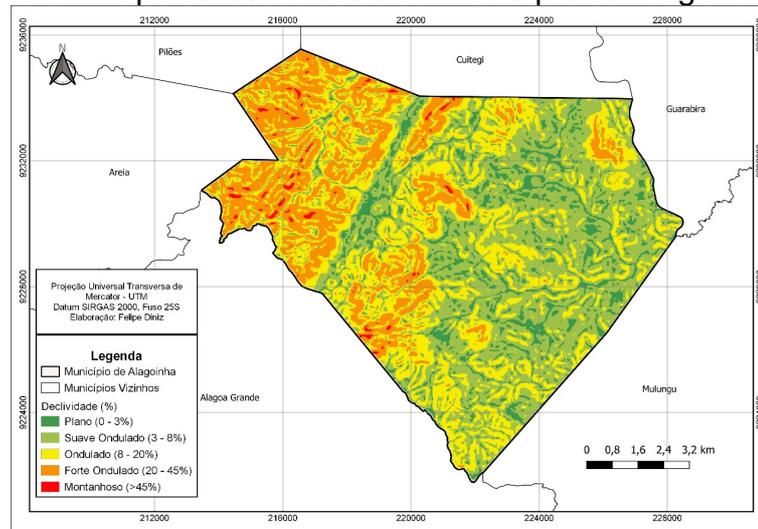
3. Resultados e Discussão

Com a utilização do sistema de informação geográfica, a partir do Software de uso livre QGIS versão 3.14, foram gerados diversos mapas ilustrativos sobre o município.

A declividade do município, como indica a (Figura 2) , é composta por áreas declivosas e não declivosas. Na parte mais ao oeste pode-se identificar, predominantemente, declividades que variam entre 8% a 20%, de 20% a 45% e maiores que 45%, sendo denominadas como ondulado, forte ondulado e montanhoso, respectivamente. Por outro lado, a região mais a leste apresenta declividades menos acentuadas, com variação entre 0% a 3% (plano), 3% a 8% (suave ondulado) e 8% a 20% (ondulado).

Claudino et al. (2021), apontou que “a declividade representa a inclinação da superfície do terreno em relação a horizontal, sendo uma informação de grande relevância pois influencia diretamente na velocidade do escoamento superficial da bacia”, sendo um importante aspecto para a análise dos processos erosivos que ocorrem na região. A erosão ocorre principalmente devido a ação hídrica nos momentos de precipitação.

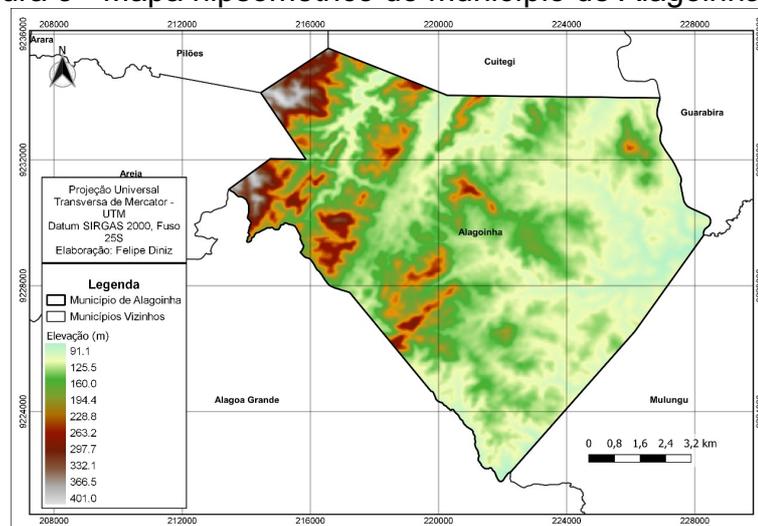
Figura 2 - Mapa de declividade do município de Alagoinha-PB.



Fonte: Autor (2023); Adaptado USGS – Missão SRTM (2023).

Com relação às cotas altimétricas, o Mapa Hipsométrico (Figura 3) apontou uma elevação mínima de 91,7 m nas áreas mais a leste, a uma altitude máxima de 401,0 m nas áreas mais a oeste. Essa altitude mais elevada é representativa das serras que estão presentes não só no município, como também em outros municípios vizinhos, como Alagoa Grande e Areia.

Figura 3 - Mapa hipsométrico do município de Alagoinha-PB.



Fonte: Autor (2023); Adaptado USGS – Missão SRTM (2023).

A altitude segundo Melati et al. (2016) “é um dos principais fatores condicionantes para o clima e para o regime pluviométrico de uma bacia hidrográfica”. Essa variação na elevação altimétrica nas áreas de atuação das bacias e microbacias hidrográficas provocam uma variação relevante nos índices de temperatura média, o que ocasiona variações na precipitação e na evapotranspiração anual (SANTOS, et al.; 2012).

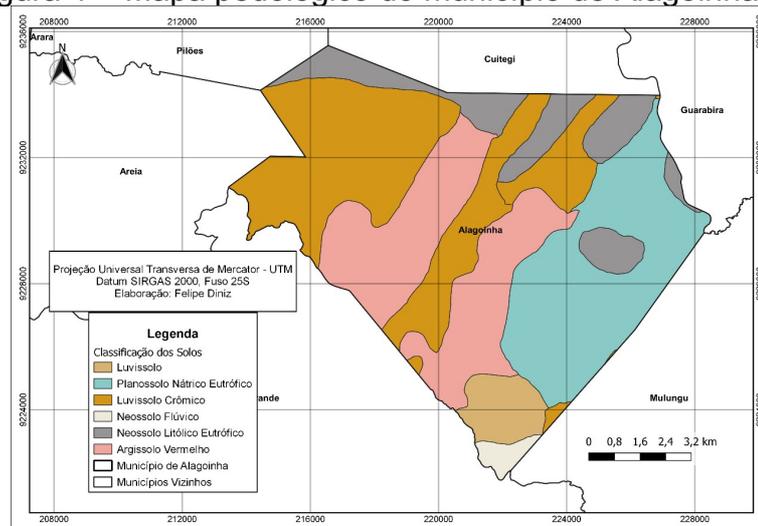
O Mapa Pedológico do município de Alagoinha-PB (Figura 4) foi elaborado com base no mapa de solos do estado da Paraíba fornecido pela EMBRAPA em uma escala de 1:500.000, neste é possível verificar que as principais classes de solo

presentes no município são as seguintes: Luvissoilo Crômico, Luvissoilo Háptico, Planossolo Nátrico Eutrófico, Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico Eutrófico e Argissolo Vermelho.

O Luvissoilo é um solo que apresenta um horizonte B textural imediatamente abaixo de qualquer horizonte A, possuindo uma nítida diferenciação entre esses horizontes, são solos que não possuem muita profundidade podendo ter uma drenagem adequada ou imperfeita (ZARONI e SANTOS, 2021). O caráter crômico presente em luvissoilos é utilizado para o distinguir de acordo com a sua predominância de cores, já o caráter háptico representa um cenário distinto ao crômico, onde as cores são mais pálidas.

Os Neossolos são solos jovens pouco desenvolvidos e pouco profundos, os Neossolos Flúvicos são formados por sobreposição de camadas recentes de sedimentos aluviais sem que haja uma relação pedogenética entre elas (SILVA e NETO, 2021). Os Neossolos litólicos por sua vez são facilmente reconhecidos por serem solos rasos em que há a presença de material rochoso nas camadas superficiais, são característicos de áreas de declividades acentuadas e devido às limitações físicas que apresentam, eles são recomendados para servirem de área destinada à preservação ambiental.

Figura 4 - Mapa pedológico do município de Alagoinha-PB



Fonte: Autor (2023); Adaptado AESA (2010) e EMBRAPA(2018).

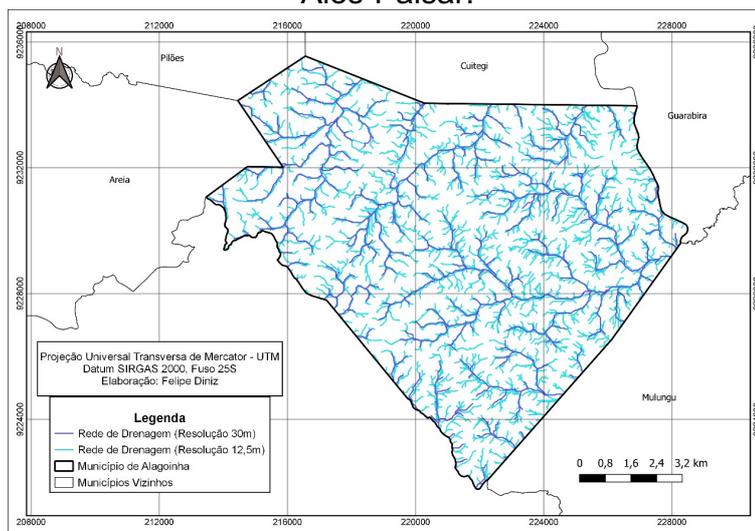
O Planossolo apresenta o horizonte B textural com argila de atividade alta, tendo uma drenagem imperfeita que favorece os processos erosivos, ocorrendo principalmente em áreas de baixa declividade como cotas baixas, é classificado como Nátrico em seu segundo nível categórico quando possui alta saturação por sódio que contribui mais ainda na diminuição da permeabilidade do horizonte B textural, é classificado como eutrófico quando apresenta uma saturação por bases igual ou superior a 50%.

Os argissolos possuem uma diferenciação muito perceptível entre os horizontes do solo, apresentando um aumento gradativo nos teores de argila nas camadas em maior profundidade (IAC, 2022.). Quando em áreas menos declivosas como relevos planos e suave ondulados, pode ser utilizado para o cultivo de diversas culturas de interesse agrícola observando-se apenas se há a necessidade de alguma correção ou adição de nutrientes (CUNHA et al., 2021).

Com a utilização de modelos digitais de elevação SRTM e Alos-Palsar foi realizada a comparação entre ambas as imagens de diferentes resoluções espaciais e a rede de drenagem disponibilizada pela AESA.

Com a observação da (Figura 5) pode-se constatar que a rede de drenagem gerada pelas imagens Alos-Palsar de resolução espacial 12,5 m apresenta mais cursos d’água de primeira ordem em comparação a fornecida pelas imagens SRTM de resolução espacial de 30,0 m obtidas pela interpolação dos modelos de 90,0 m disponibilizados.

Figura 5 - Diferença entre as redes de drenagem geradas pelas imagens SRTM e Alos-Palsar.



Fonte: Autor (2023); Adaptado AESA (2010) e EMBRAPA(2018).

As imagens SRTM destacaram que a rede de drenagem inserida no limite municipal é composta por 534 canais, dos quais 288 são de 1ª ordem, 149 de 2ª ordem, 87 de 3ª ordem e 10 de 4ª ordem (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação dos canais identificados pelas imagens SRTM que estão inseridos no município de Alagoinha-PB.

SRTM	
Ordem	Canais
1	288
2	149
3	87
4	10

Fonte: Autor (2023).

Enquanto as imagens Alos-Palsar identificaram ao todo 4.078 canais, sendo 2.124 de 1ª ordem, 1.025 de 2ª ordem, 563 de 3ª ordem, 291 de 4ª ordem, 68 de 5ª ordem e 7 de 6ª ordem (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação dos canais identificados pelas imagens Alos-Palsar que estão inseridos no município de Alagoinha-PB.

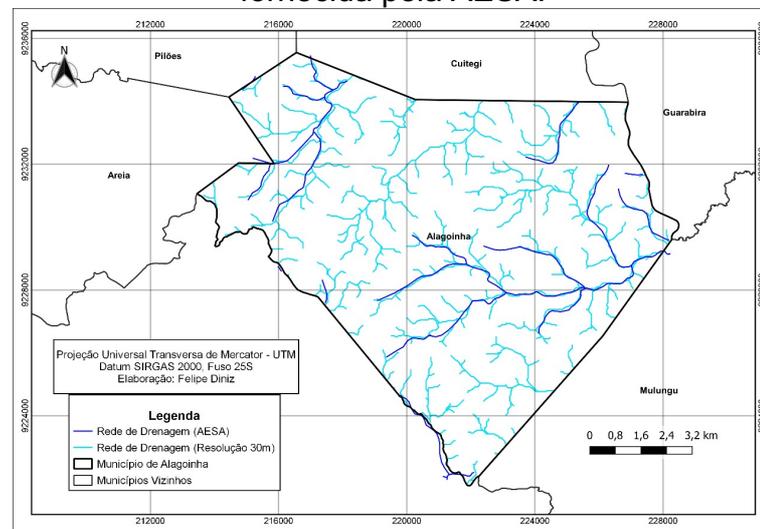
Alos-Palsar	
Ordem	Canais
1	2.124
2	1.025
3	563
4	291
5	68
6	7

Fonte: Autor (2023).

Devido a resolução espacial é possível constatar que o Alos-Palsar fornece dados mais ampliados. Porém mesmo que estudos prévios demonstrem que o Alos-Palsar tem melhor performance em comparação ao SRTM, a quantidade e a magnitude dos erros ocasionados pelas imagens dependem de diversos fatores como a área de estudo e o propósito da pesquisa, onde a acurácia horizontal e vertical do MDE tem um impacto significativo na informação extraída (ADIRI et al., 2022).

A (Figura 6 e 7) demonstram a comparação entre as redes de drenagem geradas através das imagens SRTM e Alos-Palsar respectivamente, com a rede de drenagem fornecida pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.

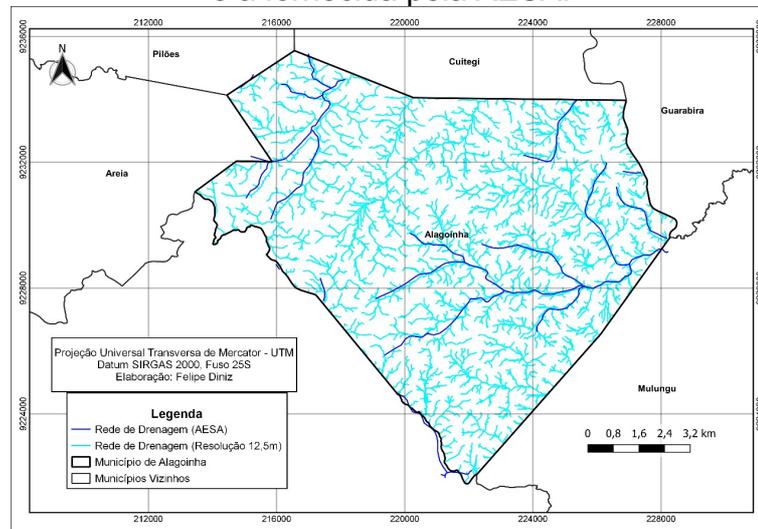
Figura 6 - Diferença entre as redes de drenagem geradas pelas imagens SRTM e a fornecida pela AESA.



Fonte: Autor (2023); Adaptado USGS – Missão SRTM (2023) e AESA (2010).

As redes de drenagem geradas através dos modelos digitais de elevação fornecem uma base de dados mais abrangente e mais detalhada em comparação ao fornecido pela AESA, possibilitando que haja uma disponibilização de dados cada vez mais precisos para órgãos de gestão interessados nestas informações.

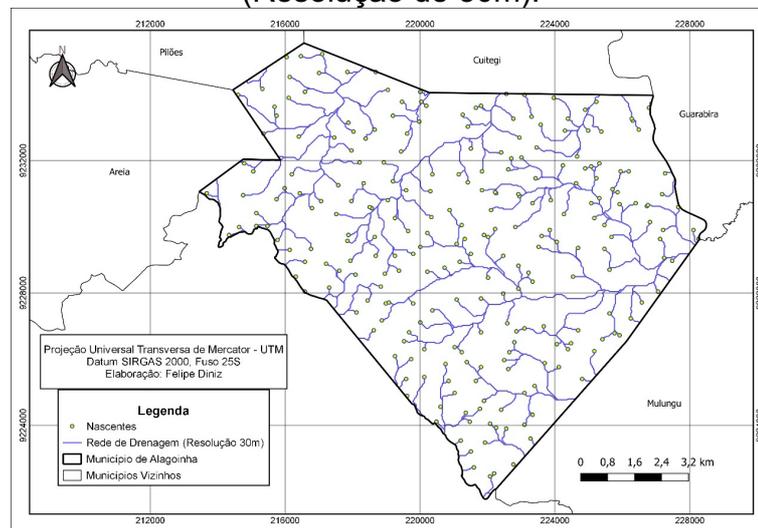
Figura 7 - Diferença entre as redes de drenagem geradas pelas imagens Alos-Palsar e a fornecida pela AESA.



Fonte: Autor (2023); Adaptado JAXA – Missão ALOS (2023) e AESA (2010).

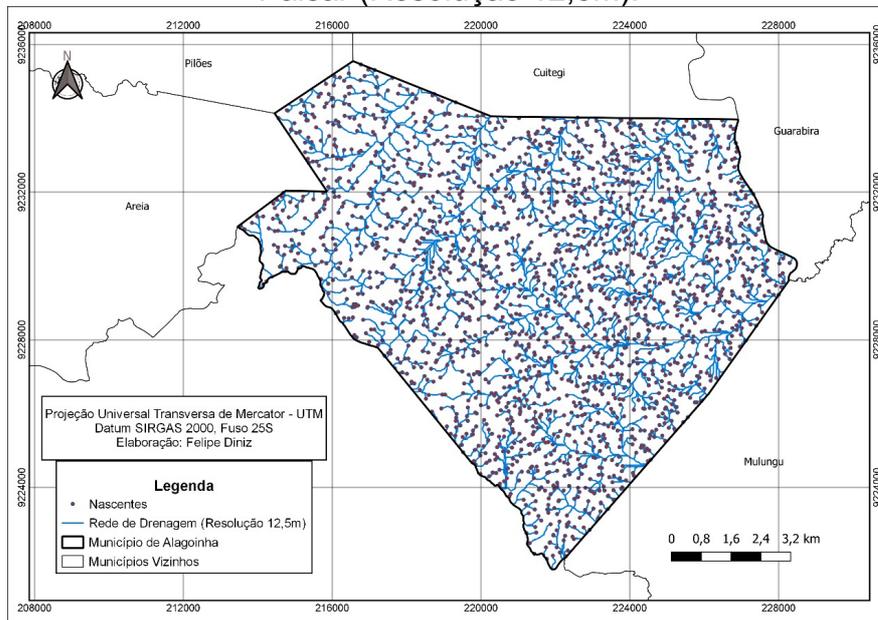
Com a obtenção da rede de drenagem inserida no município, foram extraídos pontos representativos que o software, utilizando os dados de altimetria, identificou como sendo nascentes de água, esse procedimento foi realizado tanto com os MDE provenientes do SRTM (Figura 8) e do Alos-Palsar (Figura 9), as imagens SRTM geraram 288 pontos representativos de nascentes enquanto as imagens Alos-Palsar geraram 2.124 pontos.

Figura 8 - Pontos representativos de nascentes geradas através de imagens SRTM (Resolução de 30m).



Fonte: Autor (2023); Adaptado USGS – Missão SRTM (2023).

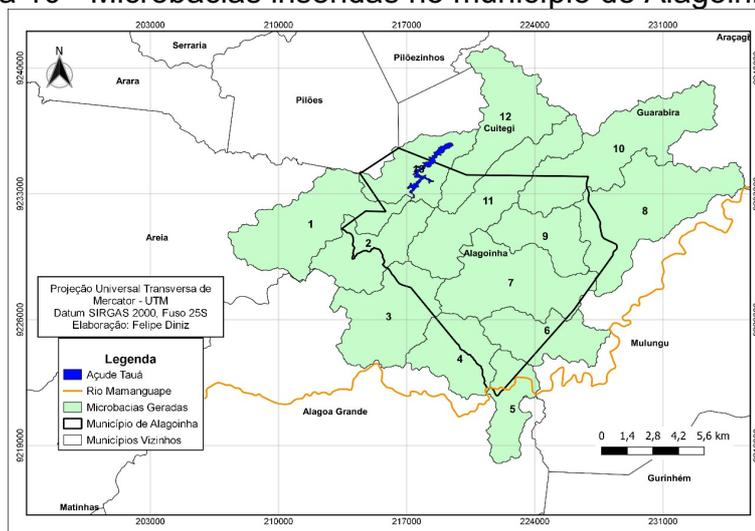
Figura 9 - Pontos representativos de nascentes geradas através de imagens Alos-Palsar (Resolução 12,5m).



Fonte: Autor (2023); Adaptado JAXA – Missão ALOS (2023).

Para a realização da caracterização morfométrica das microbacias inseridas no município, primeiramente foi necessária a geração dessas microbacias por meio do software QGIS. Foram geradas 13 microbacias (Figura 10) que embora estejam inseridas em grande parte no município de Alagoinha, também estão localizadas nos municípios de Alagoa Grande, Areia, Cuitegi, Mulungu e Guarabira.

Figura 10 - Microbacias inseridas no município de Alagoinha-PB.



Fonte: Autor (2023).

As microbacias, sub-bacias ou mini-bacias geradas apresentam características que as diferenciam umas das outras, mas todas elas estão inseridas dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape.

De acordo com as variáveis geométricas identificadas e quantificadas (Tabela 3), as sub-bacias 8 e 10 possuem as maiores áreas territoriais em comparação com as sub-bacias 5 e 9 que detêm as menores áreas. Segundo Lopes (2016), quanto

maior a área da microbacia, maior o volume de água a ser gerado nos períodos de pluviometria elevada, afetando assim a característica de design dos corpos hídricos, e quanto menor a área, maior é a tendência de se ocorrer picos de enchentes.

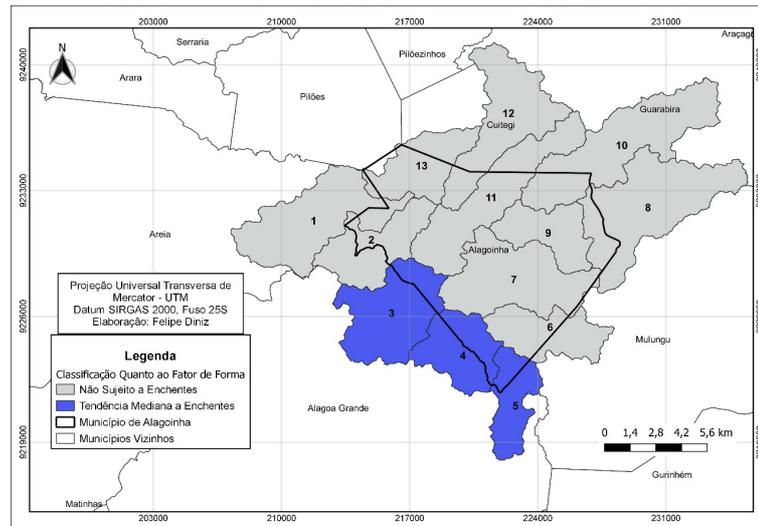
Tabela 3: Variáveis Geométricas das 13 Microbacias Inseridas no Município de Alagoinha-PB.

MICROBACIAS	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS						
	A (km ²)	P (km)	L _x (km)	L _f (km)	K _f	K _c	I _c
1	27,035	41,086	10,215	10,023	0,259	2,213	0,201
2	16,608	30,769	6,724	6,519	0,367	2,114	0,221
3	23,124	33,101	6,045	4,415	0,633	1,927	0,265
4	15,023	23,275	5,155	5,09	0,565	1,681	0,349
5	11,347	24,75	4,275	3,798	0,621	2,057	0,233
6	14,883	28,494	7,192	6,801	0,288	2,068	0,23
7	26,418	37,891	8,596	8,35	0,358	2,064	0,231
8	33,293	45,509	9,961	9,138	0,336	2,208	0,202
9	12,811	24,934	6,058	5,853	0,349	1,951	0,259
10	31,024	47,598	12,192	11,969	0,209	2,393	0,172
11	24,458	44,343	12,004	11,598	0,17	2,511	0,156
12	24,167	41,151	8,886	8,573	0,306	2,344	0,179
13	14,965	27,514	7,25	6,657	0,285	1,991	0,248

Fonte: Autor (2023).

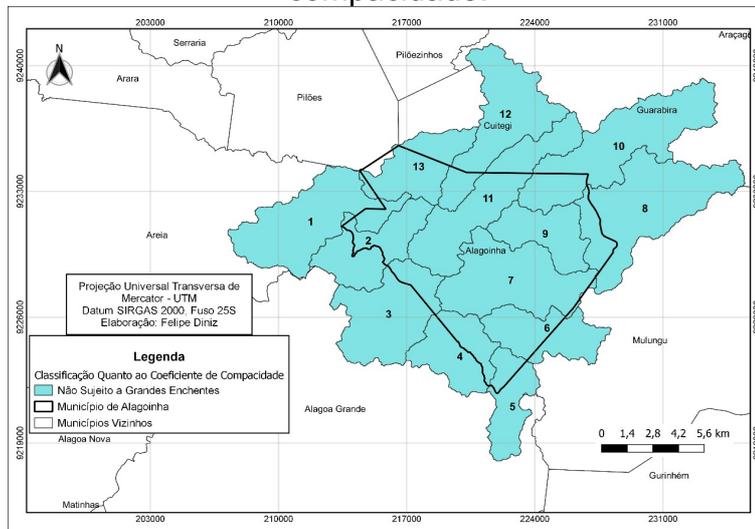
O fator de forma variou de 0,17 na sub-bacia 11 a 0,633 na sub-bacia 3 (Tabela 3) e (Figura 11), as microbacias foram classificadas segundo o (Kf), onde apenas as microbacias 3, 4 e 5 apresentam tendências medianas a enchentes, enquanto o restante não apresenta essa tendência, isso é reforçado pelos dados do coeficiente de compacidade (Kc) (Tabela 3) e (Figura 12), que aponta de forma concomitantemente que todas as microbacias não estão sujeitas a grandes enchentes, variando de 1,681 na sub-bacia 4 a 2,511 na sub-bacia 11.

Figura 11 - Tendência das microbacias a enchentes de acordo com o fator de forma.



Fonte: Autor (2023).

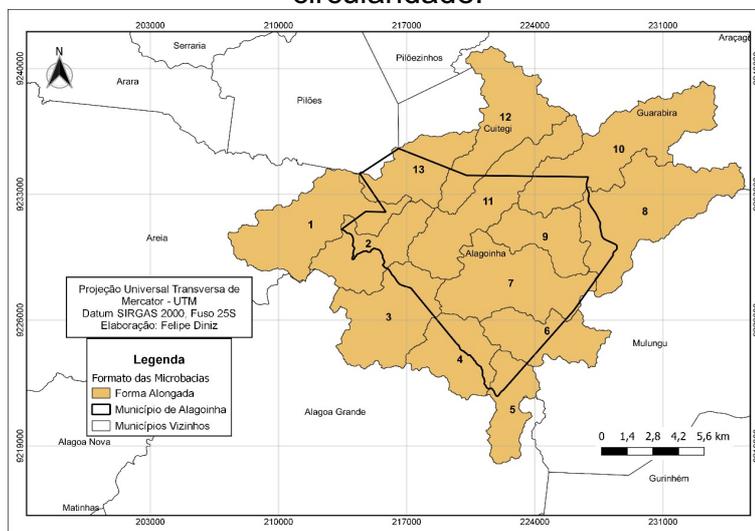
Figura 12 - Tendência das microbacias a enchentes de acordo com o coeficiente de compacidade.



Fonte: Autor (2023).

Pela observação do índice de circularidade (Figura 13), as microbacias foram classificadas como tendo formato alongado.

Figura 13 - Classificação do formato da bacia de acordo com o índice de circularidade.



Fonte: Autor (2023).

O K_f , K_c e I_c são parâmetros que buscam representar o formato de uma bacia hidrográfica, demonstrando a tendência da bacia a uma grande acumulação de água, quanto mais alongado for a bacia hidrográfica menor é a possibilidade de que a extensão da bacia seja coberta de forma simultânea por precipitações elevadas (FRAGA et al.; 2014).

Diminuindo dessa forma a quantidade de água acumulada pelo canal principal evitando que a mesma seja extraviada desse canal.

Algumas classificações que podem ser identificadas na literatura das microbacias com relação a características geométricas, da rede de drenagem e do relevo estão apresentadas na (Tabela 4).

Tabela 4: Classificação do Kf, Kc, Dh, Dd e Is segundo a literatura e Lollo (1995); Villela e Mattos (1975) e Chirstofoletti (1980).

MICROBACIAS	CLASSIFICAÇÕES				
	Classificação do Fator de Forma	Classificação do Coeficiente de Compacidade	Classificação da Densidade Hidrográfica por Lollo (1995)	Classificação da Densidade de Drenagem por Villela e Mattos (1975)	Classificação do Índice de Sinuosidade por Chirstofoletti (1980)
1	Não Sujeito a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Média	Drenagem Muito Boa	Sinuoso (Classe IV)
2	Não Sujeito a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Baixa	Drenagem Boa	Reto (Classe II)
3	Tendência Mediana a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Baixa	Drenagem Boa	Muito Sinuoso (Classe V)
4	Tendência Mediana a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Média	Drenagem Muito Boa	Muito Reto (Classe I)
5	Tendência Mediana a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Média	Drenagem Muito Boa	Muito Sinuoso (Classe V)
6	Não Sujeito a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Baixa	Drenagem Boa	Muito Reto (Classe I)
7	Não Sujeito a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Média	Drenagem Boa	Reto (Classe II)
8	Não Sujeito a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Baixa	Drenagem Boa	Sinuoso (Classe IV)
9	Não Sujeito a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Média	Drenagem Muito Boa	Divergente (Classe III)
10	Não Sujeito a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Média	Drenagem Boa	Reto (Classe II)
11	Não Sujeito a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Média	Drenagem Muito Boa	Reto (Classe II)
12	Não Sujeito a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Média	Drenagem Boa	Divergente (Classe III)
13	Não Sujeito a Enchentes	Não Sujeito a Grandes Enchentes	Média	Drenagem Boa	Divergente (Classe III)

Fonte: Autor (2023).

Com relação às características da rede de drenagem (Tabela 5), os valores de densidade de drenagem variaram de 2,177 na sub-bacia 6 a 2,874 na sub-bacia 5, as sub-bacias 2, 3, 6, 7, 8, 10, 12 e 13 foram classificadas sendo apontadas possuidoras de uma boa drenagem, as sub-bacias 1, 4, 5, 9 e 11 foram classificadas como tendo uma drenagem muito boa (Tabela 4) e (Figura 14), evidenciando a capacidade desses canais de realizarem o escoamento de água de forma adequada.

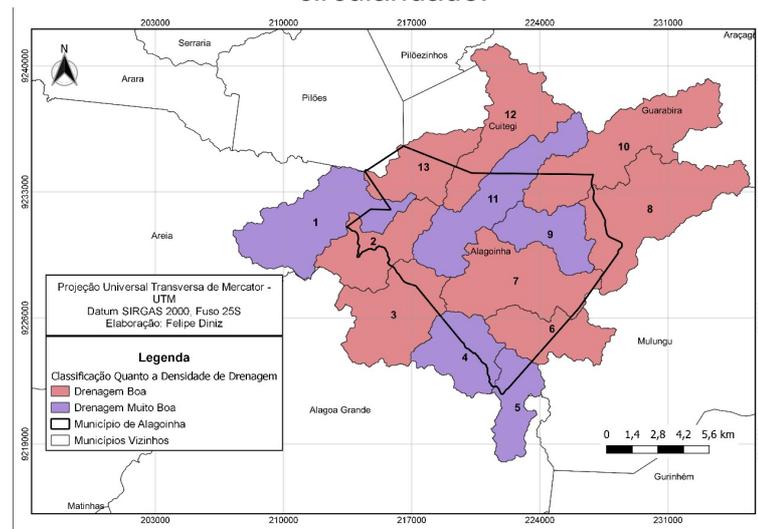
A densidade de drenagem em valores elevados muitas vezes está relacionada a locais e regiões em que há uma regularidade de chuvas de alta intensidade e que se constata a presença de rochas impermeáveis nas camadas superficiais do solo (CARVALHO et al.; 2009).

Tabela 5: Variáveis da rede de drenagem das 13 microbacias inseridas no município de Alagoinha-PB.

MICROBACIAS	CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM								
	D _d (km/km ²)	L (km)	L _c (km)	C _t	C _m (m)	F _r (Canais/km ²)	D _h (m/km ²)	N _t	N
1	2,626	70,985	14,543	8,255	380,855	6,029	3,144	163	85
2	2,343	38,907	8,404	6,771	426,864	5,359	2,89	89	48
3	2,428	56,15	9,742	6,616	411,825	5,276	2,724	122	63
4	2,551	38,318	6,08	8,998	392,061	6,523	3,528	98	53
5	2,874	32,608	7,385	9,877	347,982	6,698	3,437	76	35
6	2,177	32,405	8,018	5,852	459,281	5,174	2,688	77	40
7	2,307	60,958	10,819	7,337	433,38	6,056	3,18	160	84
8	2,255	75,062	13,45	6,095	443,54	5,106	2,703	170	90
9	2,737	35,069	7,886	10,25	356,308	6,947	3,747	89	48
10	2,475	76,797	14,57	7,58	403,974	5,737	3,062	178	95
11	2,602	63,636	14,873	8,191	384,342	5,888	3,148	144	77
12	2,267	54,798	11,941	7,131	441,02	5,834	3,145	141	76
13	2,408	36,034	9,17	7,241	415,302	5,479	3,007	82	45

Fonte: Autor (2023).

Figura 14 - Classificação do formato da bacia de acordo com o índice de circularidade.



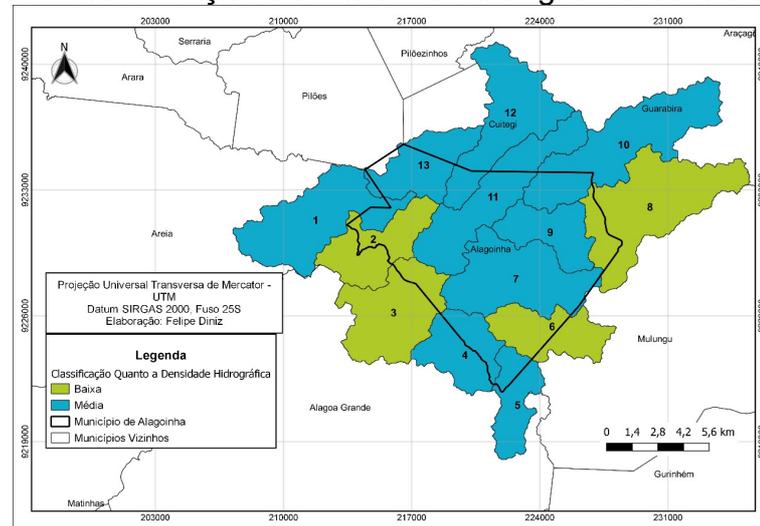
Fonte: Autor (2023).

O comprimento total dos canais levando-se em consideração todas as microbacias foi calculado como sendo de 671,727 km de extensão, as sub-bacias 1, 8 e 10 apresentaram os maiores comprimentos de rios, enquanto as sub-bacias 5 e 6 apresentaram os menores valores, o coeficiente de torrencialidade entre as microbacias variou de 5,852 na microbacia 6 a 10,25 na microbacia 9, vale salientar que quanto menor for a densidade de drenagem, menor o valor do coeficiente de torrencialidade.

A densidade hidrográfica ao contrário da frequência de rios, levou em consideração apenas os canais de 1ª ordem, tendo a sub-bacia 6 apresentado a menor densidade hidrográfica com o valor de 2,688 m/km², já a sub-bacia 9 apresentou a maior densidade com o valor 3,747. As microbacias apresentaram valores de densidade hidrográfica considerados baixos a mediano, onde 9 microbacias possuem Dh média e 4 tem Dh baixa (Figura 15).

A maior quantidade de canais totais e de 1ª ordem está contida na microbacia 10 possuindo 178 canais dos quais 95 são de 1ª ordem, sendo seguida pela microbacia 8, 1 e 7, a microbacia 5 tem a menor quantidade de rios, possuindo apenas 76 dos quais 39 é de 1ª ordem.

Figura 15 - Classificação da densidade hidrográfica das microbacias.



Fonte: Autor (2023).

As microbacias 1 e 2 abrangem os territórios de maior cota altimétrica, com 540 metros e 450 metros, enquanto a microbacia 10 possui a menor cota altimétrica de aproximadamente 60 metros em comparação com todas as outras, esses dados estão dispostos na (Tabela 6), que fornece as informações em conjunto como as características de relevo.

A amplitude altimétrica máxima das microbacias teve como o maior valor na microbacia 1 com 390 m e menor valor na microbacia 5 com 60 m, o índice de rugosidade variou de 172,423 na sub-bacia 5 a 1024,011 na sub-bacia 1. Esse índice indica a velocidade em que os fluxos de vertente se convertem em fluxos fluviais, indicando com isso o potencial de transmissibilidade hidráulica da bacia bem como o nível de energia devido a amplitude altimétrica (SALIS et al., 2019).

Os índices de sinuosidade apresentados se diferenciam quanto ao grau de porcentagem, as microbacias 2, 4, 6, 7, 10 e 11 exibiram ls abaixo de 30% enquanto o restante exibiu ls acima de 30 %, alguns chegando até acima de 90%, como é o caso das microbacias 3 e 5. De acordo com Sousa e Paula (2016), a sinuosidade dos canais recebe influência direta dos sedimentos que são depositados ao longo do curso de água devido a fatores como a declividade da bacia e a compartimentalização litológica.

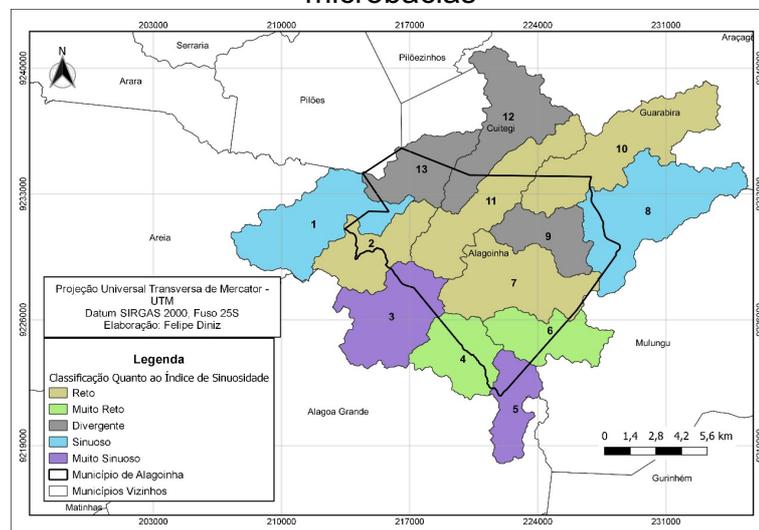
Tabela 6: Variáveis de relevo das 13 microbacias inseridas no município de Alagoinha-PB.

MICROBACIAS	CARACTERÍSTICAS DE RELEVO					
	C_{max} (m)	C_{min} (m)	H_m (m)	I_s (%)	I_r	R_r (m/km)
1	540	150	390	45,096	1024,011	122,024
2	450	150	300	28,915	702,8	115,693
3	390	120	270	120,657	655,618	109,816
4	300	120	180	19,45	459,112	79,279
5	180	120	60	94,444	172,423	29,019
6	180	90	90	17,894	195,958	33,56
7	270	120	150	29,569	346,116	51,161
8	210	90	120	47,188	270,551	38,022
9	240	120	120	34,734	328,49	48,755
10	240	60	180	21,731	445,573	51,551
11	300	90	210	28,238	546,388	60,612
12	420	90	330	39,286	748,266	110,703
13	390	90	300	37,75	722,366	11,417

Fonte: Autor (2023).

O índice de sinuosidade do canal principal de todas as microbacias foi classificado, como mostra a (Tabela 4), em que os canais principais das microbacias 4 e 6 foram classificados como muito retos; 2, 7, 10 e 11 como sendo reto; 9, 12 e 13 como divergentes; 1 e 8 como sinuosos; 3 e 5 como muito sinuosos, a (Figura 16) demonstra essa classificação.

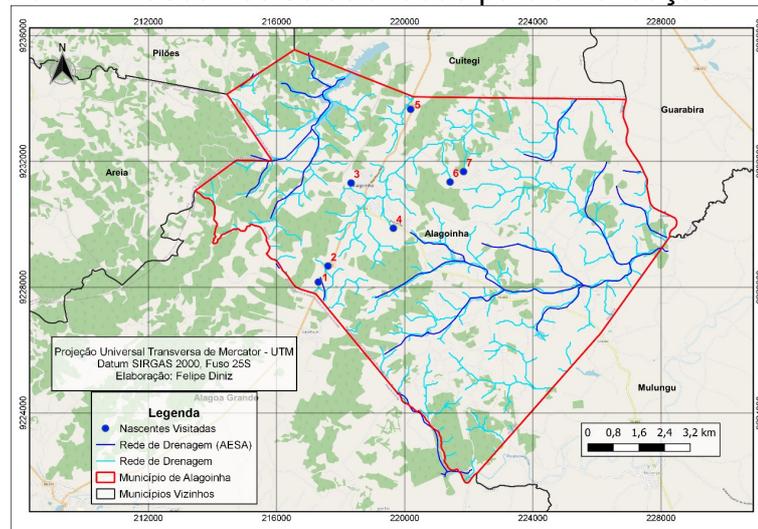
Figura 16 - Classificação do índice de sinuosidade do canal principal das microbacias



Fonte: Autor (2023).

A partir da validação das nascentes in loco, foi possível a verificação da efetividade da utilização de MDE para a verificação de pontos de nascentes, seguido pela mensuração dos aspectos ambientais macroscópicos de 07 nascentes selecionadas (Figura 17).

Figura 17 - Nascentes selecionadas para a validação in loco.



Fonte: Autor (2023); Adaptado Google Earth (2013).

A nascente 01 cuja coordenadas UTM Zona 25 Sul são Direção Leste: 0217305 m e Direção Norte: 9228165 m está localizada em uma propriedade privada, lado esquerdo da Rodovia PB-075, mais especificamente dentro de um piquete cercado, onde havia pastagem destinada ao manejo e a alimentação de bovinos (Figura 18), porém não foi possível a visualização do corpo hídrico proveniente desta nascente, ou seja, a mesma já não está mais ativa, este problema foi constatado em todas as nascentes visitadas. Indicando assim que, podem ser nascentes intermitentes, a acurácia das coordenadas não foi suficiente, ou que essas nascentes já se encontram inativas.

Figura 18 - Localização da nascente 01.



Fonte: Autor (2023).

A nascente 02 de coordenadas UTM Zona 25 Sul Direção Leste: 0217605 m e Direção Norte: 9228675 m está localizada na margem da rodovia PB-075 (dentro da faixa de domínio da mesma rodovia), devido a este local, nos períodos de chuva o escoamento da água que não pode ser absorvida pelo asfalto ocorre justamente nesse local de transição. É possível verificar que há a presença de água nas camadas

subsuperficiais desse solo devido a aparência da vegetação presente no local (Figura 19).

Figura 19 - Localização da nascente 02.



Fonte: Autor (2023).

A nascente 03 (Figura 20) de coordenadas UTM Zona 25 Sul Direção Leste: 0218325 m e Direção Norte: 9231315 m está localizada próxima a sede do município, estando inclusive próxima de uma residência, o local em que ela está inserida é utilizado para o cultivo de capim elefante *Pennisetum purpureum* visando a alimentação animal, sendo constatado a presença de equídeos no local. Junto a isso foi observado a presença de um poço artesiano (Figura 21).

Figura 20 - Cultivo de capim elefante na localização da nascente 03.



Fonte: Autor (2023).

Figura 21 - Poço artesiano próximo a nascente 03.



Fonte: Autor (2023).

A nascente 04, cuja coordenadas UTM Zona 25 Sul Direção Leste: 0219645 m e Direção Norte: 9229875 m está situada a direita da PB-063 (Figura 22) e se encontra em áreas de pastejo animal dentro de uma propriedade privada, onde a vegetação do local apresenta certo grau de degradação.

Figura 22 - Localização da nascente 04.



Fonte: Autor (2023).

A nascente 05 se localiza na região mais ao norte da sede do município, de coordenadas UTM Zona 25 Sul Direção Leste: 0220185 m e Direção Norte: 9233655 m, a área que se encontra é próxima a rodovia PB-075 e está dentro de uma propriedade em que, majoritariamente, é realizado plantio de cana de açúcar (Figura 23).

Figura 23 - Localização da nascente 05.



Fonte: Autor (2023).

A nascente 06 por sua vez de coordenadas UTM Zona 25 Sul Direção Leste: 0221415 m e Direção Norte: 9231345 m, estando próxima a uma residência em ambiente rural. O local apontado, por apresentar uma vegetação muito densa (Figura 24), impossibilitou o acesso para a averiguação da nascente.

Figura 24 - Local inacessível em que possivelmente está localizado a nascente 06.



Fonte: Autor (2023).

Por fim, a nascente 07 de coordenadas UTM Zona 25 Sul Direção Leste: 0221835 m e Direção Norte: 9231675 m e está localizada em uma propriedade particular, se encontra muito afastada de residências, mas foi averiguado indícios uso humano que podem ser provados pela presença de um poço artesiano e um curral em construção (Figura 25).

Foi possível observar que na maioria dos locais em que as nascentes estão localizadas, são consideradas áreas rurais consolidadas, ou seja, já havia ocupação antrópica anteriormente a 22 de julho de 2008 (FRANCO, 2022).

As vegetações presentes nos locais puderam ser comparadas a fim de se analisar o grau de preservação dessas nascentes, onde as vegetações de porte

menor como gramíneas apontaram uma presença animal nesses locais, por servirem de alimento aos mesmos, já a vegetação de porte mais elevado e mais desenvolvido destacaram os locais em que não houve perturbações, sendo inclusive caracterizada pela presença de vegetação nativa.

Figura 25 - Localização da nascente 07.



Fonte: Autor (2023).

A avaliação macroscópica das nascentes levou em consideração apenas os fatores circundantes do local, em que elas estavam inseridas, após a validação e a avaliação das mesmas, elas foram classificadas de acordo com situação dos parâmetros macroscópicos analisados (Tabela 7).

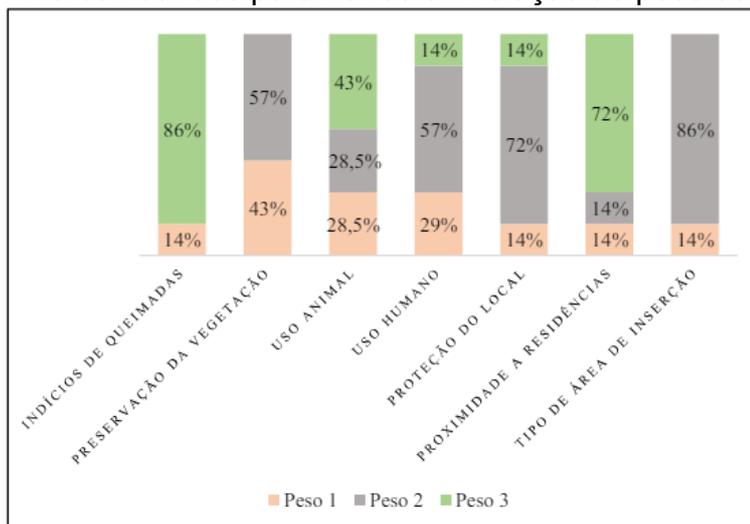
Tabela 7: Classificação do grau de preservação das nascentes de acordo com os parâmetros analisados.

NASCENTES	Indícios de Queimadas	Preservação da Vegetação	Uso Animal	Uso Humano	Proteção do Local	Proximidade a Residências	Tipo de Área de Inserção	TOTAL	CLASSE
1	3	1	2	2	2	3	2	15	B
2	3	2	3	3	1	3	1	16	B
3	3	2	1	1	2	1	2	12	C
4	3	1	1	2	2	3	2	14	C
5	1	2	3	1	2	3	2	14	C
6	3	2	3	2	3	2	2	17	B
7	3	1	2	2	2	3	2	15	B

Fonte: Autor (2023).

Com isso, quatro nascentes (1, 2, 6 e 7) tiveram a classificação B e três (3, 4 e 5) a classificação C, a classe B representa um grau de preservação considerado bom, enquanto a classe C representa um grau de preservação considerado razoável, a (Figura 26) demonstra o percentual dos pesos apresentados para cada parâmetro analisado nas nascentes validadas.

Figura 26 - Percentual dos parâmetros em relação ao peso dos atributos.



Fonte: Autor (2023).

4. Considerações Finais

As microbacias presentes no Município de Alagoinha-PB apresentaram em sua maioria formato alongado, tendo boa drenagem, densidade hidrográfica mediana, com cotas altimétricas variadas e são compostas por rios principais retos até rios muito sinuosos.

Os arquivos informativos de dados altimétricos, mais especificamente os modelos digitais de elevação permitiram a geração de mapas detalhados da rede de drenagem, contribuindo no melhor entendimento dos fluxos hídricos que ocorrem no município, podendo ser inseridos em políticas públicas para o aprimoramento das mesmas.

O uso de sistemas de informações geográficas e as imagens advindas dos sensores SRTM e ALOS PALSAR se mostraram eficientes para a identificação de nascentes, auxiliando com isso o órgão gestor na manutenção e preservação, desses locais de interesse ambiental, mostrou-se também uma grande diferença entre os resultados obtidos através da utilização das duas imagens.

Conclui-se que as ferramentas de geoprocessamento utilizadas para a determinação informativa sobre os dados referentes às características físicas de bacias e microbacias hidrográficas e se mostraram eficientes para a identificação de nascentes, possuindo assim grande utilidade na compreensão das dinâmicas hidrológicas, auxiliando não apenas os órgãos cabíveis, mas a população como um todo, na manutenção, no monitoramento e na preservação das nascentes e dos locais de interesse ambiental.

Referências

- ADIRI, Z.; LHISSOU, R. MAACHA, L. et al. Comparison of ASTER GDEM3, SRTM3, NASADEM, TanDEM-X90, AW3D30, and ALOS PALSAR Data With TanDEM-X12: A Case Study of Tagragra of Akka Inlier, Moroccan Anti-Atlas. **Arabian Journal of Geosciences**, Riad, v. 15, n. 1654, 2022.
- BARGOS, D. C. **Caracterização de Bacias Hidrográficas**. Lorena, 2019. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4641496/mod_resource/content/1/aula%204_LOB12_33.pdf>. Acesso em: 22 out. 2023.
- BORETTI, A.; ROSA, L. Reassessing the Projections of the World Water Development Report. **npj Clean Water**, [S.l.], v. 2, n. 15, jul. 2019.
- CAIXETA, A. C. M.; VASCONCELOS, A. M. C.; BATTILANI, G. A.; et al. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Canabrava na Região do Município de Coração de Jesus (MG) com Aplicação de um SIG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 20., 2023, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2023.
- CARVALHO, C. G. S. **Uso de Geotecnologias na Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Nascentes do Rio de Ondas Barreiras-BA**. 2020. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Departamento de Ciências Humanas, Universidade do Estado da Bahia, Barreiras, 2020.
- CARVALHO, W. M. C.; VIEIRA, E. O.; ROCHA, J. M. J.; et al. Caracterização Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Malheiro, no Município de Sabará - MG. **Revista Irriga**, v. 14, n. 3, p. 398-412, 2009.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise Morfométrica de Bacias Hidrográficas. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. A Morfologia de Bacias de Drenagem. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 18, n. 36, p. 130-142, 1978.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial: O Canal Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, p. 313, 1980.
- CLAUDINO, C. M. A.; et al. Caracterização Física da Bacia Hidrográfica do Rio GramamePB Utilizando SIG. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 6., 2021, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Plataforma Espaço Digital, 2021.
- CUNHA, T. J. F.; SÁ, I. B.; PETRERE, V. G.; et al. **Bioma Caatinga: Argissolos**. EMBRAPA, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos/argissolos#:~:text=S%C3%A3o%20solos%20medianamente%20profundos%20>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

FERRARI, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; et al. Análise Morfométrica da Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego Horizonte Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 181–188, 2013.

FRAGA, M. S.; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; et al. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, Sinop, v. 2, n. 4, p. 214-218, 2014.

FRANCISCO, P. R. M.; RIBEIRO, G. N.; SILVINO, G. S.; PEREIRA, F. C.; NETO, J. M. M.; SILVA, V. M. A. (Org.). **Geotecnologias Aplicada à Estudos Ambientales**. 1. ed. Campina Grande: EPGRAF, 2018.

FRANCO, D. **Saiba o que é Área Rural Consolidada e para que Serve**. [S.I.], 2022. Disponível em: <<https://advambiental.com.br/artigo/area-rural-consolidada/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20a%20%C3%A1rea,se%20encontra%20e>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

GHOSH, M.; GOPE, D. Hydro-Morphometric Characterization and Prioritization of SubWatersheds for Land and Water Resource Management Using Fuzzy Analytical Hierarchical Process (FAHP): A Case Study of Upper Rihad Watershed of Chhattisgarh State, India. **Applied Water Science**, [S.I.], v. 11, n. 17, jan. 2021.

GOMES, P. M.; Melo C.; VALE, V. S. Avaliação dos Impactos Ambientais em Nascentes na Cidade de Uberlândia – MG: Análise Macroscópica. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 17, n. 32, p. 103-120, 2005.

HORTON, R. E. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. **GSA Bulletin**, McLean, v. 56, n. 3, p. 275–370, mar. 1945.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS (IAC). **Solos do Estado de São Paulo: Argissolos**. Campinas, 2022. Disponível em: <<https://solossp.iac.sp.gov.br/pdf/Argissolos.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico**. [S.I.], 2022. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>>. Acesso em: 21 out. 2023.

JÚNIOR, A. P.; BORANGA, J. A. Prefácio. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (ed.). **Reúso de Água**. 1. ed. Barueri: Manole, 2003.

JÚNIOR, A. R. B. **Elementos de Hidrologia Aplicada**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2022.

LIMA, W. P. **Manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ. 1969.

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.

LOPES, I. **Caracterização Morfométrica e Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Pontal**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2015.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Efeito da Altitude na Chuva Média Anual nas SubBacias Pertencentes à Bacia do Atlântico – Trecho Sudeste. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 13., 2016, Aracaju. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2016.

MILLER, V. C. A Quatitative Geomorphic Study of Drainage Basins Characteristic in the Clinch Mountain Area. **Technical Report**, New York, v. 3, 1953.

RAIOL, L. L.; FERREIRA, M. T.; SANTOS, D. C. R.; et al. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Caripi, Zona Costeira Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 15, n. 5, p. 2354-2370, 2022.

ROCHA, R. M.; LUCAS, A. A. T.; ALMEIDA, C. A. P.; et al. Caracterização Morfométrica da Sub-Bacia do Rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 276-287, 2014.

RUDRAIAH, M.; GOVINDAIAH, S.; VITTALA, S. S. Morphometry Using Remote Sensing and GIS Techniques in the Sub-Basins of Kagna River Basin, Gulburga District, Karnataka, India. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, Dehradun, v. 36, n. 4, p. 351-360, dez. 2008.

SALIS, H. H. G.; et al. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Merinheiro, Sete Lagoas - MG. **Boletim de Geografia**, v. 37, n. 2, p. 186-201, 2019.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; et al. Análise Morfométrica das SubBacias Hidrográficas Perdizes e Fojo no Município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea**: Diagnóstico do Município de Alagoinha. Recife, set. 2005.

SILVA, J. M. **Caracterização de Áreas de Restrição de Uso na Bacia Hidrográfica do Igarapé Carrapato, Boa Vista – RR**. 2022. Projeto de Qualificação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2022.

SILVA, M. S. L.; NETO, M. B. O. **Território Mata Sul Pernambucana**: Neossolos Flúvicos. EMBRAPA, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/solos/neossolos-fluvicos>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

SILVA, Q. D. **Mapeamento Geomorfológico da Ilha do Maranhão**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

SOUSA, F. R. C.; PAULA, D. P. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Tapuio (Ceará-Brasil). **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v. 2, p. 555-564, 2016.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, [S.l.], v. 38, n. 6, p. 913–920, 1957.

TEIXEIRA, A. C.; RIZZATTI, M. Geotecnologias para Avaliação de Conflitos Ambientais da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 44, n. 8, abr. 2022.

TELLES, D. D. A.; COSTA, R. P. **Reúso da Água: Conceitos, Teorias e Práticas**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

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

ZARONI, M. J.; SANTOS, H. G. **Solos Tropicais: Luvisolos**. EMBRAPA, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/luvisolos>>. Acesso em: 01 nov. 2023.