



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
PERNAMBUCO

Campus Recife

Departamento de Ambiente, Saúde e Segurança

Licenciatura em Geografia

LIZANDRO LUIZ VENERANDO DO NASCIMENTO

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DE PEQUENOS RIOS
LITORÂNEOS GL1 EM PERNAMBUCO

Recife

2024

LIZANDRO LUIZ VENERANDO DO NASCIMENTO

**ANÁLISE MOFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DE PEQUENOS RIOS
LITORÂNEOS GL1 EM PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – *Campus* Recife, como requisito para obtenção do título de Licenciado(a) em Geografia.

Orientadora: Prof. Dr^a. Manuella Vieira Barbosa Neto

Recife

2024

N244a
2024

Nascimento, Lizandro Luiz Venerando do.

Análise morfométrica da bacia hidrográfica de pequenos rios litorâneos GL1 em Pernambuco / Lizandro Luiz Venerando do Nascimento. --- Recife: O autor, 2024. 52f. il. Color.

TCC (Curso de Licenciatura em Geografia) – Instituto Federal de Pernambuco, 2024.

Inclui Referências.

Orientadora: Professora Dr^a. Manuella Vieira Barbosa Neto.

1. Geografia. 2. Rede de drenagem. 3. Bacia hidrográfica. 4. Geoprocessamento. I. Título. II. Barbosa Neto, Manuella Vieira. (orientadora). III. Instituto Federal de Pernambuco.

CDD 910

LIZANDRO LUIZ VENERANDO DO NASCIMENTO

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DE PEQUENOS RIOS
LITORÂNEOS GL1 EM PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – *Campus* Recife, como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e **APROVADO** em 10 de outubro de 2024 pela Banca Examinadora:

Manuella Vieira Barbosa Neto (IFPE/CGEO)
Orientadora
Doutora em Geografia – UFPE

Cristiane Barbosa da Silva (UFPE/PPGEO)
Examinadora Externa
Mestra em Geografia – UFPE

Enildo Luiz Gouveia (IFPE/CGEO)
Examinador Interno
Doutor em Geografia – UFPB

Recife – PE
2024

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer a Deus por não me deixar desistir em momento nenhum, mesmo cansado e triste, ele sempre me dando forças para continuar e ser forte, pois valeria a pena.

Segundamente, eu gostaria de agradecer a minha família e ao meu amor por sempre acreditar no meu potencial e nunca me deixar desistir, mesmo com dificuldade e com as adversidades, sempre me apoiaram e me encorajaram a subir na vida e a crescer. Agradeço as minhas mães e ao meu pai por sempre me darem o máximo e me mostrarem o caminho certo a ser seguido.

Agradeço a minha orientadora que mesmo eu todo atrapalhado ela me deu força, puxões de orelha e broncas, mas sempre se preocupou e nunca se negou a me ajudar, tendo sempre o temperamento e o olhar que só ela tem. Eu ainda vou crescer muito e nunca mais vou esquecer da nossa conversa, obrigado.

Quera agradecer aos meus amigos: Leandra, Daniel, Pamela, Jorge, Rosy, que sempre ajudaram quando eu não sabia nem o que fazer, que me fizeram rir até mesmo nos momentos que era para a gente chorar. Oh pessoal, eu vou sentir uma falta de vocês, mas saibam que só tenho a agradecer por tudo que fizeram por mim, serei eternamente grato. Cada um tem uma peculiaridade única, seja, a brabeza de Rosy, a chatice de Pamela, as conversas de Jorge, as saídas com Leandra e os deboches de Daniel, vocês são únicos.

Quero agradecer ao corpo docente do IFPE que sempre se propôs a ajudar e tirar dúvidas, sempre se preocupando e tentando passar o assunto para formar os melhores docentes do Brasil.

Esse agradecimento vai em especial para meu professor Aauto, por sempre ser paciente e lorde com os alunos, faltando menos de um mês para a entrega o senhor me encorajou como ninguém, o senhor não faz ideia do quanto aquilo me fez bem. Obrigado.

Por último eu agradeço a mim mesmo, eu agradeço por eu ter sido forte, esforçado, não ter desistido e por mais que eu tenha sido destrambelhado pra caramba, eu dei o máximo que eu poderia ter dado

RESUMO

Com o aumento populacional, em especial nas áreas urbanas, que ocorreu após a segunda metade do século XX, os processos de degradação ambiental aumentaram exponencialmente. Dentre as problemáticas desse processo está a não observância das características naturais de uma bacia hidrográfica antes da sua ocupação. Com base nisso, a morfometria permite a compreensão dos parâmetros hidrológicos da bacia, assim como de seu comportamento. Dessa forma, o conhecimento dos parâmetros morfométricos é de suma importância para analisar o grau de suscetibilidade ambiental de uma área, e para uma melhor governança dos recursos hídricos. O presente estudo tem como objetivo analisar os parâmetros morfométricos da Bacia Hidrográfica de Pequenos Rios Litorâneos GL1 em Pernambuco, que se localiza entre o Litoral e a Zona da Mata Norte do Estado. Para realização desse estudo foram realizadas pesquisas teóricas sobre análise morfométrica do relevo e foram aplicadas técnicas de Geoprocessamento para mapeamento das características morfométricas da área estudada. Foram analisadas características morfométricas relacionadas aos parâmetros hipsométricos, areais e lineares, a partir de dados obtidos por imageamento de radar. Observou-se a partir do fator forma no valor 0,45 e índice de rugosidade de 9,88 indicando que a área de estudo apresenta baixa suscetibilidade para ocorrência de enchentes e média probabilidade de erosão. Possuindo a declividade predominante ondulado, tendo maior suscetibilidade para escoamentos que para infiltração, além de risco mediano para ocorrerem processos erosivos.

Palavras-chave: Rede de Drenagem. Análise quantitativa do relevo. Geoprocessamento.

ABSTRACT

With the population increase, especially in urban areas, which occurred after the second half of the 20th century, environmental degradation processes increased exponentially. Among the problems with this process is the non-observance of the natural characteristics of a river basin before its occupation. Based on this, morphometry allows understanding the hydrological parameters of the basin, as well as its behavior. Therefore, knowledge of morphometric parameters is extremely important to analyze the degree of environmental susceptibility of an area, and for better governance of water resources. The present study aims to analyze the morphometric parameters of the Small Coastal Rivers GL1 Hydrographic Basin in Pernambuco, which is located between the Coast and the North Forest Zone of the State. To carry out this study, theoretical research was carried out on morphometric analysis of the relief and Geoprocessing techniques were applied to map the morphometric characteristics of the studied area. Morphometric characteristics related to hypsometric, areal and linear parameters were analyzed, based on data obtained by radar imaging. It was observed from the shape factor value 0.45 and roughness index of 9.88 indicating that the study area has low susceptibility to the occurrence of floods and medium probability of erosion. It has a predominant wavy slope, with greater susceptibility to runoff than infiltration, in addition to a medium risk for erosive processes to occur.

Keywords: Drainage Network. Parameter Analysis. Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Elementos de uma bacia hidrográfica.....	15
Figura 2 - Canais de drenagem, conforme Horton (A), Strahler (B) e n. de canais (C)	21
Figura 3 - A mensuração da forma de bacias hidrográfica	23
Figura 4 - Mapa de localização da bacia hidrográfica GL1.....	29
Figura 5 - Mapa de tipos de solo da bacia hidrográfica GL1	30
Figura 6 - Mapa de uso e ocupação da bacia hidrográfica GL1	31
Figura 7 - Mapa Hipsométrico da bacia hidrográfica GL1	40
Figura 8 - Mapa de declividade da bacia GL1	41
Figura 9 - Mapa de hierarquia de canais da bacia GL1	44
Figura 10 - Mapa de nascentes da Bacia GL1	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do fator forma	34
Tabela 2 - Resultados dos parâmetros morfométricos na bacia hidrográfica GL1.....	38
Tabela 3 - Quantificação de canais de cada ordem da bacia GL1	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diferentes conceitos de microbacia.....	17
Quadro 2 - Diferentes conceitos de sub bacia	17
Quadro 3 - Análise econômica dos municípios de Itapissuma, Paulista e Itamaracá	30
Quadro 4 - Parâmetros morfométricos analisados.....	32
Quadro 5 - Classificação dos valores de densidade de drenagem	35
Quadro 6 - Classificação da declividade	36
Quadro 7 - Classificação do índice de compacidade.....	37
Quadro 8 - Porcentagem da declividade na bacia GL1	40

LISTA DE ABREVIACÕES

ANA	Agência Nacional de guas
APAC	Agência Pernambucana de águas e clima
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDE	Modelo de Elevação
PE	Pernambuco
UP-14	Unidade de Planejamento
SIG	Sistema de informações geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
ZAPE	Zoneamento Agroecológico de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Bacia Hidrográfica	15
2.1.1	Classificação das Bacias Hidrográficas e Seus Elementos	18
2.2	Análise morfométrica na Bacia Hidrográfica	19
2.2.1	Hierarquia Fluvial	20
2.2.2	Análise Linear da Rede Hidrológica	21
2.2.3	Análise Areal das bacias hidrográficas	22
2.2.3.1)	Área da Bacia:	22
2.2.3.2)	Comprimento da Bacia:	22
2.2.3.3)	Forma da Bacia	23
2.2.3.4)	Densidade de drenagem	24
2.2.3.5)	Amplitude altimétrica	24
2.2.3.6)	Índice de Compacidade	24
2.2.3.7)	Índice de circularidade	24
2.2.3.8)	Coeficiente de manutenção	25
2.2.4	Relação com o relevo	25
2.3	Geoprocessamento Aplicado aos Estudos Ambientais	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Caracterização da área de estudo	29
3.1	Metodologia	32
3.1.1	Preparação da base cartográfica	33
3.1.2	Área da Bacia	33
3.1.3	Hierarquia fluvial	33
3.1.4	Coeficiente de manutenção	34
3.1.5	Fator forma	34
3.1.6	Tempo de concentração	34
3.1.7	Rio Principal	35
3.1.8	Densidade de drenagem	35
3.1.9	Mapeamento da declividade	36
3.1.10	Índice de rugosidade	36

3.1.11 Índice de capacidade	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.2 Análise dos parâmetros físicos da Bacia GL1.....	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional tem aumentado a demanda por água potável, em virtude disso, a proteção e gestão adequada são prioritárias, assegurando o uso sustentável dos recursos hídricos e das áreas de captação de água, sendo as bacias hidrográficas uma das mais afetadas com a degradação ambiental e o mau uso (Silva, 2021).

As bacias de drenagem são definidas como áreas de drenagem de rios e seus afluentes, sendo formada por uma área de captação de água natural que foi obtida a partir da ação pluvial, convergindo para um único ponto o exutório (Pereira, 2019). Onde, a rede de drenagem passa por um processo físico para ser produzida, influenciando a quantidade de água ali produzida.

As características morfométricas influenciam no comportamento hidrológico de uma rede de drenagem, ou seja, na ocorrência e movimentação da água, por isso faz-se necessário o conhecimento de parâmetros como: fator forma, tempo de concentração, drenagem, rede de canais, entre outras, obtidas a partir de imagens de radar. Nesse contexto, essas imagens desempenham um papel valioso uma vez que disponibilizam informações importantes para a compreensão dos eventos que ocorrem em uma rede de drenagem (Gobbi et, al., 2008). Essas imagens unidas ao processamento em *softwares*, como o QGIS permitem uma visão mais clara e detalhada a respeito das dos dados hidrológicos.

As características citadas acima, são consideradas índices morfométricos e a partir desse estudo é possível compreender índices da bacia como: forma, declividade, tempo de concentração, dentre outros fatores que influenciam no comportamento da bacia sendo utilizadas ferramentas como modelos digitais de elevação em união com as técnicas de geoprocessamento e análises morfométricas (D'Alge, 2013).

Dessa forma, com a caracterização morfométrica de uma rede de drenagem, pode-se compreender as suas potencialidades e limitações, facilitando assim a criação de planos de governança em prol do uso sustentável da bacia hidrográfica, recuperação do meio ambiente, permitindo um manejo para uma boa preservação (Bentes Gama, 2003). Sendo assim, é de suma importância o aprofundamento da compreensão das atividades realizadas no espaço de uma bacia hidrográfica.

A Bacia Hidrográfica de Pequenos Rios Litorâneos GL1, está localizada na parte norte do território do estado de Pernambuco, fazendo parte da UP-14. Ocupando uma área de

aproximadamente 1.188,11Km², correspondendo a cerca de 1,21% do território de PE, possuindo abrangência sobre treze municípios do estado. Sendo uma das bacias mais importantes para o abastecimento hídrico do litoral norte pernambucano.

A partir disso, essa pesquisa é uma extensão de um projeto de pesquisa denominado Águas Metropolitanas e suas Dinâmicas, desenvolvido pelo Professor Enildo, que tem como objetivo de analisar a dinâmica morfométrica da bacia GL1 em Pernambuco, determinando quantitativamente as características morfométricas, compreendendo assim, como as variáveis morfométricas influenciam nas suas dinâmicas ambientais, possibilitando à sociedade e à gestão governamental compreenderem a sua dinâmica hídrica e as suscetibilidades hidrológicas da bacia de estudo, considerando que esta se localiza em região urbanizada, possui extensa área de drenagem e contribui diretamente para o abastecimento hídrico.

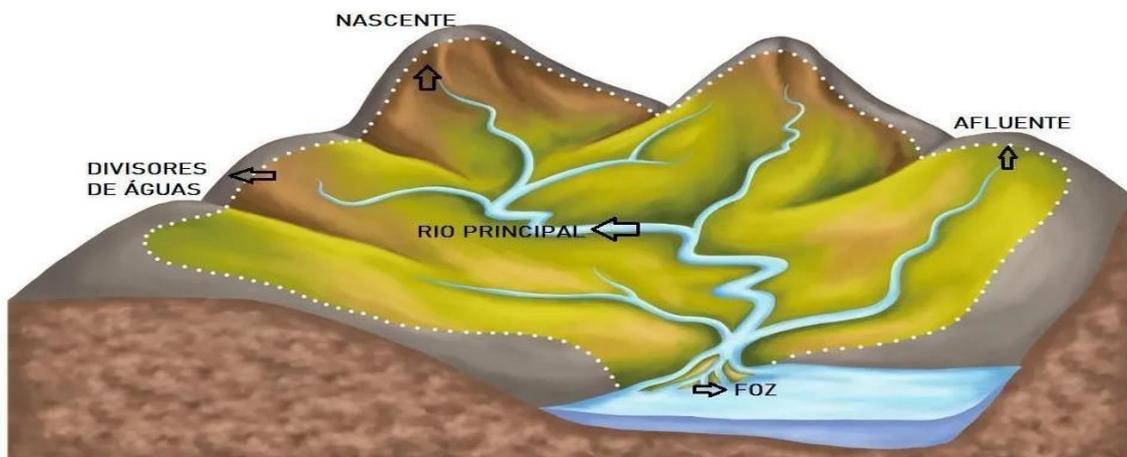
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica pode ser definida como a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus afluentes, onde a presença de um conjunto de drenagem que converge toda a água precipitada até o seu ponto mais baixo, conhecido como exutório (Florenzano, 2008). Dessa forma, a bacia é considerada um captador natural das águas precipitadas, que por sua vez são drenadas por um rio principal e seus afluentes (Teodoro *et al.* 2007).

Tendo o início de seu processo de formação nas áreas mais altas do relevo, onde as águas da chuva escoam superficialmente para partes mais baixas, aumentando o volume e formando os primeiros rios ou infiltram no solo para abastecimento de lençóis freáticos e formação de nascentes (Villela e Mattos 1975; Tucci 1997; Barrella 2001; Florenzano 2008). Como pode ser observado na figura 1.

Figura 1: Elementos de uma bacia hidrográfica



Fonte: Mundo Educação, acessado em: 17/10/2023

Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/bacia-hidrografica.htm>

A bacia de drenagem é formada por diferentes condições ambientais, lhe propiciando a paisagens únicas, possibilitadas pela relação coerente com o relevo, solo, vegetação, litologia e ações antrópicas. A partir dessa relação, é imposto a bacia hidrográfica a importância natural e social (Nascimento 2023; Souza 2023).

As bacias hidrográficas enfrentam problemas ambientais que impossibilitam a qualidade de aquíferos artesianos livres e o volume necessário para o abastecimento humano (Pereira et al. 2023). Segundo Souza (2023), a partir da literatura científica pode-se olhar a

bacia de drenagem a partir de duas óticas, 1) Bacia hidrográfica como unidade de planejamento territorial, por ser mais abrangente e visar o desenvolvimento socioeconômico, proteção ambiental e melhoria na qualidade de vida da população; 2) Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental, que se trata de um instrumento que foca o ambiente biofísico e os efeitos das atividades humanas de desenvolvimento sobre este. Servindo assim, ora como planejamento territorial ora como planejamento ambiental, onde ambas estão relacionadas com o espaço geográfico, mas com objetivos diferentes.

A partir dessa dualidade, Carvalho (2020) considera que as bacias de drenagem, são consideradas na visão do planejamento territorial como área básica para que haja ações que buscam a união da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental, referindo-se assim aos fatores que se relacionam com o uso dos recursos hídricos e a sua proteção ambiental.

Pelo seu potencial no armazenamento de água, a bacia hidrográfica está intimamente ligada ao ciclo hidrológico. Segundo Tucci (2008), o ciclo hidrológico terrestre é um fenômeno global de circulação fechada do corpo hídrico entre a atmosfera e a superfície terrestre. Está relacionado com a incidência de radiação solar que chega a Terra, promovendo a evaporação das águas que estão localizadas na superfície terrestre (tendo o aporte maior evaporado de rios, mares e oceanos). Dessa forma, a migração entre as circulações da superfície e da atmosfera, fechando esse ciclo, podem ocorrer em dois sentidos: superfície – atmosfera e atmosfera – superfície (Tucci 2008; Bier 2013;). Onde segundo Bier (2013) essa variação ocorre de forma:

No sentido superfície-atmosfera, onde o fluxo de água ocorre fundamentalmente na forma de vapor, como decorrência dos fenômenos de evaporação e de transpiração, este último um fenômeno biológico; b) no sentido atmosfera-superfície, onde a transferência de água ocorre em qualquer estado físico, sendo mais significativas, em termos mundiais, as precipitações de chuva e neve (Bier, 2013, p. 33).

Dessa forma, a parte que precipita sobre a superfície terrestre, pode escoar superficialmente abastecendo as bacias de drenagem ou infiltrando-se no solo suprindo os lençóis freáticos. Completando o seu ciclo a partir do regresso da água ao oceano (Terra, 2010).

Por meio desses movimentos de forma contínua, a água é transportada de um lugar para o outro. Podendo ocorrer em alguns segundos ou milhares de anos, onde a permanência desse recurso hídrico até a sua renovação também pode variar muito, podendo permanecer aproximadamente: 10 dias na atmosfera sob a forma de nuvens, 37 mil anos nos oceanos, 16 dias nos rios e milhares de anos nas calotas polares (Terra, 2010).

Segundo Teodoro et al. (2007), muitas definições foram atribuídas para o termo bacia hidrográfica, onde há uma semelhança entre essas. Contudo, as definições ligadas as subdivisões de uma bacia de drenagem (sub-bacia e microbacia), apresentam distintas abordagens, sendo relacionada a fatores físicos e ecológicos. Dessa forma, o conceito de sub bacia e microbacia não apresentam a mesma convergência em seu significado. Quadros 1 e 2.

Quadro 1: Diferentes conceitos de microbacia

Autores	Conceito de microbacia
ATTANASIO 2004	Se trata de uma unidade básica para preservação dos recursos naturais e da produção agropecuária. Sendo unidades espaciais e hidrológicas que possibilitam a análise dos recursos naturais e do uso humano.
SANTANA 2003	O termo microbacia, embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica. Sugere-se a sua substituição por sub-bacia hidrográfica.
CALIJURI E BUBEL 2006	Microbacias são áreas formadas por canais de 1º e 2º ordem e, em alguns casos, de 3º ordem, devendo ser definida como base na dinâmica dos processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos. As microbacias são áreas frágeis e frequentemente ameaçadas por perturbações, nas quais as escalas espacial, temporal e observacional, são fundamentais.

Fonte: Teodoro et al. (2007)

Quadro 2: Diferentes conceitos de sub bacia

Autores	Conceito
SANTANA (2004)	As Bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub bacias. Dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo – tronco ou canal coletor.
FAUSTINO (1996)	A microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub bacia, várias microbacias formam uma sub bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km ² .
TEODORO (2007)	As sub bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal
ROCHA apud TEODORO ET AL.	Sub bacias são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha (200 km ² e 300 km ²)

(2007)	
--------	--

Fonte: Autor (2023)

Em relação as subdivisões de uma bacia hidrográfica, as sub bacias são áreas de drenagem dos tributários do rio principal. Onde para Faustino (1996), as sub bacias possuem áreas de drenagem entre 100 km² a 700 km²; onde para Martins (2022) esse número se modifica, tendo assim um comprimento entre 200 km² a 300 km². Em contraponto, Santana (2003) traz que, uma bacia hidrográfica pode ser dividida em diversas sub bacias. A bacia de drenagem assim interligando-se com outra de ordem hierárquica maior, tornando a anterior uma sub bacia (Bier, 2013).

O conceito de microbacia aparece nas subdivisões da bacia hidrográfica, “podendo ser adotados critérios como unidades de medida, hidrológico e ecológico” (Teodoro, 2007, Pag.: 139).

2.1.1 Classificação das Bacias Hidrográficas e Seus Elementos

Segundo Christofolletti (1980), as bacias de drenagem podem ser caracterizadas pelo seu processo de drenagem global, sendo eles:

- a) Exorréicas: ocorre quando o escoamento das águas é de modo contínuo e desemboca no mar;
- b) Endorréicas: quando não há escoamento para o mar, e o corpo hídrico se dissipa no continente ou em lagos, dependendo do ambiente em que está inserida;
- c) Arréicas: ocorre quando a água se perde pelo caminho, como por exemplo na evapotranspiração ou por infiltração no solo, não havendo nenhuma estruturação de bacia hidrográfica;
- d) Criptorréicas: quando as bacias são subterrâneas, acaba por surgir fontes ou integrando-se a rios subaréos, como nas áreas cársticas.

No que se refere aos rios, segundo o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2014), existem três tipos: os perenes, intermitentes e efêmeros. A partir disso, é comum utilizar a classificação dos cursos dos corpos hídricos em relação a sua constância e vazão em um determinado período observado (Bier 2013).

- a) Perene: são considerados rios perenes aqueles que correm o ano todo, sendo alimentado continuamente, mantendo assim seu fluxo todo o ano;

b) Intermitente: durante o período de seca, não possui fluxo. Precisando assim, do período chuvoso para manter o seu fluxo, atuando apenas um determinado período do ano;

c) Efêmeros: só possui fluxo durante ou imediatamente o período de chuva, além de ser de pequeno porte.

2.2 Análise morfométrica na Bacia Hidrográfica

Segundo Tonello (2005), o comportamento de uma bacia de drenagem sofre forte influência da sua característica geomorfológica. Dessa forma, as suas características físicas e bióticas influenciam tanto no seu ciclo hidrológico, quanto na infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial e subsuperficial

Sendo assim, conhecer as características de uma bacia hidrográfica é muito importante não só para a gestão e governança, mas para que haja um bom uso de forma sustentável (Lira et al., 2020). Neste sentido, é importante o monitoramento dos parâmetros hídricos para que se possa identificar as mudanças repentinas que tendem a ocorrer.

A caracterização morfométrica de uma bacia de drenagem torna-se um dos primeiros métodos de análise a ser executado, onde tem por finalidade trazer várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (Teodoro, 2007). Sendo uma das estratégias do gerenciamento o conhecimento das características físicas de uma bacia de drenagem. Analisando assim, tanto a sua dinâmica ambiental como a territorial na sua área de atuação, tendo em vista que o comportamento de uma bacia hidrográfica está ligado as suas características físicas como forma de relevo geologia e solo (Tonello, 2005; Soares, 2016).

As análises morfométricas tiveram caráter mais objetivo a partir do notável trabalho de Robert E. Horton em 1945, onde ele estabeleceu leis do desenvolvimento dos canais de drenagem e de suas bacias. Sendo assim, Horton o primeiro e os seus métodos sendo expandidos e influenciados posteriormente pelas pesquisas de Sthraler e de seus colaboradores na universidade de Columbia. Possuindo assim um importante papel na geomorfologia, levando em consideração que os cursos d'água constituem um papel significativo no processo morfogenético e modelador da paisagem (Christofoletti, 1980).

De acordo com Antonelli e Thomaz (2007), com a junção dos dados obtidos a partir da morfometria é possível fazer a diferenciação de áreas consideradas homogêneas.

Qualificando assim alterações ambientais, além de vulnerabilidades que atinge a área estudada. Dessa forma, segundo Christofolleti (1980) é sugerido para um estudo analítico serem abordados quatro itens: hierarquia fluvial, análise areal, análise linear e análise hipsométrica. Descritas abaixo:

2.2.1 Hierarquia Fluvial

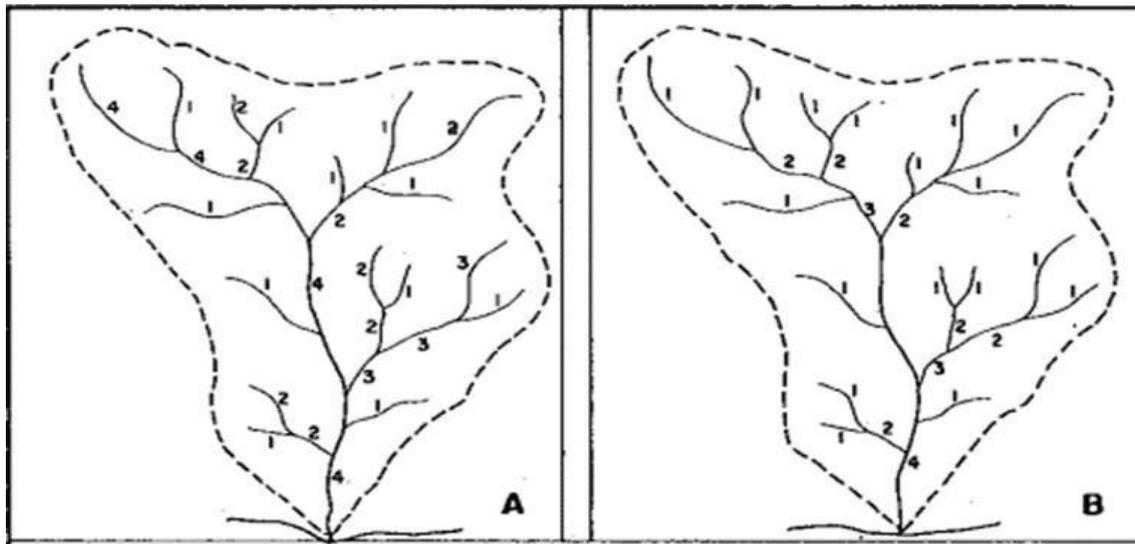
Segundo Christofolleti (1980), a hierarquia fluvial é utilizada como um facilitador, tornando o estudo morfométrico de uma bacia hidrográfica mais objetivo. Estabelecendo assim uma hierarquização fluvial a um curso de água, o autor cita métodos para estabelecer essa hierarquização, dentre esses o de Artur Strahler de 1952 e o de Robert E. Horton de 1945. A análise da hierarquia fluvial consegue descrever as mudanças relacionadas ao volume das águas que escoam pela rede de drenagem ao longo do ano (Florenzano, 2008).

Dentre as análises mais utilizadas está a de Robert E. Horton (1945), que posteriormente foi modificada por Artur Strahler em 1952, onde para Horton, os canais de primeira ordem são aqueles sem tributários, os de segunda ordem só recebem aqueles de primeira ordem, mas os de terceira ordem podem receber tanto de primeira quanto os de segunda e assim sucessivamente, contudo para Horton o rio principal possui o mesmo número de ordem desde a sua nascente, onde para se determinar qual o afluente e qual o rio principal podem ser usadas regras como: a) partindo da jusante da confluência; b) se ambos os cursos possuem o mesmo ângulo, o rio de menor extensão é geralmente considerado o de ordem mais baixa (Christofolleti, 1980).

Em contrapartida, Strahler (1952) traz uma análise diferente, onde o número de ordem do rio principal se modifica e deve-se refazer a numeração a cada confluência, para o mesmo os menores canais sem tributário são considerados de primeira ordem, enquanto os de segunda ordem são formados a partir da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem; os de terceira ordem surgem na confluência de dois canais de segunda ordem podendo receber afluentes de segunda e terceira ordem; enquanto os de quarta ordem se forma a partir da confluência de dois canais de terceira ordem e podem receber afluentes tanto de terceira ordem quanto de ordens inferiores (Christofolleti, 1980; Florenzano, 2008).

Sendo possível observar os dois tipos de hierarquização fluvial na figura 2.

Figura 2: Canais de drenagem, conforme Horton (A), Strahler (B) e n. de canais (C)



Ordem do Canal	Horton	Strahler
1º	11	17
2º	4	6
3º	1	2
4º	1	1

Fonte: Christofolleti (1980, p. 107) com adaptações (2024).

C

2.2.2 Análise Linear da Rede Hidrológica

Na análise linear são englobados os índices a propósito da rede de drenagem, onde também estão contidas as relações da rede de drenagem, cujas medições são efetuadas ao longo das linhas de escoamento, sendo utilizados métodos matemáticos e estatísticos (Alcântara e Amorim, 2005). Dessa forma, pode-se utilizar os seguintes parâmetros:

1) Comprimento do rio principal

É a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente. “Onde o problema está em definir qual o rio principal”, (Christofolleti 1980, p. 111). Ele ainda traz métodos a serem utilizados:

- a) Aplicar o critério de Horton de que o curso com a ordem mais elevada se trata do principal;
- b) Em cada bifurcação, a partir da desembocadura, optar pelo ligamento de maior magnitude;

c) Curso de água mais longo, da desembocadura da bacia até determinada nascente, medido como a soma dos comprimentos dos seus ligamentos (Shreve 1974, p. 1168).

2) Extensão do percurso superficial

Possuindo relação com a densidade de drenagem, a extensão do percurso superficial representa um índice muito importante pois representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o rio principal, que afeta o desenvolvimento hidrológico e fisiográfico de uma bacia hidrográfica, que por sua vez pode ser influenciado por fatores como clima e relevo (Christofolletti 1980; Florenzano 2008; Alves e Silva, 2014).

2.2.3 Análise Areal das bacias hidrográficas

Na análise areal das bacias de drenagens estão englobados índices nos quais influenciam medições planimétricas e lineares, levando em consideração fatores físicos, climáticos, geológicos e uso do solo (Alcântara e Amorim, 2005). Podendo incluir os seguintes critérios:

2.2.3.1) Área da Bacia:

É toda a área drenada pelo sistema fluvial, em um plano horizontal, para a realização do cálculo da área de uma bacia hidrográfica pode ser utilizado o instrumento que mede a área de uma figura plana, ou seja, o planímetro, ou com técnicas mais tecnológicas com o auxílio do computador (Teodoro, 2007).

2.2.3.2) Comprimento da Bacia:

Há uma diversidade de definições a respeito dessa medida em uma bacia hidrográfica. Christofolletti (1980) cita:

- a) Distância medida em linha reta entre a foz e determinado ponto do perímetro. Que assinala a equidistância do comprimento do perímetro entre a foz e ele. O ponto mencionado representa, então, a metade da distância correspondente ao comprimento total do perímetro;
- b) Maior distância, em linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro;
- c) Distância medida em linha reta, entre a foz e o mais alto ponto situado ao longo do perímetro;

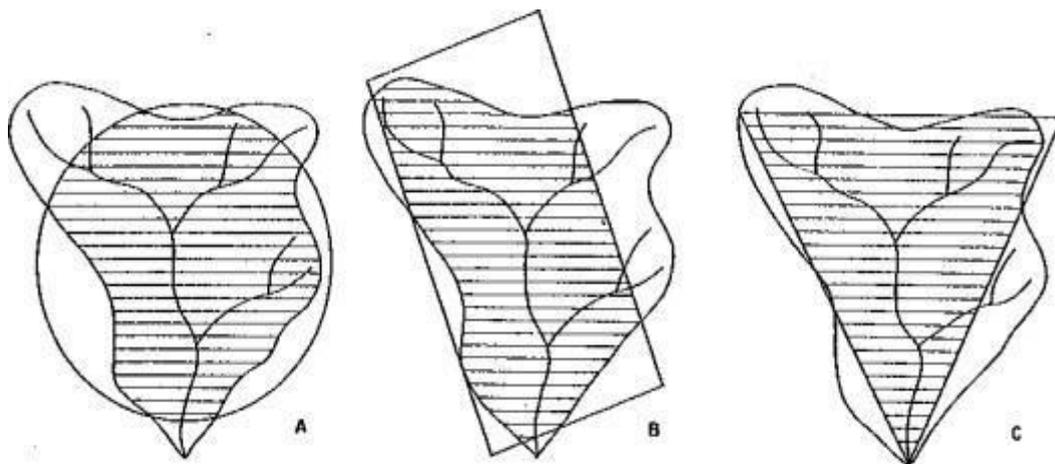
d) Distância medida em linha reta acompanhando paralelamente o rio principal. Esse procedimento acarreta diversas decisões subjetivas quando o rio é irregular ou tortuoso, ou quando a bacia de drenagem possui forma incomum.

Enquanto para Tonello (2005), se trata do comprimento da linha imaginária ao longo do limite geográfico que delimita a bacia hidrográfica.

2.2.3.3) Forma da Bacia

Proposto por V. C. Miller, em 1953, o fator forma retirou a subjetividade na caracterização da forma das bacias. Em 1970 David Lee e Tomas Salle, trazem esse método para indicar outras formas geométricas (retangular, circular, triangular), como é apresentado na figura 3, que se enquadram na bacia hidrográfica. Destacando que, o número máximo a ser obtido a partir da fórmula é 1,0 e quanto maior o valor, mais circular é a bacia. Além disso, o fator forma pode indicar a tendência daquela bacia a ter enchentes, tendo efeito sobre o comportamento hidrológico da bacia, como por exemplo o tempo de concentração (Christofolleti, 1980).

Figura 3: A mensuração da forma de bacias hidrográficas



Fonte: Christofolleti (1980, p. 114)

Sobre a propensão de uma bacia a enchentes, Paredes (2014) indica que, o fator forma é muito importante pela influência exercida entre o tempo que a água da chuva se transforma em escoamento e sua constatação na relação de controle. Portanto, quanto mais a bacia se assemelhar com um círculo existe uma maior possibilidade de ocorrerem cheias. Segundo o mesmo autor, a classificação da suscetibilidade a enchente de uma área pode ser

apresentada entre as seguintes classes de valores: 1,0 – 0,75 sujeito a enchentes; 0,75 – 0,50 tendência mediana; > 0,50 não sujeito a enchente.

2.2.3.4) Densidade de drenagem

Segundo Studart (2006), é a razão entre o comprimento total dos cursos de água em uma bacia e a área desta bacia hidrográfica, estando de acordo com a ideia de Christofolletti (1980), onde correlaciona todo o comprimento dos canais ou rios da bacia hidrográfica, sendo utilizada por R. E. Horton em 1945.

Segundo Tonello (2005, p. 19), “este índice reflete a influência da geologia, topografia, solo e vegetação da bacia hidrográfica, e está relacionado com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia”.

Dessa forma, o comportamento hidrológico das rochas em um mesmo ambiente vai influenciar a densidade de drenagem, dessa forma, a infiltração se torna mais difícil, havendo maior escoamento superficial, gerando uma remodelação nos canais, conseqüentemente aumentando a densidade de drenagem, além de influenciar no escoamento, uma vez quanto maior a densidade menor é o tempo de concentração e maior vazão no pico de cheia (Teodoro et al., 2013).

2.2.3.5) Amplitude altimétrica

Corresponde à diferença altimétrica entre o ponto mais alto da bacia e a altitude de sua desembocadura (Christofolletti, 1980; Florenzano, 2008).

2.2.3.6) Índice de Compacidade

Segundo Martins *et al.* (2022), o índice de compacidade (K_c) é uma análise que compara o formato da bacia com um círculo, a qual constitui uma relação entre seu perímetro e a área de um círculo igual ao da bacia. Onde a partir desse parâmetro, observamos a sua susceptibilidade a enchentes. Dessa forma quanto mais irregular ela for, maior é o seu índice de compacidade, ou seja, quanto mais próxima da unidade um mais circular a bacia será, sendo assim, propensa a enchentes (Villela e Matos, 1975).

2.2.3.7) Índice de circularidade

O índice de circularidade é uma classificação que indica a irregularidade do formato da bacia hidrográfica. Dessa forma, quanto mais irregular a bacia, maior será o seu coeficiente de compacidade, analisando assim se é suscetível a inundação ou não Trajano (2012).

2.2.3.8) Coeficiente de manutenção

Segundo Schumm (1956), o coeficiente de manutenção de uma bacia hidrográfica é a área necessária para manter um quilômetro de canal fluvial, sendo também um dos índices mais importantes para o estudo e caracterização da rede de drenagem, indicando assim, a área necessária para manter ativo um Km de canal de drenagem.

2.2.4 Relação com o relevo

Segundo Tonello (2005), o relevo é um agente influenciador sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos de uma bacia hidrográfica, onde a partir da declividade do terreno pode influenciar na velocidade do escoamento superficial e conseqüentemente o tempo de concentração. Além disso, a temperatura, evapotranspiração entre outras funções relacionadas a altitude (Teodoro et al., 2007).

1) Declividade

A declividade é um importante parâmetro hipsométrico para a velocidade do escoamento superficial em domínio fluvial. Esse parâmetro é necessário para racionalizar a gestão e o manejo de recursos hídricos, como para o comprimento da legislação ambiental (Tonello, 2006; Trajano, 2012; Martins, 2022).

Portanto, é de grande importância o estudo de curvas características do relevo de uma bacia hidrográfica, onde segundo a Embrapa (1979) produziu uma classificação da declividade do relevo e o seu formato (Quadro 3).

2) Amplitude altimétrica

Corresponde à diferença altimétrica entre o ponto mais alto da bacia e a altitude de sua desembocadura (Christofolletti, 1980; Florenzano, 2008).

2.3 Geoprocessamento Aplicado aos Estudos Ambientais

A necessidade do ser humano em intervir no espaço geográfico, buscando uma melhor compreensão das relações entre sociedade com o ambiente, torna a procura por novos

instrumentos conceituais em todas as áreas do conhecimento. Nesse sentido, as geotecnologias têm causado maior influência sobre as pesquisas geográficas, com especial destaque para os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e os avanços na área do sensoriamento remoto (Fitz, 2008).

Dessa maneira, podemos considerar uma informação como um conjunto de registros e dados interpretados e dotados de significados lógicos, enquanto um sistema de informação pode ser entendido como um processador utilizado para coletar e armazenar informações a ele vinculado (Fitz, 2008; Florenzano, 2008), dessa forma Fitz (2008, p. 23) definiu SIG como:

“Um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido” (Fitz, 2008, p. 23)

O Sensoriamento Remoto é uma tecnologia que fornece grande parte dos dados para o estudo dos fenômenos espaciais. Dessa forma, com o surgimento dessas tecnologias foi possível o progresso científico, pelo fato de o relevo ser bem destacado quando é visto de cima (Florenzano, 2008).

O geoprocessamento é um conjunto de técnicas computacionais para coleta, processamento e análise de informações que opera sobre uma base de dados georeferenciados. Que se apoiando a estruturas ambientais propicia o máximo de eficácia, (Bier, 2013; Silva, 2021).

Com a procura excessiva para o desenvolvimento de soluções para os impactos ambientais, como manejo sustentável das bacias hidrográficas, e o desenvolvimento das tecnologias, houve o aumento das técnicas de geoprocessamento com o passar dos anos, (D’Alge, 2013).

Dessa forma, a partir do uso das tecnologias do geoprocessamento foi possível aumentar a facilidade e velocidade das análises sobre determinada área de estudo (Florenzano, 2008). Sendo assim, o desenvolvimento do geoprocessamento transformou a forma como tanto a população quanto os pesquisadores coletam, utilizam e disseminam a informação, facilitando o monitoramento por aumentar os meios de obtenção, como por exemplo mapas interativos, mapas de satélite, além de ações de desenvolvimento em tempo real. Segundo Steink e Silva (2005,), as técnicas do geoprocessamento podem ser entendidas como:

“[...] uma tecnologia destinada ao armazenamento e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas de aplicações envolvendo a cartografia digital e o processamento digital de imagens e os SIGs” (Steink, 2003, p. 18).

Segundo Silva (2021, p. 26), o uso das ferramentas do geoprocessamento pode ser considerado o melhor aliado para identificar, mensurar, interpretar, projetar, classificar e avaliar fatores mais pertinentes para mapeamento de áreas de risco. Sendo considerada como uma técnica do geoprocessamento o Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo responsável pela manipulação das imagens a partir da sua base de dados geográficos de diversas fontes em uma base unificada, possibilitando assim, a aquisição de dados qualitativos e quantitativos a partir de dados computacionais, onde auxiliam na gestão dos recursos a partir dos dados georreferenciados (Cavallari, 2007).

Segundo Florenzano (2008), a aplicação de novas técnicas tais como Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem analisar os aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais do manejo de recursos hídricos e de prever os efeitos em termos do impacto antrópico, de forma mais ágil, fácil e rápida.

Com o passar do tempo as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, em ambiente SIG, têm sido ferramentas bastante utilizadas para analisar os parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas, pois possibilita a extração dos parâmetros e atributos da paisagem, permitindo compreender sua organização e entender sobre os seus demais componentes geoambientais (Dias e Lima, 2018).

Entre as diversas unidades espaciais, inúmeros estudos têm utilizado a bacia hidrográfica como objeto de trabalho em SIG. Entendida, segundo Silva (2014), como uma área que drena água, sedimentos e material dissolvido para um ponto comum e delimitada pelos divisores topográficos, a bacia hidrográfica desde o fim da década de 60, vem sendo vista como uma unidade espacial na Geografia. Sendo assim a utilização do geoprocessamento e de *softwares* auxiliam na execução e caracterização do meio físico, por meio da análise de parâmetros, sendo de suma importância para a gestão e planejamento (Binda, 2009).

Relacionado com estudos morfométricos, o geoprocessamento se mostra um grande aliado, uma vez que visam caracterizar, avaliar e analisar bacias hidrográficas, como os de Borsato e Martoni (2004), Santos (2007) e Costa. (2020) em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), por meio da utilização de geotecnologias (Sensoriamento

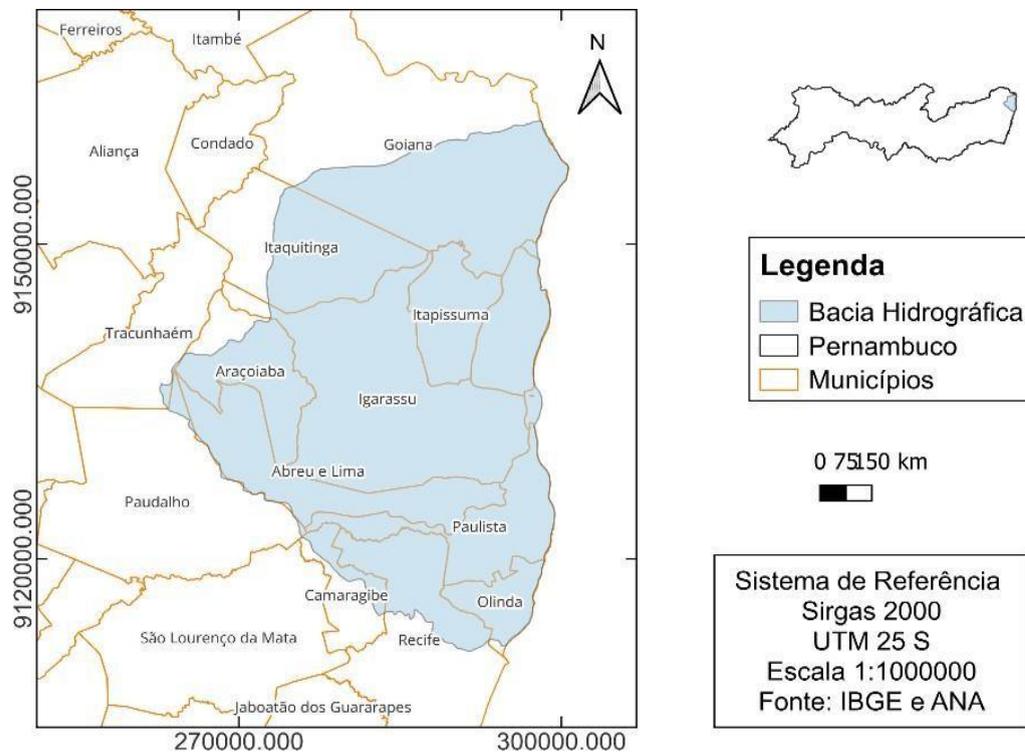
Remoto, Sistemas de Informação Geográfica, Banco de Dados Geográficos, dentre outras), demonstram ser eficientes na geração de dados que possibilitam o entendimento da dinâmica hídrica de bacias hidrográficas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica de Pequenos Rios Litorâneos GL1, está localizada no litoral norte de Pernambuco, compreendida entre as coordenadas latitudinais 07° 35' 12" Sul e 08° 03' 48" Sul, e longitudinais 34° 48' 46" oeste e 35° 11' 33" oeste, figura 4, ocupando uma área de 1.118,11 km² de seu território.

Figura 4: Mapa de localização da bacia hidrográfica GL1



Fonte: Banco de Dados da ANA, com alterações do autor (2024)

A rede hidrográfica GL1, como é também chamada, abrange treze municípios do estado, dos quais três estão totalmente inseridos na área da bacia (Itamaracá, Itapissuma e Paulista); quatro municípios com sede nesse grupo (Abreu e Lima, Araçoiaba, Igarassu e Olinda); e seis estão parcialmente inseridos (Camaragibe, Goiana, Itaquitinga, Recife, Paudalho e Tracunhaém) (APAC, 2023). Contudo, segundo dados do IBGE (2022) a junção de todos os 13 municípios que a bacia abrange, possuem aproximadamente 2 milhões e 400 mil habitantes.

Abaixo podem ser analisados dados dos municípios totalmente inseridos na bacia (Itapissuma, Paulista e Itamaracá), quadro 5.

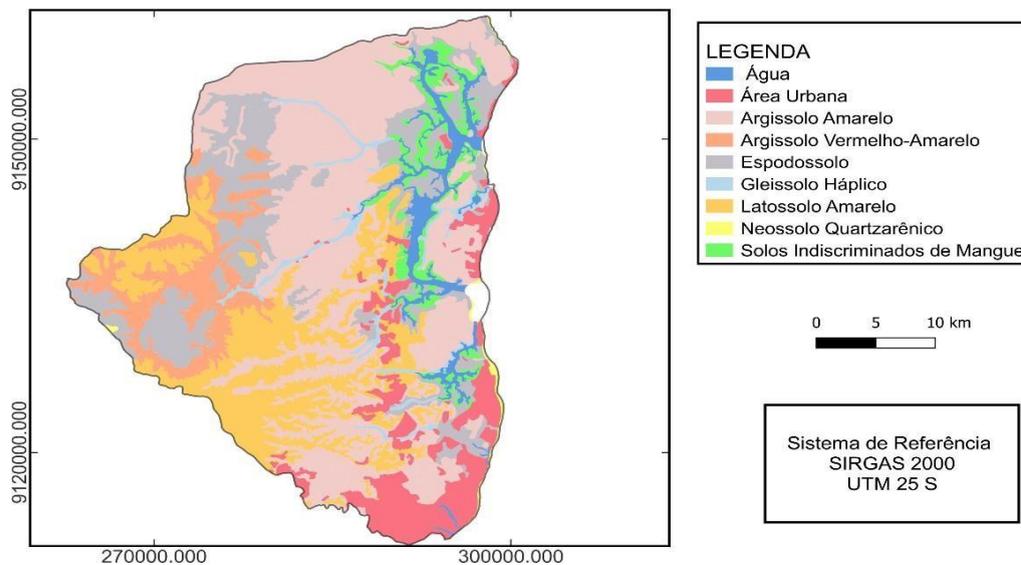
Quadro 3: Análise socioeconômica dos municípios de Itapissuma, Paulista e Itamaracá

Municípios	PIB per capita	População
Itapissuma	87.814,64	27.749
Paulista	16.596,43	316.719
Itamaracá	11.051,57	24.540

Fonte: Banco de dados do IBGE (2022), com modificações do autor (2024)

Percebe-se que esses municípios são urbanizados, com sua economia voltada ao setor secundário e terciário (indústria e serviços), possuindo juntos aproximadamente de 370 mil habitantes abastecidos pela bacia GL1 (IBGE, 2022).

Segundo dados do Zoneamento agroecológico de Pernambuco – ZAPE (Silva et al., 2001), os solos predominantes na área de estudo são: Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho - Amarelo, Espodossolo, Gleissolo Háptico, Latossolo Amarelo, Neossolo Quartzarênico e Solos indiscriminados de Mangue, como pode ser observado na figura 05.

Figura 5: Mapa de tipos de solo da bacia hidrográfica GL1

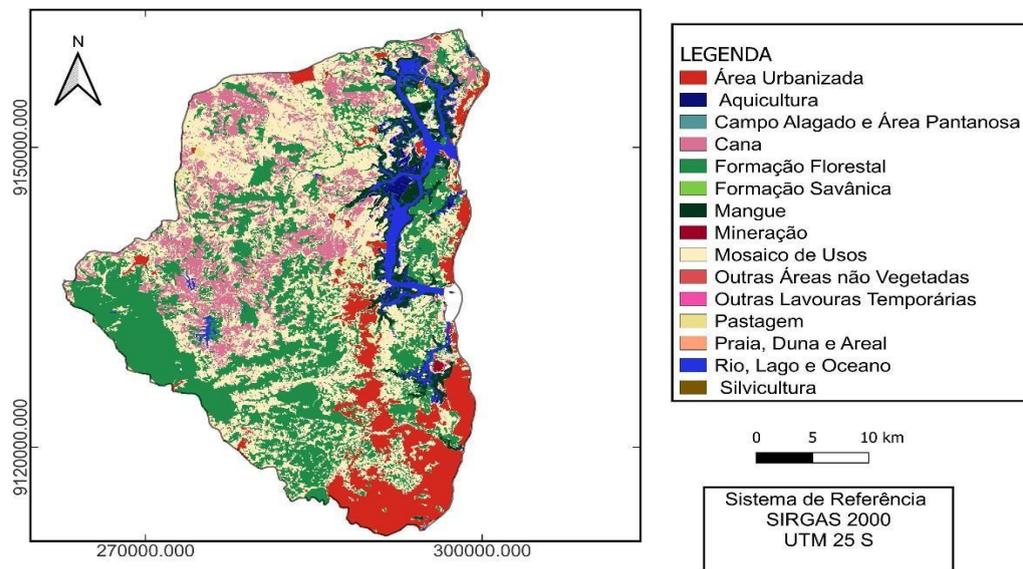
Fonte: Banco de Dados Do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (Silva et al., 2011), com alterações do autor (2024)

Tendo destaque na área da bacia o Argissolo amarelo, é considerado um solo composto por materiais argilosos com seu nível de fertilidade de baixa a média, sendo propensa a erosão causada pela diferença de textura superficial e subsuperficial, embora possam apresentar boas condições físicas de permeabilidade e retenção de umidade. Outra classe de solo em destaque é o Latossolo Amarelo, possuindo geralmente alto teor de óxidos

de ferro, alumínio silício e titânio, sendo resistente ao processo de erosão e apresentam alto potencial agrícola (EMBRAPA, 2021).

A rede de drenagem GL1 possui um diversificado uso e ocupação da sua área, possuindo destaque para área urbanizada, cana-de-açúcar, formação florestal e mosaico de usos (diferentes tipos de uso). Como pode ser observado na figura 6.

Figura 6: Mapa de uso e ocupação da bacia hidrográfica GL1



Fonte: Banco de dados do Mapbiomas (2022) com modificações do autor (2024)

Vale salientar que o uso e ocupação dessa área podem influenciar na dinâmica das águas dessa bacia, uma vez que com a compactação dos solos e formação de asfaltos das áreas urbanas induzem a mudança no escoamento superficial e na capacidade de captação de água por parte do solo.

3.1 Metodologia

O presente trabalho utilizou o método de pesquisa quantitativo, onde foram utilizadas ferramentas estatísticas, tabelas e números para obter os resultados (ABNT, 2022). Gerando novos conhecimentos úteis para o avanço da ciência, analisando as características morfométricas da bacia GL1 e compreendendo como essas variáveis influenciam na sua dinâmica.

Os procedimentos metodológicos utilizados para a obtenção dos parâmetros morfométricos foram baseados nas propostas estabelecidas por Christofolletti (1980) Geomorfologia; Florenzano (2008) – Geomorfologia conceitos e tecnologias atuais; e padrões de classificação fornecidos pela EMBRAPA (2013), sendo assim analisados parâmetros da bacia a nível de hierarquia de canais, aspecto areal, aspecto linear e aspecto de relevo.

Onde os parâmetros analisados trazem características tanto da área da bacia, quanto da sua dinâmica de escoamento e infiltração, sendo essenciais para as questões de gestão e governança, uma vez que o escoamento de uma bacia hidrográfica está intimamente ligado com suas características físicas e a eventos pluviais extremos, como enchentes. Sendo os parâmetros morfométricos considerados observados no quadro 4:

Quadro 4: Parâmetros morfométricos analisados

PARÂMETROS	UNIDADES
Área da Bacia	Km ²
Perímetro da Bacia	Km
Comprimento do rio principal	Km
Altitude máxima	m
Altitude mínima	m
Amplitude média	m
Coefficiente de manutenção	Km/Km ²
Fator forma	Adimensional
Número de canais	unidade
Número de nascentes	unidade
Densidade de drenagem	Km/Km ²
Declividade Média	%
Comprimento total dos canais	Km

Índice de Rugosidade	Adimensional
Índice de compacidade	Adimensional
Tempo de concentração	hr

Fonte: Christofolletti (1980) e Florenzano (2008) com adaptações do autor (2024)

A base cartográfica da bacia hidrográfica GL1, com o limite da área, foi obtida por meio de Agência Nacional de Águas (ANA), disponível no link < <https://www.gov.br/ana/pt-br>>, através do uso dos metadados: Unidades Estaduais de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, mapeamento de 2014. Que dispõe de modelos de elevação (MDE), obtidos por Sensoriamento Remoto que admite a obtenção de dados hidrográficos de todo território brasileiro.

3.1.1 Preparação da base cartográfica

Foi realizado o recorte da área de estudo a partir do *software* livre QGIS, para cálculos de parâmetros morfométricos e processamento das imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) junto a classificação de Strahler (1952), obtendo assim os mapas de declividade, Canais de drenagem, altimetria e nascentes.

3.1.2 Área da Bacia

A área da bacia e a sua amplitude altimétrica foi obtida a partir da tabela de atributos da camada vetorial da bacia GL1 no *software* QGIS, também podendo obter dados da área a partir do site da Agência Nacional, disponível em: < <https://www.apac.pe.gov.br/184-bacias-hidrograficas-gl-1/222-gl-1>>

3.1.3 Hierarquia fluvial

Foi utilizada a classificação de Strahler pelo *software* QGIS para a definição da quantidade e classificação dos canais de drenagem a partir de sua confluência, sendo eles de:

- 1^a Ordem - sem tributários
- 2^a Ordem - Tributários de primeira ordem
- 3^a Ordem - Tributários de segunda ordem
- 4^a Ordem - Tributários de terceira ordem
- 5^a Ordem - Tributários de quarta ordem

3.1.4 Coeficiente de manutenção

A partir dos resultados obtidos pelo processamento da imagem SRTM, foi encontrado e utilizado o valor da densidade de drenagem, uma vez que o coeficiente de manutenção é inversamente proporcional a ela, sendo utilizada na equação indicada por Schumm (1956). Equação 1:

$$Cm = \frac{1}{Dd} \quad (1)$$

Onde: Cm = Coeficiente de manutenção;
Dd = Densidade de drenagem.

3.1.5 Fator forma

O fator forma é um índice numérico, sendo importante com relação a suscetibilidade a enchentes, onde quanto mais próximo de um, mais suscetível a enchentes. Desse modo, foi feita a relação entre a área da bacia e o comprimento da bacia ao quadrado, utilizando a equação proposta por Villela e Mattos (1975). Equação 2:

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Onde: Kf = Fator forma;
A = Área da bacia;
L = Comprimento da bacia.

Seguindo assim a classificação de Villela e Matos (1975) correspondente a tabela a seguir.

Tabela 1: Classificação do fator forma

Fatores	Valores e Classificações			
Fator Forma	1,0 - 0,75	0,75 - 0,50	0,50 - 0,30	<0,30
Formato	Redonda	Mediana	Oblonga	Comprida
Interpretação Ambiental	Alta tendência a enchente	Média tendência a enchente	Baixa tendência a enchente	Tendência a conservação

Fonte: Villela e Matos (1975) adaptado por Nascimento (2024)

3.1.6 Tempo de concentração

O tempo de concentração é um parâmetro muito importante, onde ele traz o tempo que a água leva do seu ponto mais distante até o exutório da bacia. Para obter esse parâmetro foi necessário utilizar a equação 04, com base nos estudos de (Dooge, 1973).

$$Tc = 0,364 * \left(\frac{A^{0,41}}{S^{0,17}} \right) \quad (4)$$

Onde: Tc = Tempo de concentração;
A = área;
S = Declividade Média.

3.1.7 Rio Principal

Utilizando o conceito de Shreve (1974) em que o rio principal seria o rio de maior extensão, esse dado foi obtido a partir do site da APAC < <https://www.apac.pe.gov.br/184-bacias-hidrograficas-gl-1/222-gl-1>>

3.1.8 Densidade de drenagem

Para obter a densidade de drenagem, se analisou a razão entre o comprimento total dos canais e a área de bacia hidrográfica, correlacionando todo o comprimento dos canais (Horton, 1945), seguindo a equação 5.

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (5)$$

Onde: Dd = Densidade de drenagem
L = Comprimento total dos canais
A = área da bacia hidrográfica

Após a realização da equação 5, o resultado foi comparado com a classificação de Beltrame (1994), mostrado no quadro 4.

Quadro 5: Classificação dos valores de densidade de drenagem

Valores da Densidade de Drenagem	Qualificação da Densidade de Drenagem
< 0,50	Baixa
0,50 - 2,00	Mediana
2,01 - 3,50	Alta
>3,50	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994) com alterações

Onde, quanto maior for o resultado obtido mais alta é considerada a densidade da drenagem da bacia hidrográfica.

3.1.9 Mapeamento da declividade

Para o mapeamento de declividade, no software Qgis, foi aplicado todo o processamento da imagem e depois utilizada da classificação da Embrapa (2013), a qual pode ser observada no Quadro 05.

Quadro 6: Classificação da declividade

Declividade %	Classes
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave Ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte Ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: Portal Embrapa (2013) com alterações pelo autor (2024)

3.1.10 Índice de rugosidade

O parâmetro de índice de rugosidade indica o desnível médio da bacia hidrográfica, onde quanto maior o IR, maior é o potencial erosivo da bacia (Pissarra, 2004). Sendo relacionado a densidade de drenagem com a declividade média. Para análise desse parâmetro foi utilizada a equação 6.

$$IR = Dd * D \quad (6)$$

Onde: IR = Índice de rugosidade
Dd = Desnidade de drenagem
D = Declividade Média

3.1.11 Índice de compacidade

Relaciona a área da bacia com o seu perímetro e para calcular o índice de compacidade é utilizada a equação de Lima (1969), equação (7)

$$KC = 0,28 \times (P \times \sqrt{A}) \quad (7)$$

Onde: KC = Coeficiente de compacidade
 P = Perímetro
 A = Área

O resultado é comparado com a classificação de Villela e Matos (1975), que pode ser observada no quadro 6.

Quadro 7: Classificação do índice de compacidade

Valores	Classificação
1,00 – 1,25	Alta propensão a grandes enchentes
1,25 – 1,50	Tendência mediana a grandes enchentes
>1,50	Bacia não sujeita a enchentes

Fonte: Villela e Matos (1975)

Onde quanto maior e mais distante de 1, menor é a susceptibilidade a enchentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.2 Análise dos parâmetros físicos da Bacia GL1

A partir da análise dos parâmetros morfométricos da Bacia de Pequenos Rios Litorâneos GL1 foram obtidos resultados separados entre características geométricas, de relevo e rede de drenagem, apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Resultados dos parâmetros morfométricos analisados na bacia hidrográfica GL1, Litoral e Zona da Mata Norte de Pernambuco

Característica	Variável	Unidade	Resultado
Geométricas	Área da Bacia	Km ²	1188,11
	Perímetro	Km	151
	Fator Forma	-	0,45
	Largura	Km	51
	Coeficiente de compactidade	-	1,22
Relevo	Altitude Máxima	m	203
	Altitude Mínima	m	-14
	Declividade Média	m/Km	8,52%
	Amplitude Altimétrica	m	217
Rede de Drenagem	Comprimento Rio Principal	Km	51
	Tempo de concentração	h	4,63
	Densidade de Drenagem	Km/Km ²	1,16
	Coeficiente de Manutenção	Km ² /Km	0,86
	Quantificação de nascentes	Und	774
	Quantificação de Canais	Und	1490
	Índice de Rugosidade	-	9,88

Fonte: Christofolletti (1980); Florenzano (2008); Machado e Torres (2012) com modificações de Nascimento (2024)

Quanto as características geométricas, verificou-se que a bacia estudada apresenta uma área de drenagem de 1188,11 Km² e perímetro de 151 km sendo classificada por Wisler e Brater (1964) como grande, pois ultrapassa o tamanho de 26 Km². Segundo Florenzano (2008), bacias de maiores extensões são mais propensas a formatos alongados e bacias pequenas tendem a ser mais compactadas.

Apresentando um fator forma de 0,45, esse resultado influencia diretamente no seu tempo de concentração, sendo utilizado para prever a intensidade do fluxo da bacia. Segundo Villela e Matos (1975), valores entre 0,30 – 0,75 são considerados de formato mediano a oblonga. Estudos de Carvalho (2020) trazem que quanto mais distante do valor 1, menos propenso a enchentes e quanto mais próximo de 1 maior é o grau de suscetibilidade a enchentes. A rede de drenagem em estudo possui características de forma que a torna pouco suscetível a enchentes e inundações, com condições normais de precipitação.

Segundo estudos de Villela e Matos (1975), bacias hidrográficas com formato menos circular indica baixa propensão a ocorrência de enchentes devido a sua forma geométrica.

Podendo assim inferir que a bacia estudada não possui riscos elevados para ocorrência de enchentes e inundações em condições normais de precipitação, isto se deve ao fato de que com o fator forma mais baixo é menor a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão.

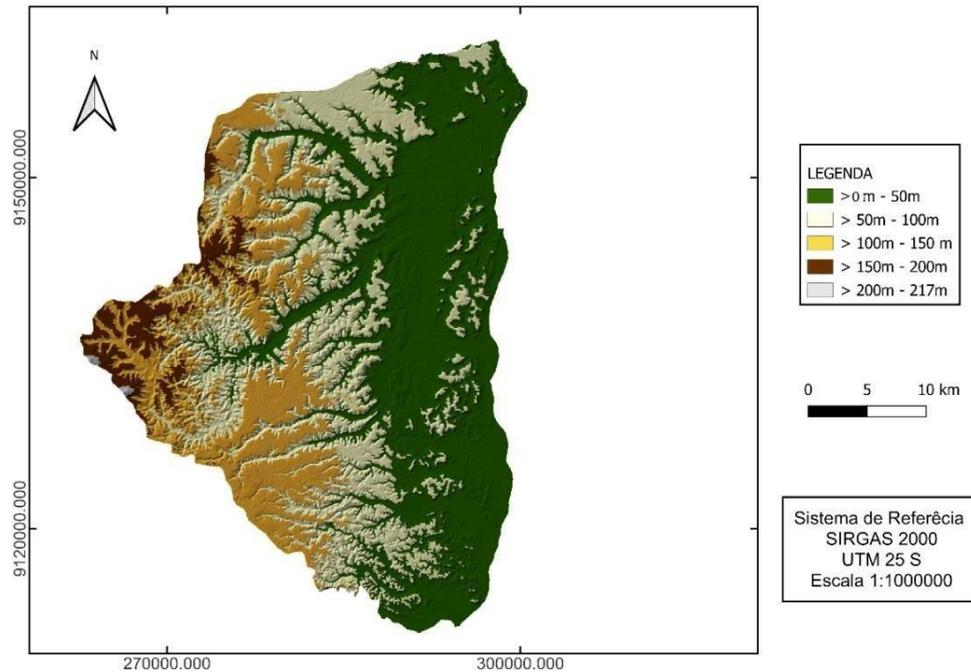
As dimensões da rede de drenagem obtidas nesse estudo se assemelham com o estudo de Pereira et al. (2019) contando com um fator forma de (0,26) e índice de compacidade de (1,553) caracterizando a bacia hidrográfica do Rio dos Patos, Go como pouco passível a enchentes. Stipp et al. (2006), ao realizar a caracterização da bacia do Rio Taquara no Paraná, também identificaram um formato mais alongado da rede de drenagem, com fator forma de 0,332, constatando-se como bacia pouco suscetível a enchentes.

Essa informação é complementada por Borsato e Martoni (2004), em que essas características morfométricas influenciam na distribuição das águas que são precipitadas sobre a bacia, fazendo com que ocorra de forma alternada e para diversas áreas do espaço, reduzindo as chances de enchentes e auxiliam nas análises hidrológicas e no grau de vulnerabilidade da bacia hidrográfica.

Na bacia hidrográfica do Rio São João, Salles (2010) salienta a baixa propensão a eventos de enchentes, relacionando-o com o fator forma de (0,20), considerado baixo, implicando em um formato comprido da área de estudo, possibilitando menor risco de ocorrência de chuvas intensas junto a intensificação de grandes volumes de água sendo depositados simultaneamente no rio principal.

A bacia GL1 apresentou o índice de compacidade de 1,22, sendo considerada com risco mediano a grandes enchentes, enquanto no trabalho de Costa et al. (2020) na bacia hidrográfica do Paraguai o coeficiente de compacidade foi de 1,73, o que foi considerado como baixa propensão a enchentes. Estudos de Martins (2022), confirma essa informação, onde ao obter o resultado de coeficiente de compacidade de 1,68, indicou baixo indício de suscetibilidade a ocorrência de enchentes.

As cotas altimétricas apresentaram ampla variação, resultando na amplitude altimétrica de 217 metros, onde a sua altitude mínima é -14 metros e a altitude máxima 203 metros, como pode ser visto na figura 7.

Figura 7: Mapa Hipsométrico da bacia hidrográfica GL1

Fonte: Imagem do projeto SRTM modificada a partir do Qgis pelo autor 2024

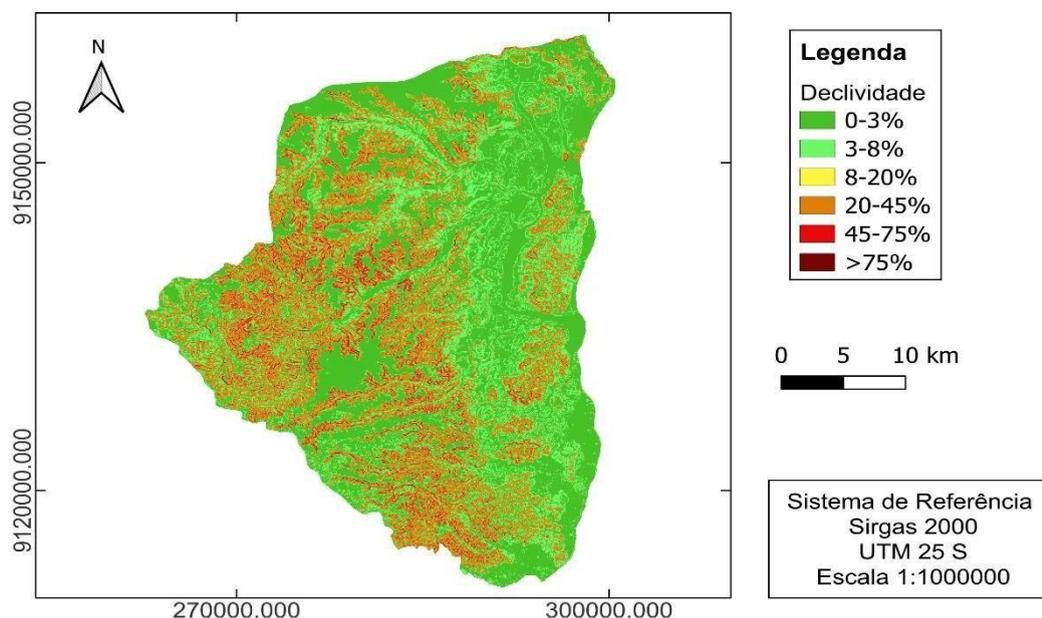
Sendo um resultado semelhante ao estudo de Pereira et al. (2020) na bacia hidrográfica do Rio Piriá – PA, onde essa amplitude altimétrica influencia na dinâmica de escoamento da bacia hidrográfica, porém sendo suavizada a partir das áreas mais planificadas da bacia.

Em relação ao declive do relevo que influencia num caimento maior ou menor da velocidade da água, tornando as áreas com maiores declives sujeitas a transporte de materiais e erosão. Podemos observar mais informações no quadro 7.

Quadro 8: Classes de declividade da bacia GL1, Litoral e Zona da Mata Norte de Pernambuco

Classes de declividade	Área (%)
Plano (0 – 3%)	24,89%
Suave Ondulado (3-8%)	28,87%
Ondulado (8-20%)	29,69%
Forte Ondulado (20-45%)	16,35%
Montanhoso (45-75%)	0,20%
Escarpado (>75%)	0%

Fonte: Imagens de satélite com modificações 2024

Figura 8: Mapa de declividade da bacia GL1

Fonte: Imagens de satélite com modificadas a partir do Qgis pelo autor, 2024

A partir da análise da figura 8 e da tabela 7, percebemos que o destaque do relevo na área da bacia é de terreno ondulado, contando com uma porcentagem de 29,69% da área da bacia. Na porção oeste da bacia hidrográfica observamos uma maior declividade no terreno, correspondendo a fortemente ondulado, com porcentagem de 16,35% (entre 20 – 45%), esse parâmetro pode ser compensado pela formação florestal que está localizado nesse espaço.

Sendo o resultado contrário ao do estudo da análise de Soares e Souza (2012) no Rio Pequeno em São José dos Pinhais – PR, onde o resultado obtido foi da declividade de (0,53) por cento, indicando uma área de caimento suave, contribuindo para uma erosão menor na bacia, embora em sua análise ele traz que a falta de caimento pode ser um agravante para enchentes, todavia o acelerado caimento causa elevada retirada da camada do solo.

O rio Botafogo, considerado como principal curso d'água da bacia GL1 tem o comprimento de 51Km, onde segundo Shreve (1974) a largura da rede de drenagem pode ser considerada como a medida em linha reta acompanhada paralelamente o rio principal, ou seja, o rio Botafogo que é considerado o de maior importância para o abastecimento da de água da região metropolitana do Recife.

O tempo de concentração (t_c) da bacia hidrográfica que é de aproximadamente 4 horas e 36 minutos com estimativas feitas a partir da equação de Dooge (1993), nos permite compreender o comportamento do escoamento superficial da bacia, levando em consideração

que a GL1 está localizada em uma área urbana. Este parâmetro está correlacionado com a velocidade do fluxo de água sobre a superfície da bacia, de modo que, quanto maior o tempo de concentração, menor é a velocidade do fluxo de água, dificultando assim a tendência para enchentes (Rebouças, 2016).

No estudo de Silva e Farias (2021) na Bacia do Mundaú – AL é encontrado um tempo de concentração de 23,94 horas, em contrapartida a área a bacia Mundaú possui quase quatro vezes a área da bacia GL1 o que influencia no seu tempo de concentração, uma vez que desconsiderando a declividade do relevo o tempo de concentração em uma bacia maiores se torna maior.

Pereira (2020) em sua análise na bacia do Piriá – PA, obteve o valor de tempo de concentração de (40,53 horas), onde a sua área é de aproximadamente duas vezes maior que a da bacia GL1 e o seu relevo possui predominância planificada, o que influencia diretamente o tempo que a água leva para chegar no exutório da bacia hidrográfica.

Como pode ser observado na tabela 01 a GL1 possui densidade de drenagem média segundo Sthraler (1957), onde demanda atenção, pois ao avaliarmos a densidade de drenagem conhecemos o potencial da bacia hidrográfica de permitir maior ou menor escoamento superficial e maior ou menor potencial de infiltração de suas águas, influenciando também na intensidade dos processos erosivos nesse espaço geográfico. Sendo importante salientar que a bacia GL1 é de área urbana e a impermeabilização do solo que ocorre em área urbana é um dos principais problemas para que ocorra a infiltração da água.

O parâmetro densidade de drenagem, definido na tabela 1, possui o valor de 1,16 Km/Km^2 , dessa forma, a partir desse parâmetro segundo Beltrame (1994) podemos considerar a rede de drenagem GL1 com densidade de drenagem boa, sendo propensa ao médio escoamento e pouca infiltração sendo considerada com maior resistência a erosão o que pode interferir no escoamento pluvial dessa área (Kohler e Paulhus 1975). Todavia, a bacia possui um coeficiente de manutenção considerado alto, onde uma área mínima para manter perene um m^2 de canal de escoamento foi de 0,86 Km^2/Km (Tabela 01). O que auxilia na relação com o escoamento e fornece a área mínima necessária para manter o escoamento do canal (Christofoletti, 1981).

Através do estudo de Simões et al. (2018) na bacia do Rio Cuiabá – MT é obtido o valor de densidade de drenagem (0,81 Km/Km^2), considerado uma bacia de drenagem mediana, onde o parâmetro é entre 0,5 Km/Km^2 em bacias de drenagem pobre a 3,5 Km/Km^2 em bacias bem drenadas.

Diferente do trabalho de Oliveira et, al., (2010) onde o valor do índice foi de (0,30 Km/Km²) na bacia hidrográfica do Ribeirão Salobra – MG, apresentando baixa densidade de drenagem, porém, indicando uma área permeável e de relevo plano e suave.

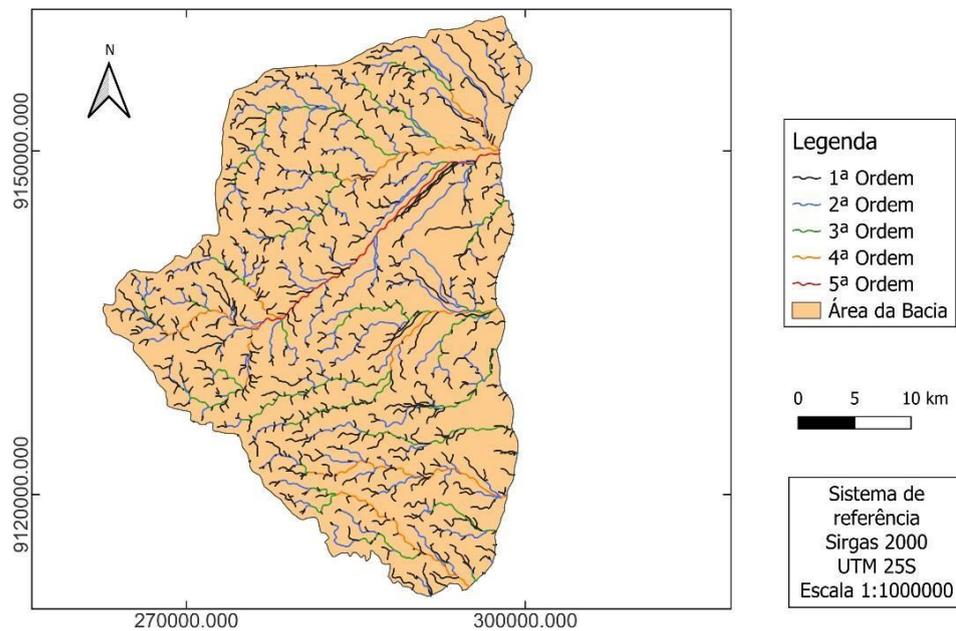
O coeficiente de manutenção obtido na GL1 foi de 0,86 m² para manter perene um metro de canal fluvial, considerado um valor regular se relacionado com a área e perímetro da bacia, constatado valor semelhante na bacia do Rio Cuiabá – MG que foi de 1,23 m².

Em relação ao índice de rugosidade da bacia foi de 9,88, que consiste em um risco mediano à bacia hidrográfica sofrer com a degradação, uma vez que esse parâmetro se relaciona com o potencial erosivo, dessa forma se relaciona com o escoamento superficial. Sendo considerada classe B (solos apropriados para agricultura, pastagens e pecuárias) segundo (Machado e Torres, 2012).

Se considerado o índice de uma bacia sem risco para erosão como é o caso da bacia do Rio Ivaí – Paraná no estudo de Souza et, al., (2017) onde esse parâmetro tem como resultado 113,038 e não apresenta susceptibilidade para erosão ocasionada por escoamento superficial erosivos.

No que diz respeito a hierarquia e quantificação de canais na bacia GL1, foram encontrados 1490 canais de drenagem, sendo considerados a partir da classificação de Strhaler (1952).

Portanto a GL1 teve como ramificações até o nível de 5^a ordem para a classificação hierárquica, dessa forma, conforme Christofolletti (1988) bacias com ramificações até a 5^a ordem, são consideradas como eficazes em relação a rede de drenagem.

Figura 9: Mapa de hierarquia de canais da bacia GL1

Fonte: Imagens de satélite com modificadas a partir do Qgis pelo autor, 2024

Como pode ser observado na tabela 3, há numerosos canais de primeira ordem onde correspondem por áreas de nascentes, figura 9, segundo Machado e Torres (2012) esses são caracterizados por serem mais elevados e de maior declividade.

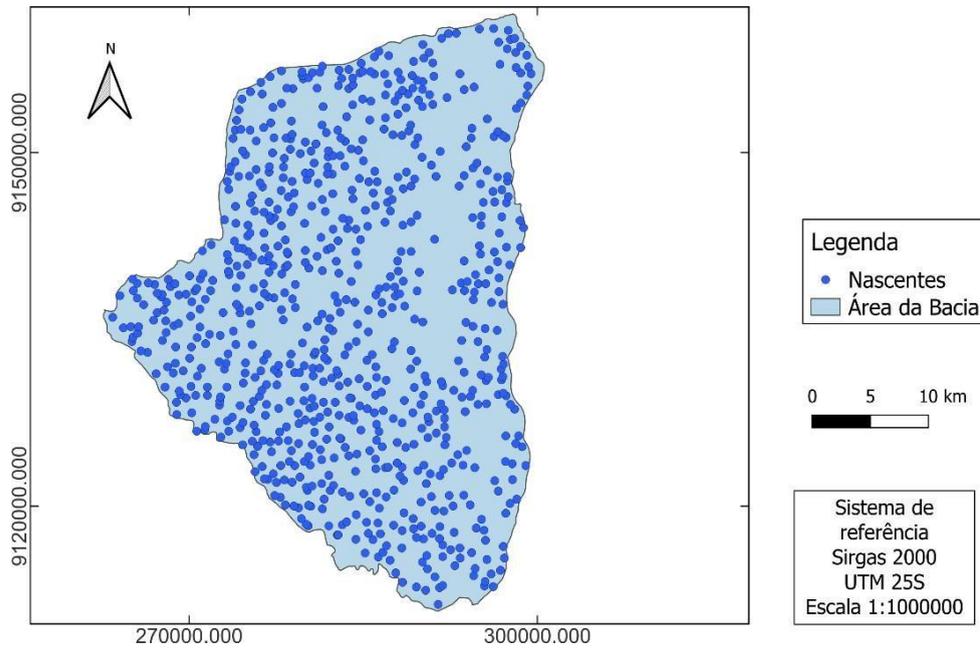
Tabela 3: Quantificação de canais de cada ordem da bacia GL1, Litoral e Zona da Mata Norte de Pernambuco

Ordem	Quantificação
1º Ordem	774
2º Ordem	372
3º Ordem	212
4º Ordem	107
5º Ordem	25
Total	1490

Fonte: Base de dados da ANA (2014) georeferenciados no Qgis pelo autor (2024)

Segundo Machado e Torres (2012) esses canais de primeira ordem são caracterizados por serem mais elevados e de maior declividade. Nesse caso são caracterizados mais pela sua velocidade que por seu volume, tendo respostas mais rápidas a precipitações com repentinos aumentos de vazão. Geralmente os cursos de primeira ordem tem grande capacidade erosiva, carregando sedimentos de granulometria considerável e tendo tendência a coloração de suas águas a serem transparentes e menos poluídas.

Figura 10: Mapa de nascentes da Bacia GL1



Fonte: Imagens de satélite com modificadas a partir do Qgis pelo autor, 2024

A bacia GL1 conta com 774 nascentes em sua área figura 9, o que é considerada uma quantidade boa, porém as principais atividades de uso e ocupação dessas áreas de nascentes é mesclado entre área urbana, pastagem, área de floresta e lavouras temporárias, onde deve-se tomar cuidado para que não haja o uso indevido dessas áreas que precisam ser preservadas por terem um maior potencial erosivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise morfométricas permitiu identificar que a bacia hidrográfica possui uma área de captação de água considerada grande, possuindo fator forma e de compacidade regulares, obtendo forma mais alongada que circular tornando-a uma rede de drenagem pouco sujeita a risco de enchentes em caso de eventos pluviais regulares, tornando a concentração do seu escoamento não tão intensa no seu rio principal.

As classes do relevo obtidas na área em que a bacia está situada varia entre plano e montanhoso, possuindo uma declividade média regular com propensão a erosão em determinadas áreas, embora essa declividade seja amenizada pelo formato do relevo mais aplainado na maior parte da área da bacia, evitando as enchentes e tendenciando ao escoamento superficial.

Quando considerado os parâmetros de relevo, tal qual declividade e cotas altimétricas, temos uma variação entre 217 a -14 metros, onde é caracterizado pela classe fortemente ondulado e por maior susceptibilidade ao escoamento superficial, embora essa declividade seja amenizada pela formação vegetal e áreas com predominância plana e suave ondulado da bacia que juntas somam 53,76% da área da rede de drenagem.

Contudo, a bacia estudada se caracteriza por ser de área urbana o que influencia no seu tempo de concentração, tendo ele mais acelerado que nas rurais, onde esse tempo é desacelerado pela capacidade da vegetação de reter água e a impermeabilização do solo. A partir da análise dos seus parâmetros geométricos, em especial o fator forma e índice de compacidade, sendo esses respectivamente 0,45 e 1,22, foi possível observar uma suscetibilidade média a baixa para enchentes.

Em relação a rede de drenagem, podemos considerar a Bacia GL1 tendo uma boa drenagem, uma vez que possui 1490 canais, sendo 740 ramificações de nível um, necessitando de mais atenção por ser áreas de nascentes, onde a maior propensão a riscos de degradação ambiental. Risco esse já indicado como mediano pelo índice de rugosidade com o valor de 9,88 indicando risco mediano a degradação ambiental.

As informações obtidas a partir das análises realizadas e interpretadas dos parâmetros morfométricos da Bacia Hidrográfica de Pequenos Rios Litorâneos GL1, forneceram referenciais que possibilitam o conhecimento dos sistemas e a partir desse, uma melhor gestão e governança dos recursos hídricos.

O uso do SIG, geoprocessamento e do sensoriamento remoto se mostrou eficiente uma vez que facilitou a obtenção dos parâmetros morfométricos, tanto nos dados qualitativos como nos quantitativos, de forma ágil e confiável, proporcionando uma base sólida para o planejamento e manejo sustentável da GL1. A utilização desse método facilita o entendimento de forma integrada dos processos hidrogeomorfológicos que ocorrem numa bacia hidrográfica.

Dessa forma, a análise feita na bacia GL1 serve como subsídio para outros estudos relacionados ao planejamento da GL1 e de outras bacias. Dentre esses estudos pode-se citar a análise hipsométrica e análise temporal do comportamento hídrico de bacias hidrográficas, além de permitir um melhor gerenciamento e aproveitamento dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ADÃO, Edilson. **Geografia em Rede**. São Paulo, FTD DIGITAL 2015;
- ALVES, Telma; SILVA, Tavares. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica Riacho Namorado, São João do Cariri-PB: Uma Ferramenta ao diagnóstico físico. **Revista Geografia (UFPE)**, V. 31, No. 3, 2014.
- ALCÂNTARA, Enner; AMORIM, Alexsandro. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. **Revista Caminhos da Geografia**, V. 7, 2005.
- ANTONELI, Valdemir; THOMAZ, Edivaldo. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista. **Revista Caminhos da Geografia**, v.8 (n.21), 2007, p.46-58.
- ANA – Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. **Banco de Dados da ANA**. 2014. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br>>
- APAC. **Bacia Hidrográfica GL1**. Disponível em: <<https://www.apac.pe.gov.br/184-bacias-hidrograficas-gl-1/222-gl-1>>
- ATTANASIO, Claudia. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004 15p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-03012005-155512/publico/claudia.pdf>.
- BARRELLA, Walter *et al.* **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316101395_As_relacoes_entre_as_matas_ciliares_o_s_rios_e_os_peixes
- BELTRAME, Angela. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994.
- BENTES GAMA, Michelliny. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais em Machadinho D’Oeste Rondônia**. Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- BIER, Felipe. **Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. Disponível em: <
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/124962/TCC%20II%20-%20Felipe%20Bier.pdf?sequence=1&isAllowed=y> > Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2009. Disponível em: <
<https://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/view/2685/3458>>

BINDA, Andrey. **Utilização de técnicas de geoprocessamento aplicadas na análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio jacaré, noroeste do estado do paraná.**

BORSATO, F.H.; MARTONI, A.M. **Estudo das fisiografias da bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá**, Estado do Paraná. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences Maringá. v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004

CALIJURI, Maria.; BUBEL, Anna. Conceituação de Microbacias. In: LIMA, Walter de Paula; ZAKIA, M. **As florestas plantadas e a água. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento.** São Carlos: Ed. RiMA, 2006. P. 226. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001519345>>

CARVALHO, Andreza. Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 42, p. 140–161, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>.

CAVALLARI, Ricardo *et al.* A importância de um Sistema de Informação Geográfica no Estudo de Microbacias Hidrográficas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 6, n.11,2007. Disponível em: https://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/b659XY730u80PB9_2013-5-3-11-28-57.pdf

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980. P. 65 – 121.

CBHSF. **A Bacia** 2014. Disponível em: <<https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>>

COSTA, Angélica; GALAVANIN, Edinéia; NEVES, Sandra. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica Paraguai/jauquara, Mato Grosso – Brasil.** Geosul, Florianópolis, v. 35, n. 74, p. 483-500, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n74p483>

D'ALGE, Júlio César Lima. **Cartografia para Geoprocessamento e Introdução a ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2013.

DIAS, Felipe; LIMA, Aline. **Análise dos Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Acará/PA como subsídio ao Planejamento Ambiental.** João Pessoa, 2018.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas.** Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FELIX, Evandro; SOUZA, Célia. **Levantamento e análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Cabaçal – MT.** Instituto de geociências Unicamp, SP, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1779>.

FERREIRA, Deyze. **Análise potencial de perda de solo na área da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão – PE**. Pernambuco, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2021..

FITZ, P, R. **Cartografia Básica**. Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, Tereza. **Geomorfologia**. São Paulo. Oficina de Texto, 2008.

FLORES, Diego; OLIVEIRA, Deborah. **Aplicação do índice de concentração de rugosidade (ICR) para análise das bacias hidrográficas**. SP, Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2236499422544>

GIRÃO, Osvaldo; SILVA, Carla. **Análise morfométrica e caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão (BHRJ) – Pernambuco**. Geosul – Florianópolis, v. 35, n.75. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n75p441>

GOBBI, Sebastião. **Comportamento e barreiras**. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-37722008000400008>

GOULART, Michael; CALISTO, Marcos. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. Minas Gerais: **Revista da FAPAM**, 2003. Disponível em: https://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Goulart%20&%20Callisto-Fapam.pdf

GOUVEIA, Isabel; ROSS, Jurandyr. Fragilidade Ambiental: uma Proposta de Aplicação de Geomorphons para a Variável Relevante. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 37, p. 123-136, 2019. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/151030> >

HORTON, R.E. **Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geol. Soc America Bulletin, v.3, n.56, 1945.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados Censo 2022**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/> >

KHOLER, Linsley; PAULHUS, J. **Desenvolvimento e previsão de índices de seca usando SPI (índice padronizado de precipitação) para gestão de água agrícola em nível local**. Tokyo, 1975.

LEÃO, Ana. **Estudo ambiental da Bacia Hidrográfica de Contribuição do Manancial de Tocantins – MG**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017. Disponível em: <<https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/Trabalho-final-de-conclusao-de-curso-Ana-Carolina-Nascimento-Leao.pdf> >

LIRA, Bruna *et al.* **Análise morfométrica, hidrológica e pluviométrica da bacia do rio Piriá-PA**. Journal of Hyperspectral Remote Sensing v.10, n.1 2020 45-54. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.29150/jhrs.v10.1.p45-54>

MACHADO, Pedro; TORRES, Fillipi. **Introdução a hidrogeografia**. São Paulo: 2012.

MARTINS, Cássio. **Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga, SE.** Journal of Environmental Analysis and Progress, v. 07, n.02, 2022. Disponível em: <http://orcid.org/0000-0001-9784-6464>

NASCIMENTO, Renan. **Bacia do Mundaú.** CODEVASF Alagoas, 2023.

Disponível em: < <https://www.codevasf.gov.br/area-de-atuacao/bacia-hidrografica/mundau>>

OLIVEIRA, Paulo; SOBRINHO, Teodoro; STEFFEN, Jorge; RODRIGUES, Dulce. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. Campo Grande: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, 2010.

PEREIRA, Bruna. **Morphometric, hydrological and pluviometric analysis of the Piriá-PA river basin.** Journal of Hyperspectral Remote Sensing v.10, n.1 (2020) 45-54

Disponível em: < file:///C:/Users/rosia/Downloads/ANALISE_MORFOMETRICA_HIDROLOGICA_E_PLUVIOMETRICA_D.pdf>

PEREIRA, Laiane. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio dos patos, go.** Ipê Agronomic Journal –V.3N.1–(2019) 5–13

Disponível em: < <https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/ipeagronicjournal/article/view/4319/2593>>

PEREIRA, Juliana. **O papel da educação ambiental na gestão da bacia hidrográfica do Arroio São Lourenço/RS a partir da identificação do uso e ocupação do solo.** Revista Foco, v. 6, p. 2118, 2023. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/2118>. Acesso em: 30 out. 2023.

REBOUÇAS, Aldo *et al.* **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, uso e conservação.** 2 ed. São Paulo: Academia brasileira de ciências, USP, 2002. Pg. 473 – 506. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001658784>

SALLES, Moacir. **O uso do SIG na análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio São João MG.** Universidade Federal de Minas Gerais: 2010.

SANTANA, Derli. **Manejo integrado de bacias hidrográficas.** Sete Lagoas: Embrapa, Milho e sorgo, 2003. Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/486784> >

SCHUMM, S. A. **Evolução dos Sistemas de Drenagem e Slopes em Badlands em Perth, Nova Jersey.** Boletim da Sociedade Geológica da América, 1956.

SHEREVE, Ronald. **Variação do comprimento da corrente principal com a área da bacia nas redes fluviais.** 1974.

SILVA, Adrelina; FARIAS, Carolyne **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio mundaú utilizando o modelo swat.** UFRPE, 2021

Disponível em: < <https://semiaridodevisu.ifsertaope.edu.br/index.php/rsdv/article/view/v9n201/269>>

SILVA, Alexandre. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos, 2004.

SILVA, Cezar; MEDEIROS, Gerson. **Avaliação Ambiental e morfométrica da bacia do rio Jundiá-Mirim: diagnósticos e subsídios para gestão ambiental**. Boletim Campineiro de geografia, v.7, n.2, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.54446/bcg.v7i2.343>

SIMÕES, Amanda et. al., **Análise morfométrica da bacia do rio cuiabá como subsidio a gestão de bacias hidrográficas**. UNIVAG 2018

Disponível em: <file:///C:/Users/rosia/Downloads/admin,+2017+-+An%C3%A1lise+morfom%C3%A9trica.pdf>

SOARES, Leonardo *et al.* Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 31, p. 82-100, 2016. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/107715> >

SOARES, Marcia; SOUZA, Jorge. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Pequenos em São José dos Pinhais (PR)**. Londrina, 2012.

SOUZA, Camila. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio ivaí – paraná. **Revista Eletrônica do curso de Geografia**, 2017.

Disponível em: < <file:///C:/Users/rosia/Downloads/admin,+07-29+final.pdf> >

SOUZA, Sergio *et al.* Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: do debate conceitual à realidade brasileira nas lei ambientais. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 24, n. 3, p. 551–566, 2023. Disponível em: <[//rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/889](http://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/889).>

STEINKE, Valdir Adilson; SILVA, Gustavo Bayma Siqueira da. Distribuição espacial de serviços turísticos com base em sistemas de informações geográficas - SIG's no plano piloto de Brasília (DF). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 16, p. 145-152, out. 2005.

STIPP, Nilza. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. **Portal da Cartografia**, Londrina v. 3 n. 1, 2010.

Disponível em: [file:///C:/Users/rosia/Downloads/archela,+Gerente+da+revista,+6%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/rosia/Downloads/archela,+Gerente+da+revista,+6%20(1).pdf)

STRAHLER AN. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. Trans Am Geophys Union n.38, p.913–920, 1957

STUDART, T. M. **Hidrologia**. Universidade Regional de Blumenau. 2006. Disponível em: < <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-regional-de-blumenau/introducao-a-engenharia-civil/livro-hidrogeologia-hidrologia/36678136> >

TEODORO, Valter *et al.* **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Uniara, v. 11, n. 1, p. 136-156, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>

TERRA, Lygia *et al.* **Geografia conexões Estudos de geografia geral e do Brasil**. Pernambuco, 2 edição Moderna Plus, 2010.

TONELLO, Kelly. **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões**. Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 2005. Disponível em: < <https://locus.ufv.br/handle/123456789/9559> >

TRAJANO, Sâmara. **Análise morfométrica de bacia hidrográfica – subsidio à gestão territorial estudo de caso no Alto e Médio Mamanguape**. Disponível em: Portal Embrapa.

TUCCI, Carlos. **Água no Meio Urbano**. 2008. Recuperado por: < <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295> >

TUCCI, Carlos. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2 Ed. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 1997. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/520179125/Hidrologia-Ciencia-e-Aplicacao-4%C2%AA-Ed-Tucci>

VILLELA, Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill, 1975. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Mauro-Naghetini/publication/306959699_Introducao_a_Hidrologia_Aplicada_ApostilaSebentaDraft/links/57c08ab808aeb95224d4a3

WISLER, C.O.; BRATER, E.F. 1964. **Hidrologia**. Tradução e publicação de MissãoNorte-Americana pela Cooperação Econômica e Técnica no Brasil. Rio de Janeiro: 1964

ZANELLA, Jean. **Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica no sudoeste do paraná**. Simpósio de Sensoriamento Remoto, 2023.

Disponível em: < <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2023/05.03.11.55/doc/154908.pdf> >