



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Caracterização Morfométrica e Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Sirinhaém (BHRS), Pernambuco, Brasil

Leonel Vitório Esteves¹, Andressa Maria Silva Leite Esteves², Diogo Henrique Fernandes da Paz³, Artur Paiva Coutinho⁴

¹ Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, campus Agreste. Email: leonel.esteves@ufpe.br

² Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, campus Agreste. Email: andressa.esteves@ufpe.br

³ Docente doutor do programa de Pós graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, campus Agreste (PPGCAM). Email: diogo.henriquepaz@ufpe.br

⁴ Docente doutor do programa de Pós graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, campus Agreste (PPGCAM). Email: artur.coutinho@ufpe.br

Artigo recebido em 26/06/2023 e aceito em 20/08/2023

RESUMO

A caracterização morfométrica e a verificação do uso e ocupação da terra (LULC) são fundamentais para compreender o comportamento hidrodinâmico e melhor gerir os recursos hídricos, para isso é fundamental o uso de geotecnologias que reduz o grau de incertezas e subjetividade. O presente artigo tem como objetivo analisar a morfometria e LULC da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém (BHRS) com o uso de geotecnologias para verificar a suscetibilidade a inundações e enchentes. A metodologia foi subdividida em três passos: delimitação automática da bacia; processamento dos dados; e determinação dos parâmetros, para isso utilizou-se os softwares QGIS 3.22.10, GRASS 7.0 e GDAL. As características físicas indicaram baixa tendência a enchentes e cheias, porém a drenagem uma propensão ao acúmulo de sedimentos, retenção de água, redução da velocidade de escoamento e potencialidade de cheias, com a densidade de drenagem média, rio principal sinuoso e baixa razão de bifurcação. A declividade dominante é ondulada a forte ondulado que tendenciam a erosão e escoamento superficial e as modificações altimétricas na parte superior da bacia propiciaram a geração de fluxo e evapotranspiração, na qual tal fator são desfavorecidos na região inferior que apresentam os rios de maior ordem. Estes permeiam ou transita adjacente as cidades presentes na BHRS, na qual podem estar sujeitas a inundação em eventos extremos de chuva. Portanto, faz-se necessário outros estudos hidrológicos de simulação de ocorrências de desastres naturais nestas cidades para que medidas de controle e monitoramento dos recursos hídricos sejam tomadas e assim residências em riscos sejam alertados.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Geotecnologias, Hidrologia, Morfometria, Susceptibilidade a inundação.

Morphometric Characterization and Land Use of the Sirinhaém River Basin (BHRS), Pernambuco, Brazil

ABSTRACT

Morphometric characterization and verification of land use and occupation (LULC) are essential to understand the hydrodynamic behavior and better manage water resources. The present article aims to analyze the morphometry and LULC of the Sirinhaém River watershed (BHRS) using geotechnologies to verify the susceptibility to flooding. The methodology was subdivided into three steps: automatic delimitation of the basin; data processing; and determination of the parameters, for this the software QGIS 3.22.10, GRASS 7.0 and GDAL were used. The physical characteristics indicated a low tendency to floods and floods, but the drainage was prone to sediment accumulation, water retention, reduced flow velocity and flood potential, with medium drainage density, meandering main river and low bifurcation ratio. The dominant slope is undulating to strong undulating that tend to erosion and surface runoff and the altimetric changes in the upper part of the basin favored the generation of flow and evapotranspiration, in which this factor is disadvantaged in the lower region that presents the rivers of greater order. These permeate or transit adjacent to the cities present in the BHRS, which may be subject to flooding in extreme rainfall events. Therefore, it is necessary to carry out other hydrological studies to simulate occurrences of natural disasters in these cities so that control measures and monitoring of water resources are taken and thus homes at risk are alerted.

Keywords: Geoprocessing, Geotechnologies, hydrology, Morphometry, Susceptibility to flooding.

Introdução

A bacia hidrográfica são unidades físicas de reconhecimento, caracterização e avaliação para

o gerenciamento dos recursos hídricos com intensa atividade humana (Rajasekhar et al., 2020; Santana et al., 2022). Trata-se de áreas territoriais

delimitada por um divisor topográfico (pontos mais altos do terreno) de captação natural da água precipitada que converge por escoamento por canais de drenagem para um único ponto de saída, chamado exutório (Rocha e Santos, 2018; Esteves et al., 2023). E assim pesquisas são necessárias para melhor monitorar o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais e ambientais.

Existem características físicas da bacia que não são alteradas, como: geomorfologia, topografia, leito rochoso e litologia, mas influenciam diretamente no comportamento hidrológico, transporte de sedimentos e nutrientes, e das atividades desenvolvidas. (Silva e Ferreira, 2019; Su et al., 2019; Waiyasusri e Chotpanarat, 2020; Raiol et al., 2022). Outras como o uso e ocupação da terra (LULC) são bastante modificadas por ações antrópicas para a prática de agricultura, pastagem, uso comercial e habitacional que varia o comportamento do ciclo hidrológico da bacia, alterando as capacidades de infiltração, escoamento e evapotranspiração. Neste contexto, frisa-se a necessidade e importância de planejamento ambiental e ordenamento territorial das bacias hidrográficas (Silva e Lima, 2019; Lopes et al., 2022; Martins et al., 2022).

O levantamento da morfometria (físico, hidrológico e de relevo) e o LULC são fundamentais para compreender o comportamento hidrodinâmico e melhor gerir os recursos naturais. (Pereira et al., 2019; Asfaw e Workineh, 2019; Costa, Galvanin e Neves., 2020).

A caracterização morfométrica possibilita a verificação da suscetibilidade de inundações, enchentes ou seca, e degradação e erosão do solo, por meio de manejo integrado das sub-bacias hidrográficas, por meio do estudo da rede de drenagem, declividade, relevo e pedologia (Lacerda et al., 2019; Nobre et al. 2019; Silva e Farias, 2021).

Com o crescimento populacional e concomitantemente desordenado urbano e agroindustrial, tem favorecido para o uso desacerbado da ocupação do solo e ocasionando impactos negativos sobre os recursos naturais, como: assoreamento dos rios, deslizamentos de encostas, empobrecimento e impermeabilização dos solos (Sampaio, Cordeiro e Bastos, 2016; Ykeizumi, Vieira e Kroth, 2020). A população está crescendo e ocupando áreas próximas aos corpos hídricos, na qual podem correr riscos de inundação, além disso, praticam queimadas, atividades agrícolas e de pastagem, desmatamentos, apropriação de áreas de proteção permanente e uso da água sem outorga. (Silva e Lima, 2019; Lopes et al., 2022).

Para os estudos morfométricos e do uso e ocupação da terra faz necessário o uso de geotecnologias que reduz o grau de incertezas e subjetividade (Chagas et al., 2022). Para isso utilização do Sensoriamento Remoto através de ferramentas de geoprocessamento como o Sistema de Informações Geográficas (SIG's) abastecidos por Modelos Digitais de Elevação (MDE) para a formulação de mapas temáticos e processamento de dados (Aires et al., 2021; Sankriti et al., 2021; Esteves et al., 2023).

Dentre os SIG bastante utilizados para geração de dados e mapas de drenagem, declividade, relevo, grupo hidrológico do solo e uso e ocupação da terra, o *Quantum GIS* (QGIS), *Geographic Resources Analysis Support System* (GRASS) e *Geospatial Data Abstraction Library* (GDAL), que são *softwares* livres e gratuitos que refinam os dados vetoriais e matriciais e por comandos geram dados hidrológicos e dos solos. Tais ferramentas e técnicas possibilita a eficiência da geração de informações e baixo custo de operação para assim realizar controle e monitoramento dos corpos hídricos. (Araújo et al., 2021, Correia Filho et al., 2022).

O gerenciamento dos recursos hídricos em Pernambuco parte da regulação da Lei nº 9.433/97 – Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) que orienta a gestão das águas no Brasil, com metas, programas e diretrizes para melhor segurança e disponibilização hídrica das águas superficiais e subterrâneas, reduzir os conflitos pelo uso da água e eventos críticos hidrológicos, conservação ambiental dos recursos naturais. E, a Lei nº 12.984/05 que dispõe a Política Estadual do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos hídricos do Estado de Pernambuco que visa assegurar a atual e futura disponibilidade necessária do uso da água, conservá-la em quantidade e qualidade, garantindo as condições para o desenvolvimento econômico e social, e conservar o uso racional para o desenvolvimento sustentável.

O nordeste brasileiro possui predominância no clima semiárido com registros de escassez hídrica, porém mais próximos do litoral o clima passa a ser tropical-úmido, com maiores registros pluviométricos anuais. A bacia do Sirinhaém desta pesquisa encontra-se nesta localização, inserida na mata-atlântica e a grande quantidade de chuvas pode causar elevadas enchentes em municípios próximo a margens de rios e desastres naturais.

Segundo Ferraz (2019), foram registrados desde 1632 ocorrências de desastres oriundas de intensas chuvas no Estado de Pernambuco, com

destaque para os anos 2000, 2001, 2004, 2010, 2011 e 2017 sobre efeito na bacia do rio Sirinhaém, na qual grande parte das cidades foram inundadas. E Silva et al. (2023) relata sobre as chuvas intensas de 2022 que gerou alagamentos generalizados.

Portanto, para fomentar nas tomadas de decisão no controle e gerenciamento das bacias hidrográficas e proporcionar melhor eficiência, o presente artigo tem por objetivo realizar a caracterização morfométrica e uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém com o uso de geotecnologias e modelos matemáticos de padronização de análise.

Material e métodos

A metodologia está subdividida em três passos, sendo eles: (i) área de estudo e delimitação automática da bacia; (ii) processamento e exportação dos dados de drenagem, relevo e

declividade, LULC e hidrológico dos solos da bacia; e (iii) determinação dos parâmetros morfométricos.

Área de estudo e delimitação automática da bacia

A área pesquisada corresponde a bacia hidrográfica do rio Sirinhaém (BHRS), inserida integralmente na região da mata atlântica e três mesorregiões pernambucana: metropolitana de Recife, zona da mata e agreste, envolvendo assim, dezoito territórios municipais: Água Preta, Amaraji, Barra de Guabiraba, Bonito, Camocim de São Félix, Cortês, Escada, Gameleira, Gravatá, Ipojuca, Joaquim Nabuco, Primavera, Ribeirão, Rio Formoso, Sairé, São Joaquim do Monte, Sirinhaém e Tamandaré, sendo doze cidades inseridas dentro da bacia, na qual encontra-se entre as coordenadas geográficas 08° 16' 02" e 08° 42' 47" latitude sul e 35° 47' 52" e 35° 00' 40" longitude oeste, conforme Figura 1.

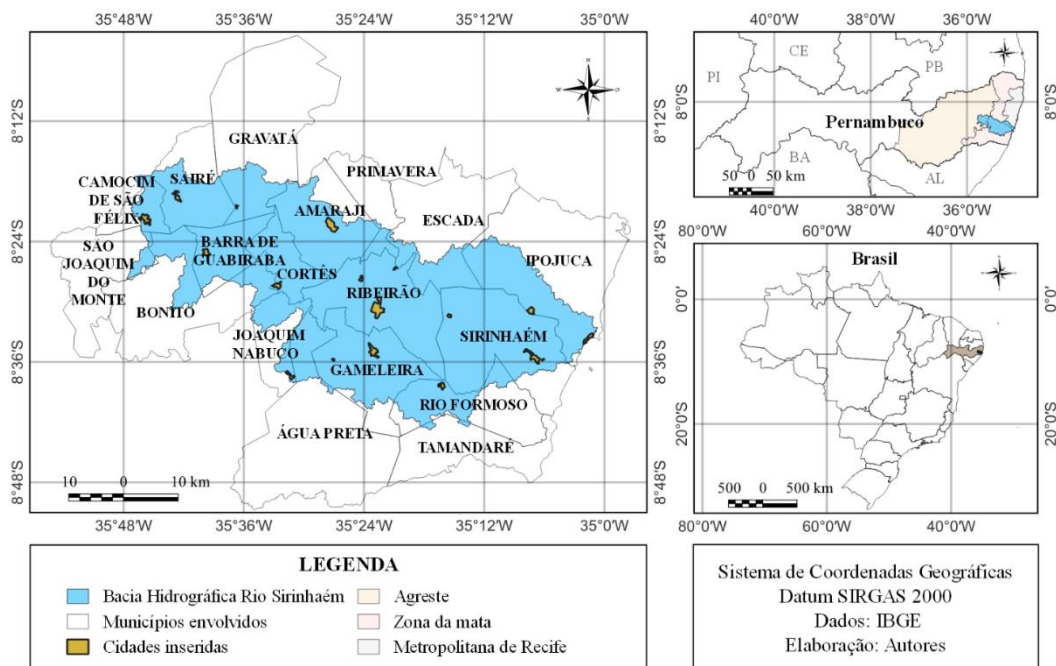


Figura 1 – Localização da bacia Hidrográfica do Rio Sirinhaém (BHRS).

Para a delimitação automática da bacia utilizou-se o software QGIS 3.22.10 e complemento de processamento *Geographic Resources Analysis Support System* (GRASS) abastecidos pelo Modelo Digital de Elevação (MDE) denominado quadrícula de altitude 08S36_ZN, elaborados a partir dos dados da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM) disponibilizados pelo *United States Geological Survey* (USGS) na rede mundial de computadores,

com resolução espacial de 30 metros, fornecido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) definido o sistema de referência de coordenadas (SRC) em SIRGAS 2000 e reprojatados no fuso Universal Transversa de Mercator (UTM) 25S. Portanto, para a obtenção da BHRS utilizou-se alguns comandos da caixa de ferramentas de processamento do GRASS, conforme a Figura 2, com entradas de arquivos produzidos até a geração do vetor da área limitante.

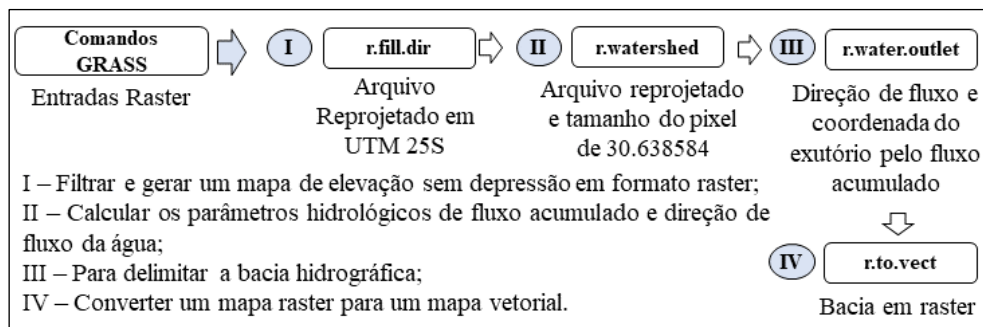


Figura 2 – Delimitação automática da bacia processado por ferramentas do software GRASS.

Processamento e exportação dos dados

Para a elaboração dos mapas temáticos e obtenção de dados foram utilizados o *software* QGIS 3.22.10, GRASS 7.0 e *Geospatial Data Abstraction Library* (GDAL). O fluxograma do procedimento é detalhado pela Figura 3.

Fez-se necessário para o processamento e exportação de informações de drenagem, relevo e declividade, os arquivos de entrada com depressão corrigida e fluxo acumulado com SRC em UTM 25S. Utilizou-se a metodologia de extração de drenagem conforme Souza et al. (2021), na qual foram eliminados os pixels de elevação sem valor e um reajuste limiar de 100 como acúmulo mínimo e a classificação da declividade de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013).

O processamento do uso e cobertura da terra foi desenvolvido pelo projeto MapBiomias Brasil que disponibiliza mapas anuais de ocupação do solo para todo o território brasileiro com resolução espacial de 30 metros entre os anos de 1985 a 2021 (Souza et al., 2020), no entanto foi utilizado a coleção 7 para armazenamento de

informações no QGIS e o *software* GRASS para a exportação dos dados. E para a classificação hidrológica dos solos, foi utilizado a pedologia exportada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Com o banco de dados do Mapbiomas, IBGE e os gerados a partir do SRTM foi possível processar e exportar os dados para os devidos cálculos e análises. A drenagem foi extraída, vetorizada e suavizada, na qual uniu-se todos os trechos e dividiu-se em semirretas definidas. A declividade foi gerada em porcentagem e assim reclassificou-a, da mesma maneira o relevo que foi dividido em intervalos iguais. O mapa de LULC e hidrológico dos solos foram exportados do Mapbiomas e IBGE respectivamente, na qual a ocupação utilizou-se o estilo de cores padronizado pelo projeto e já os dados de pedologia foram enquadrados a classe dos solos entre A, B, C e D, conforme o potencial de geração de escoamento superficial (Silva et al., 2022). O fluxograma da Figura 3, mostra resumidamente os passos realizados para a saída de arquivos.

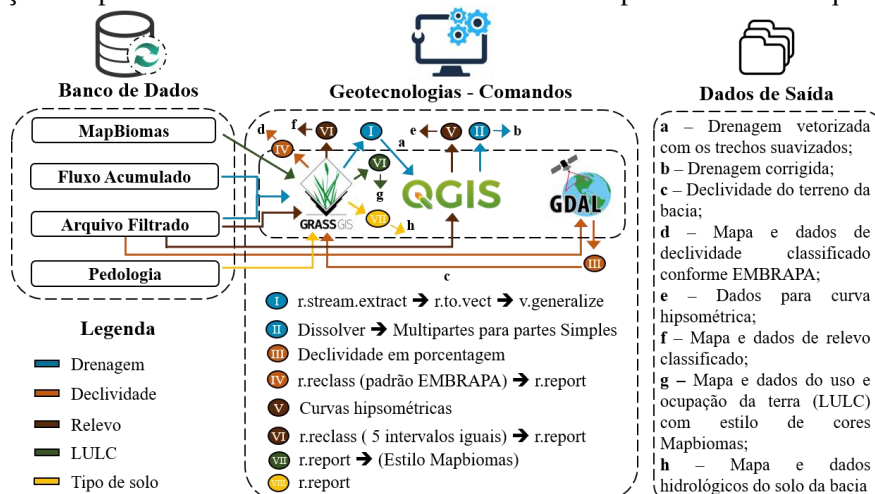


Figura 3 – Fluxograma resumindo os processos de dados geoespaciais.

Determinação dos parâmetros morfométricos

Com a delimitação territorial da BHRS e exportação dos dados foram gerados os mapas

temáticos de hierarquia fluvial, hipsometria, declividade, LULC e hidrológico dos solos, e assim gerou-se a curva hipsométrica da bacia e

frequência acumulada da declividade dos rios para complementar as informações para analisar a morfometria. Portanto com as informações da área da bacia (A), comprimento do rio principal (L) e talvegue (Lt), perímetro da bacia (P) e o axial (P'), altitude (H) e somatório total da drenagem (Rd), juntamente com os modelos matemáticos e ponderação propostos por I – Kirpich (1940), II – Schumm (1956), III – França (1968), IV – Villela e Mattos (1975), V- Christofletti, 1980. VI – Piedade (1980) e VII – Silveira (2005), possibilitou a caracterização morfométrica da bacia, conforme

a Tabela 1 (Olabode et al., 2020; Lima, Pimentel e Vale, 2021; Vale et al. 2021; Silva et al., 2022). Foram calculados os parâmetros geométricos - coeficiente de compactidade (kc), coeficiente de forma (kf), índice de conformidade (Ic), taxa de alongamento (Re); relevo - inclinação média (Ip), razão de relevo (Rr); e drenagem - densidade de drenagem (Dd), Extensão do Percurso Superficial (Eps), constante de manutenção do canal (C), tempo de concentração do rio principal (Tc) e talvegue (Tc'), índice de sinuosidade (Is) e sinuosidade (S).

Tabela 1: Parâmetros morfométricos da bacia.

Fórmula	Descrição	Intervalos	
Geométrico			
$kc = \frac{A}{L^2}$	Verifica o quanto a forma da bacia tendencia a um círculo; quanto mais próximo de 1, maior a semelhança.	Conservação: >1,70 Baixa: 1,50 a 1,70; Média: 1,25 a 1,50; Alta: 1,0 a 1,25	IV
$Kf = 0,28 * \frac{P'}{\sqrt{A}}$	Relaciona a forma da bacia a um quadrado; quanto mais próximo de 1, maior a semelhança.	Conservação: < 0,30 Baixa: 0,30 a 0,50; Média: 0,50 a 0,75; Alta: 0,75 a 1,0	IV
$Ic = 12,57 * \frac{A}{P^2}$	Verifica o quanto a bacia tende a forma circular quando mais próximo de 1 e alongada à medida que diminui.	Conservação: <0,40 Baixa: 0,40 a 0,60; Média: 0,60 a 0,80; Alta: 0,80 a 1,00	IV
$Re = 1,128 * \frac{\sqrt{A}}{P'}$	Relação entre área e comprimento do eixo da bacia.	Alongada: < 0,7 Oval: <0,9 Circular: >0,9	II
Relevo			
$\Delta H = H_{max} - H_{min}$	Variação extrema da altitude na bacia	-	II
$Ip = \frac{\Delta H}{L}$	Declividade média do rio principal	-	IV
$Rr = \frac{H_{max}}{Lp}$	Expressa a direção do vale principal pela maior cota do terreno e maior comprimento	Baixa: <0,10; Média: 0,11 a 0,30; Alta: 0,30 a 0,60	VI
Drenagem			
$Dd = \frac{Rd}{A}$	Indicativo da maior ou menor velocidade com com que a água deixa a bacia. Com isso, mostra o desenvolvimento da drenagem da bacia	Baixa: <1,5; Média: 1,5 a 2,5; Alta: 2,5 a 3,0 Muito alta: >3,0	III
$Eps = \frac{1}{2 * Dd}$	Representa a distância média percorrida pela água da chuva que deveria escoar em linha reta até um canal permanente.	-	V
$C = \frac{1000}{Dd}$	expressa a área mínima necessária para manter um metro de canal de escoamento	-	V
$Tc = 57 * \left(\frac{L^2}{Ip}\right)^{0,385}$	É o tempo de percurso da água precipitada mais afastado do rio principal até o exultório	-	I
$Tc' = 5,3 * \left(\frac{L_t^2}{Ip'}\right)^{\frac{1}{3}}$	É o tempo de percurso reto da água do ponto mais afastado do rio principal até o exultório	-	VII
$Is = 100 * \frac{(L - L_t)}{L}$	Relaciona o quanto a drenagem tem característica ondulada	reto: <30%; divagante: 30 a 40%; Sinuoso: >40%	V
$S = \frac{L}{L_t}$	Relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal	Baixa: 1,0 a 1,5; Média: 1,5 a 2,0; Alta: >2,0	V

A classificação da hierarquia fluvial foi de acordo com o método de Strahler (1952), que denomina os canais extremos ligados as nascentes como primeira ordem e na confluência entre dois canais de mesma ordem, acrescenta-se uma ordem ao trecho a jusante, e quando são de ordem diferente, mantém a maior ordem. (Lima, Pimentel e Vale, 2021; De lima et al., 2022; Turini et al., 2022; Esteves et al., 2023). Com isso, determinou-se a predominância das ordens dos rios na bacia. E com a sobreposição e unificação das imagens foi possível realizar o gráfico de declividade por ordem dos rios.

Resultados e discussão

A bacia hidrográfica do rio Sirinhaém possui uma área de 2.083,773 km, perímetro total de 514,164 km e comprimento axial de 88,268 km, com formato alongada definido pelos valores da taxa de alongamento e índice de conformidade. Além disso, a bacia é dessemelhante a um círculo e quadrado. Portanto, todos esses fatores indicam

uma baixa tendência a enchentes em condições normais de precipitação.

Tabela 2: Parâmetros geométricos da BHRS.

Parâmetros	valor	classificação
Kc	3,15	conservação
Kf	0,27	baixa
Ic	0,10	conservação
Re	0,58	alongada

A drenagem tem configuração exorreica por escoar de maneira continua até o mar (Christofolletti, 1980), com uma classificação hierárquica de 6º ordem, totalizando 3.684,60 metros de extensão de canais. Sendo o rio Sirinhaém o principal da bacia, na qual possui uma extensão de 151,527 km e talvegue de 87,777 km, com predominância na 6º e 5ª ordem, respectivamente 46,54% e 44,06%, indicando que grande parte do seu percurso possui densas contribuições de canais e uma velocidade de fluxo mais alta (Silva et al., 2022), conforme Figura 4.

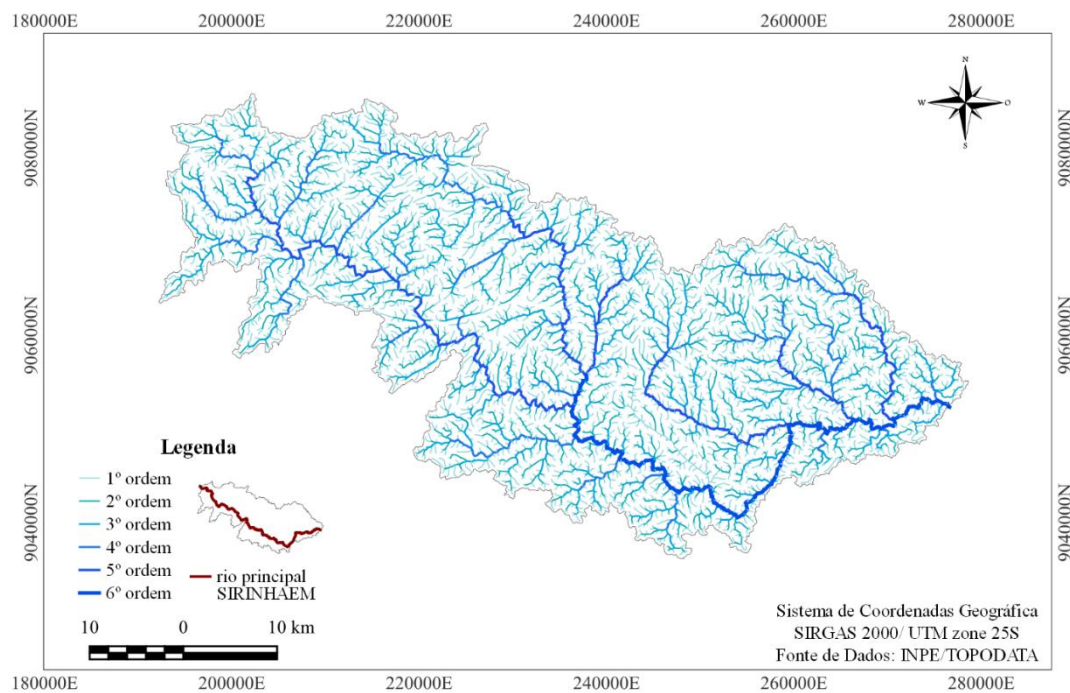


Figura 4 – Rede de drenagem e hierarquia fluvial da BHRS.

A maior concentração dos tributários estão nas 1º e 2º ordem, totalizando 74,66% da extensão dos canais, sendo 51,54% dos trechos em primeira ordem. Portanto, a bacia possui poucas passagens susceptíveis a enchentes ou cheia, com característica acima de quarta ordem somente 12,14% da extensão total (Pande e Moharir, 2015). E segundo Olabode et al. (2020) os resultados da razão de bifurcação menores que 3 são baixos, indicando a propensão ao acúmulo de água com alto risco de inundação, por ser pouco propícios

para dissecação da bacia, Tabela 3. No entanto, outros fatores como densidade da cobertura vegetal, intensidade da precipitação e intervenção humanas favorecem para ocorrência de desastres naturais (Harsha et al. 2020).

Tabela 3: Hierarquia da drenagem e a relação de bifurcação dos canais da BHRS.

Ordem do canal	Extensão (km)	%	Nº de trechos	Relação bifurcação
----------------	---------------	---	---------------	--------------------

1°	1791,15	48,61	4359	2,30
2°	959,72	26,05	1898	1,73
3°	486,44	13,20	1097	2,28
4°	204,17	5,54	481	1,11
5°	168,55	4,58	433	2,28
6°	74,57	2,02	190	-

Os parâmetros de sinuosidade apresentaram que os rios possuem uma característica sinuoso moderado com potencialidade tortuosa, que favorecem no acúmulo de sedimentos e redução na velocidade de escoamento do corpo hídrico, potencializando a retenção da água. (Dos Santos et al., 2021; Lopes et al., 2022; Esteves et al., 2023). A densidade de drenagem indicou uma média capacidade de escoamento, que favorece ao acúmulo de água e infiltração. A característica da extensão do percurso superficial observada por Silva et al. (2018), Alves et al. (2020) e Raiol et al. (2022) foram semelhantes que resultou no valor mediano,

na qual o escoamento e a infiltração encontram-se em equilíbrio. Para a manutenção de um metro de canal hídrico, necessita-se de uma área de 565,54 m², valor considerado médio para o Cm que significa deficiência na capacidade de manutenção da água (Raiol et al., 2022; Silva et al., 2022). A Tabela 4, apresenta os valores calculados sobre a drenagem da bacia.

Tabela 4: Parâmetros de drenagem da BHRS.

Parâmetros	valor	classificação
Dd	1,77 km/km ²	média
Eps	0,28 km	-
Cm	565,54 m ² /m	-
Is	42,07	sinuoso
S	1,73	média

A declividade da BHRS apresentou uma distribuição espacial dos diferentes níveis de inclinação existentes no terreno com hegemonia ondulado e forte ondulado, Figura 5.

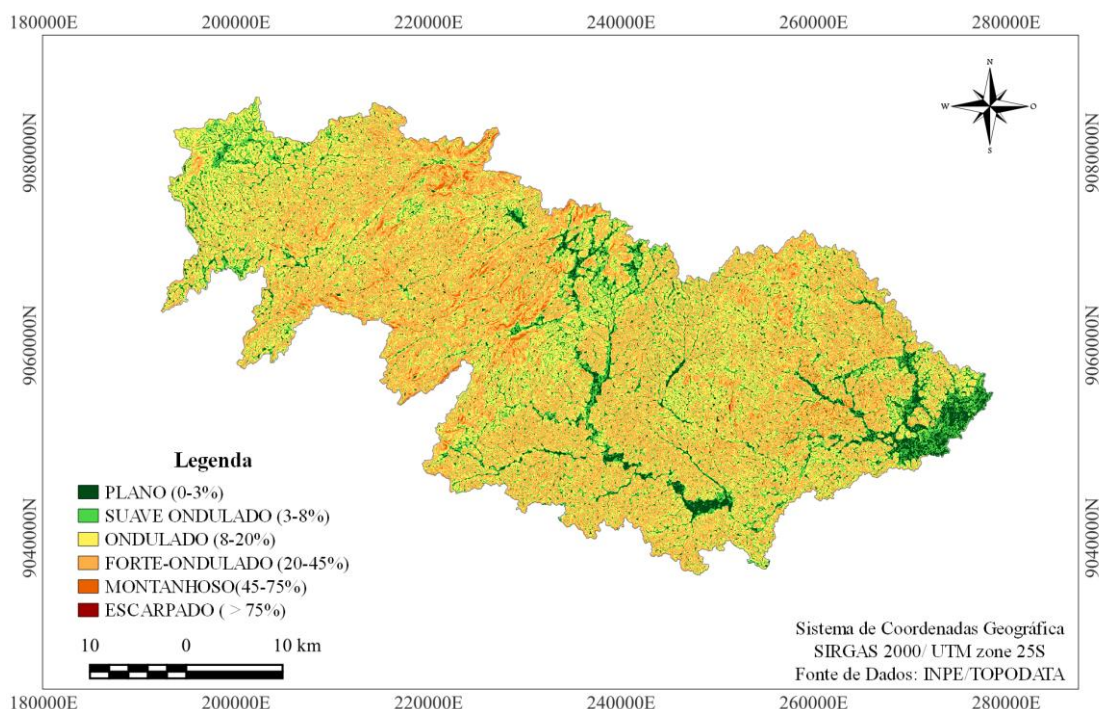


Figura 5 – Mapa de declividade da BHRS.

A declividade plana e suave ondulado possui uma concentração na região central-sul com largura expressiva no percurso de drenagem da sub-bacia do rio Amaragi e seu afluente da sub-bacia do rio Aritibu que desaguam no rio Sirinhaém, na qual ainda possui uma área considerável nesta classificação. Pode-se observar que também possui uma vasta área na região costeira. A BHRS possui 90,96 % de área classificada entre suave a forte ondulado e quase ausência de forte-montanhoso, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Área das classes de declividade da BHRS.

Classe	Área (km ²)	Área (%)
Plano	152,463	7,32
Suave-ondulado	306,836	14,73
Ondulado	819,816	39,34
Forte-ondulado	768,696	36,89
Montanhoso	35,687	1,71
Escarpado	0,275	0,01
Total	2.083,773	100,00

Morbidelli et al., 2018, Silva et al. (2019) e Mahala (2020) afirmam que a declividade é um fator crucial na análise morfométrica já que implica inversamente à infiltração e diretamente ao risco erosivo. Portanto, a BHRS que possui uma grande área tendenciosa a erosão e que favorece o escoamento superficial.

Toda a drenagem da bacia encontra-se na classe plana e suave ondulado com até 16% de inclinação. A BHRS apresentou que quanto maior a ordem do rio menores são as declividades para a mesma frequência, na qual implica diretamente no fluxo do corpo hídrico que recebem mais tributários, já que quanto maior a inclinação do

canal, maior é a velocidade de escoamento superficial e de sedimentos transportados a jusante (Ulloa et al., 2018). Sendo que 85,73% da drenagem de 6º ordem e 72,96% de 5º ordem, encontra-se na classe plana (0 – 5%), conforme Figura 6. Vale ressaltar que 90,6% do rio Sirinhaém encontra-se nesta hierarquia.

Os canais de primeira ordem encontram-se nas regiões com maiores altitudes, por conseguinte, tendência na ocorrência de maiores declividades (Olabode et al., 2020), conforme a Figura 6, percebe-se que dentro as ordens de drenagem é a que mais possui maiores declives, sendo que suas menores inclinações estão principalmente na região costeira e central sul.

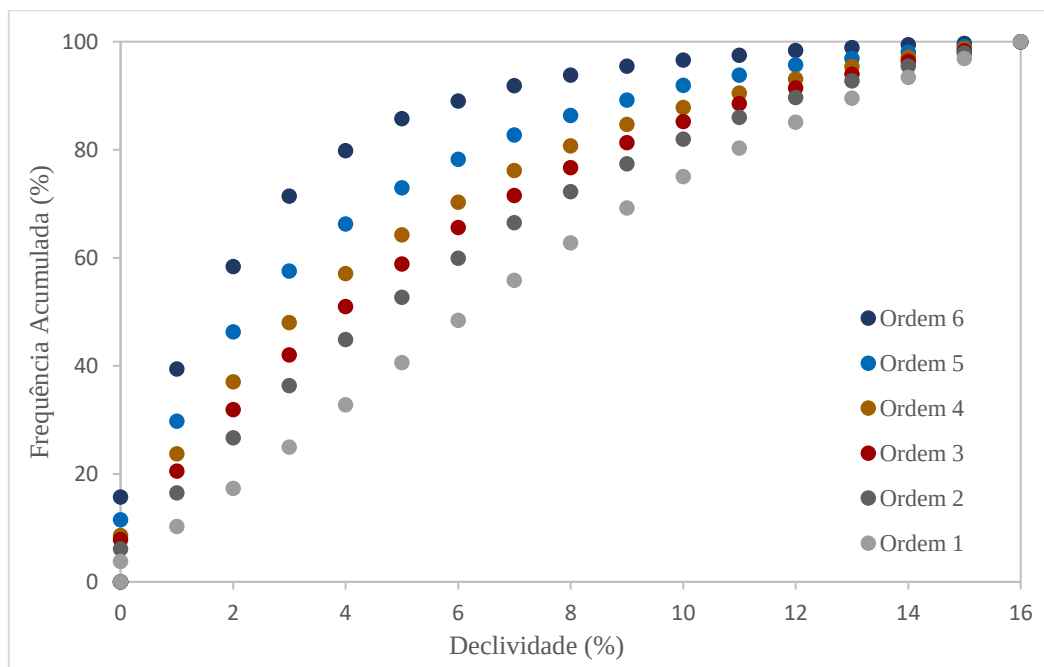


Figura 6 – Distribuição de frequência da declividade dos canais de drenagem da BHRS.

A distribuição hipsométrica da BHRS representada por intervalos conforme a Figura 7, mostra o quando as regiões ao norte predominam as maiores altitudes reduzindo-as no sentido a região costeira (inferior), com uma alta amplitude entre as cotas 5 a 820 metros.

As modificações da elevação estão diretamente relacionadas a temperatura do ar,

precipitação e características do vento, que favorecem nos processos de modelagem de geração de fluxo e evapotranspiração (Mahala et al., 2020). Portanto tais fenômenos são mais propícios a região central a montante (norte) com variações de 650 metros e bem distribuídos, já a parte inferior varia 395 metros, com alta predominância das regiões abaixo de 164 metros.

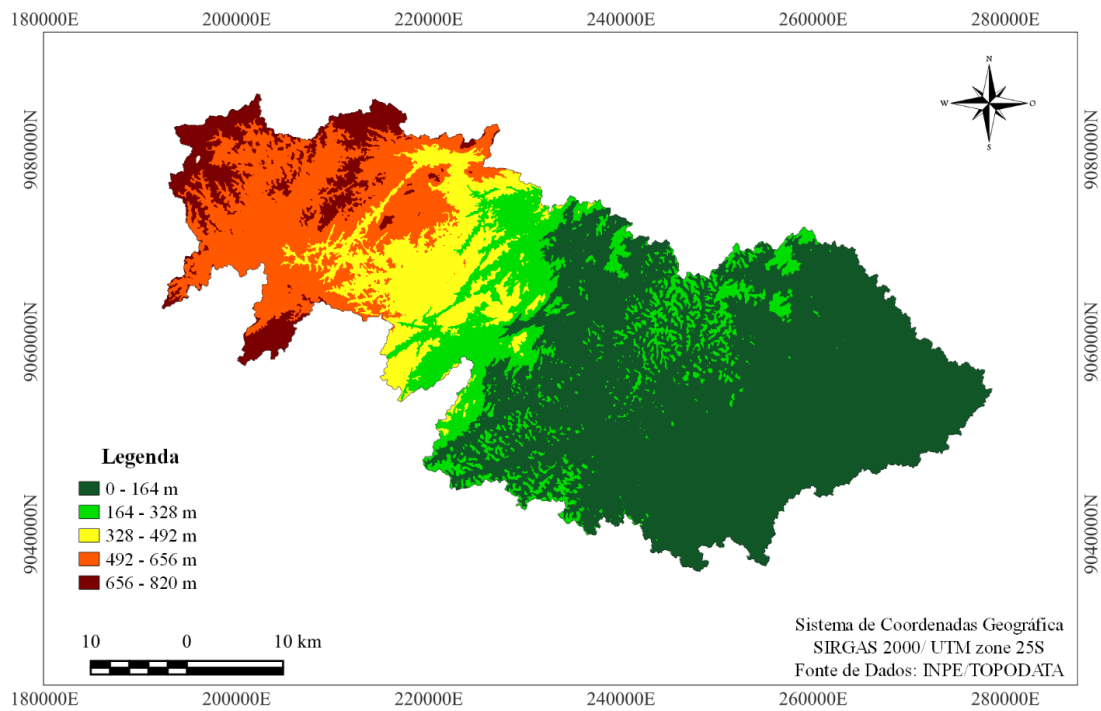


Figura 7 – Mapa hipsométrico da BHRS.

Mais da metade da área da bacia está no intervalo até 164 metros, situados principalmente na região inferior e já a predominância do norte é o intervalo III, conforme tabela 6.

Tabela 6: Área das classes hipsométricas da BHRS.

Intervalos (m)		Área (km ²)	Área (%)
I	0 - 164	1.130,430	54,25
II	164 - 328	285,938	13,72
III	328 - 492	206,184	9,89
IV	492 - 656	327,595	15,72
V	656 - 820	133,626	6,42
Total		2.083,773	100,00

O rio Sirinhaém possui 58,39% da sua extensão no intervalo I, abrangendo todo o corpo hídrico de 6º ordem e aproximadamente um terço do percurso de 5º ordem e os demais desta hierarquia equivale a 32,03% que está entre os intervalos II e IV e os demais trechos do rio principal com intervalos IV e V, sendo de 1 a 4º ordem. Já analisando a drenagem da BHRS através da Figura 8, percebeu-se que a predominância em todas as ordens está no intervalo I e que a maioria dos 1º ordem situa-se na região inferior ou jusante da bacia. Porém o segundo intervalo mais presente na hierarquia está entre as cotas 492 a 656 metros, na região central a norte, confirmando que a bacia possui 2 polos de drenagem.

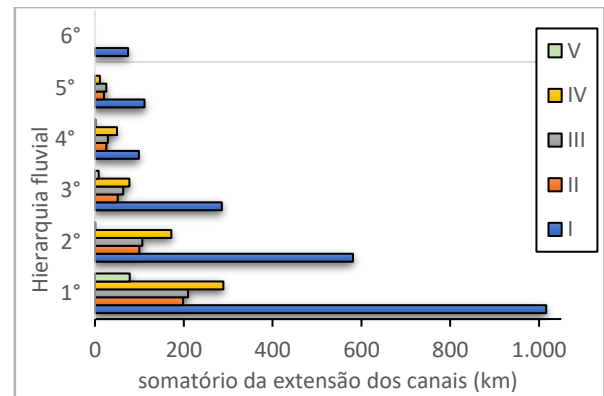


Figura 8 – Hipsometria dos canais de drenagem da BHRS.

Com a sobreposição do mapa de localização (Figura 1), hierarquia dos rios (Figura 4) e uso e ocupação da terra (Figura 9), observou-se que o trecho de 6ª ordem do rio Sirinhaém permeia ou transita adjacente na cidade de Ipojuca, Rio Formoso, Gameleira, Sirinhaém e 5º ordem nos municípios de Barra de Guabiraba e Cortês. Além disso, sub-bacias de 5ª ordem pelo rio Aritibu permeando a cidade de Ribeirão e rio Amoragi nos municípios de Amaraji e zona rural de Ribeirão. O avanço da mancha urbana nas redondezas dos corpos hídricos em diversos pontos desmatando e habitando em áreas pertencentes a mata ciliar, que contribuem para o processo erosivo, perdas acentuadas de matéria orgânica, menor retenção e infiltração da água precipitada, com isso, aumenta o risco de picos de inundação para as comunidades (Brown et al., 2018; Nilsson et al., 2018; Silva et al., 2019; Turini et al., 2022; Sharpe et al., 2023).

A justaposição do mapa de declividade (Figura 5) e LULC (Figura 9), permite analisar que as cidades de Sirinhaém, Gameleira, Barra de Guabiraba, Cortês, Ribeirão e Amaraji possuem inclinações de até 20% e já Ipojuca e Rio formoso estão sobre declividades de até 8%, na qual quanto menor o valor, maior é a suscetibilidade a

inundação, estas cidades ainda possuem um fator agravante, pois a sua montante também possuem estas característica de inclinação, propiciando a baixa drenagem e retenção do corpo hídrico (Marth, Moura e Koester, 2016; Mahala, 2020; Silva et al., 2022).

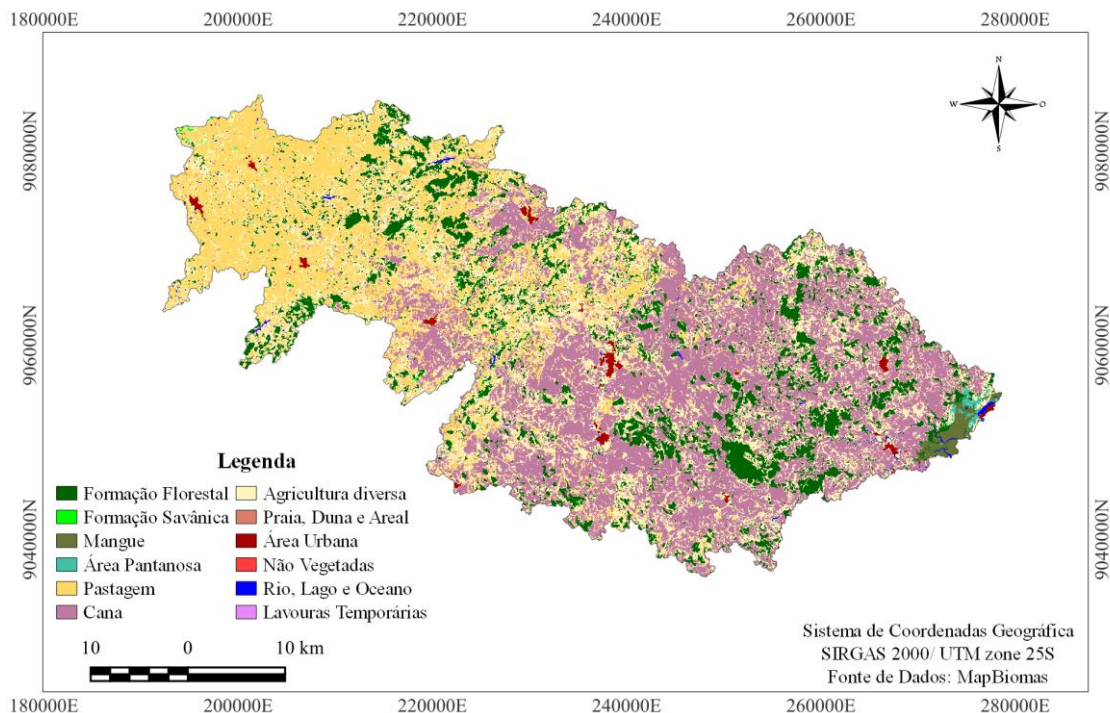


Figura 9 – Mapa do uso e ocupação da terra (LULC) da BHRS.

Ao analisar o LULC da BHRS, observou-se uma grande área voltada para a agricultura (principalmente para o cultivo da cana) e pastagem, totalizando 83,98% da área da bacia e somente 14,79% para vegetação (Tabela 7).

As classes de declividade escarpado, montanhoso e fortemente ondulado totalizam 38,61% da BHRS, indicando embasado por Silva et al. (2022), que 61,39% da área não limita a atividade agrícola que conforme a Tabela 7, ainda com potencial de crescimento. Porém a alta utilização da terra para agricultura e pastagem aumenta o transporte de sedimentos e possibilita maior escoamento e menos infiltração da água precipitada, favorecendo a cheia dos corpos hídricos (Anjinho et al., 2021). Percebe-se que a única mancha urbana que não está envolvido por estas ocupações é a cidade de Ipojuca, porém com áreas circunjacentes por Mangue, área pantanosa ou alagadas e lagoas que dependendo da intensidade pluviométrica pode transbordar.

Tabela 7: Áreas do LULC da BHRS.

Classe	Área (km ²)	Área (%)
Cana	711,894	34,164
Agricultura Diversa	562,699	27,004
Lavouras Temporárias	2,210	0,106
Pastagem	473,094	22,704
Formação Florestal	289,207	13,879
Mangue	13,568	0,651
Formação Savânica	5,324	0,255
Rio, lago e lagoas	6,603	0,317
Área pantanosa	5,006	0,24
Área não vegetada	0,133	0,006
Praia, duna e areal	0,077	0,004
Área urbana	13,958	0,67
Total	2.083,773	100,00

A pedologia da BHRS possui 7 classes e 4 tipos hidrológico dos solos: Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderada textura argilosa (A), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico A moderada textura argilosa (A), Neossolos Quartzarênicos Órtico típico A fraco (B), Neossolos Flúvicos (C), Argissolos Vermelho-

Amarelos (C), Gleissolo Sílico Sódico Típico (D) e Neossolos Litólico (D) (Sartori; Neto; Genovez, 2005). Portanto, os solos dos grupos hidrológicos da BHRS A, B, C e D, respectivamente correspondem a 60,91%, 0,14%, 37,87% e 1,08% da área da bacia. Logo, podemos afirmar que a BHRS possui um alto potencial de infiltração na

parte inferior devido o tipo de solo, no entanto, desfavorável devido a predominância do uso do solo ser para a produção agrícola. Já para a parte superior tanto o tipo de solos quanto as altas declividades e o uso do solo com prevalência à pastagem, possibilitam altos escoamentos superficiais (Figura 10).

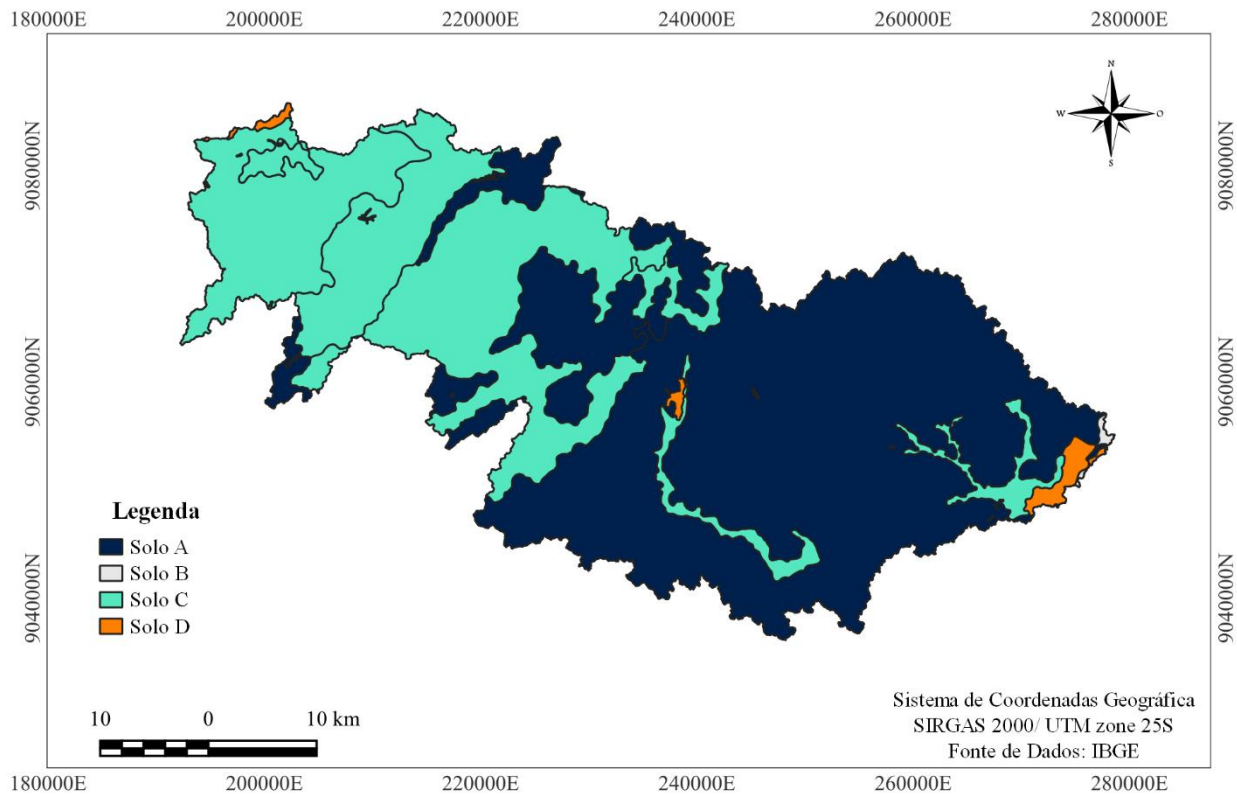


Figura 10 – Distribuição dos grupos hidrológicos do solo da BHRS.

Conclusões

Com os dados processados devido ao uso das geotecnologias possibilitou analisar as informações morfométrica e de uso e ocupação da terra, na qual observou alta predominância de ordem hierárquica no rio principal Sirinhaém e que permeia em várias cidades. Na bacia os fatores morfométricos físicos indicaram uma baixa tendência a enchentes e cheias, já os parâmetros de drenagem indicam propensão ao acúmulo de sedimentos, retenção de água, redução da velocidade de escoamento e potencialidade de cheias, com a densidade de drenagem média, rio principal sinuoso moderado com potencialidade tortuosa, baixa razão de bifurcação entre os corpos hídricos.

A classes de declividade como dominantes ondulado e forte ondulado tendenciam a erosão e ao escoamento superficial. Já as modificações de

elevação ocorrentes na parte central para a montante ao norte, propicia aos processos de modelagem de geração de fluxo e evapotranspiração, já a parte inferior desfavorece, pois, possui uma homogeneidade de cotas baixas até 164 metros.

Dessa forma, faz-se necessário simulação hidrológica para cheias principalmente nas cidades de Amaraji, Barra de Guabiraba, Cortês, Gameleira, Ipojuca, Rio Formoso, Ribeirão, Sirinhaém, por ter rios de alta ordem que os permeiam ou transita adjacente e características morfométrica de drenagem, relevo e declividade favorável a ocorrências pontuais de cheias a depender do evento hidrológico. Portanto esses estudos servirão para alertar as áreas de riscos de inundações e propor soluções e melhorias de gerenciamento dos recursos hídricos.

Agradecimentos

Agradecimentos primeiramente a Deus pela Sua condução, aos docentes orientadores do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* de Engenharia Civil e Ambiental (PPGCAM) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), campus Agreste pelos ensinamentos e comprometimento. E apoio financeiro da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e incentivo a pesquisa.

Referências

- Aires, A. d., Costa, J. D., Bezerra, J. M., Rêgo, A. T., 2021. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica da barragem de Pau dos Ferros/RN. *Revista GEAMA - Ciências Ambientais e Biotecnologia*, 67-76.
- Alves, W. S., Martins, A. P., Morais, W. A., Pôssa, É. M., Moura, D. M., NS, L., ... & Moreira, E. P. 2020. Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho, Sudoeste de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(07), 3636-3658.
- Alves, A. (n.d.). APAC - Agência Pernambucana de Águas e Climas - Início. APAC - Agência Pernambucana de Águas e Climas. <https://www.apac.pe.gov.br/>
- Araújo, D.C.S., Montenegro, S.M.G.L., Corbari, C. & Viana, J.F.deS. (2021). Calibration of FEST-EWB hydrological model using remote sensing data in a climate transition region in Brazil. 66(3), 513–524. <https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1881100>
- Asfaw, D., & Workineh, G. 2019. Quantitative analysis of morphometry on Ribb and Gumara watersheds: Implications for soil and water conservation. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(2), 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.02.003>
- Anjinho, P. da S., Barbosa, M. A. G. A., Costa, C. W., & Mauad, F. F. 2021. Environmental fragility analysis in reservoir drainage basin land use planning: A Brazilian basin case study. *Land Use Policy*, 100, 104946. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104946>
- Brown, A. G., Lespez, L., Sear, D. A., Macaire, J.-J., Houben, P., Klimek, K., Brazier, R. E., Van Oost, K., & Pears, B. 2018. Natural vs anthropogenic streams in Europe: History, ecology and implications for restoration, river-rewilding and riverine ecosystem services. *Earth-Science Reviews*, 180, 185–205. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.02.001>
- Chagas, A.M.S., Montenegro, A.A., Farias, C.W.L.A., Lins, F.A.C., & Silva, J.R.I. (2022). Use of geotechnologies for morphometric analysis of experimental basin in the semiarid region to support hydrological simulation. 30, 19–35. <https://doi.org/10.13083/reveng.v30i1.12629>
- Christofolletti, A., 1980. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher. 200 p.
- Correia Filho, W. L. F., Oliveira-Júnior, J. F. de, Santos, C. T. B. dos, Batista, B. A., Santiago, D. de B., Silva Junior, C. A. da, Teodoro, P. E., Costa, C. E. S. da, Silva, E. B. da, & Freire, F. M. (2022). The influence of urban expansion in the socio-economic, demographic, and environmental indicators in the City of Arapiraca-Alagoas, Brazil. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 25, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100662>
- Costa, A.A.S, Galvanin, E.A.S., & Neves, A.M.A.S. 2020. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara, Mato Grosso - Brasil. 35(74), 483–500. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n74p483>
- Embrapa- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro 2013
- De Lima, FJ, Menezes, LDS, Da Silva, OG, & Monteiro, KDA 2022. Parâmetros morfométricos aplicados à bacia do rio da Batateira (Ceará-Brasil) para identificar suscetibilidade a enchentes. *Revista de Geografia*, 39 (1), 19. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2022.247770>
- Dos Santos, A. G. B., Cezar Bezerra, A., Cardoso do Nascimento, A. H., Bastos de Souza, L. S., Bezerra da Silva, J. L., & De Albuquerque Moura, G. B. 2021. Caracterização Morfométrica e Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica do Semiárido Pernambucano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(2), 1036. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p1036-1043>
- Esteves, L. V., Esteves, A. M. S. L., Moura, T. C. C., De Oliveira, C. S., Alves, E. M., & Da Paz, D. H. F. 2023. Caracterização morfométrica da sub-bacia do Riacho Camaçari, Pernambuco, com uso do software QGIS e complementos de processamento GRASS e GDAL. *Brazilian Journal of Development*, 9(1), 703–714. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-051>

- Ferraz, F. G., 2019. Simulação hidrológica e hidrodinâmica do impacto de enchentes na bacia do rio Sirinhaém e avaliação de sistema de controle proposto. Dissertação (Mestrado). Recife, Universidade Federal de Pernambuco.
- França, G. V. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. 1968. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP
- Harsha J, Ravikumar AS, Shivakumar BL 2020 Evaluation of morphometric parameters and hypsometric curve of Arkavathy river basin using RS and GIS techniques. ApplWater Sci 10:86–15. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1164-9>
- Kirpich, Z. P., 1940. Time of concentration of small agricultural watersheds. Civil Engineering, Reston 10, 6, 362.
- Lima, AS, Pimentel, MA da S., & Vale, JRB 2021. Análise Morfométrica da bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará: estudo aplicado ao planejamento ambiental e análise integrada da paisagem. Revista Brasileira de Geografia Física, 2071–2086. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p2071-2086>
- Lopes, J. R. A., Bezerra, J. M., Almeida, N. M. D. P., Costa, H. C. G., Fernandes, G. S. T., Gonçalves, G. L., Mendonça, S. D. S. C., & Júnior, M. E. d. O. 2022. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Açude Grande no semiárido do Rio Grande do Norte. Revista Brasileira de Geografia Física, 15(1), 429. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p429-442>
- Mahala, A. 2020. The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-climatic settings. Applied Water Science, 10(1). <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1118-2>
- Marth, J. D., Moura, N. S. V., & Koester, E. 2016. Estudo da Suscetibilidade à Inundação com Base em Análise Geomorfológica, Bacia Hidrográfica do Arroio Santa Isabel, Região Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Revista do Instituto Geológico, 37(1). <https://doi.org/10.5935/0100-929x.20160002>
- Martins, C. F. V., Bahia, D. D. S. G., Doll, K. M., & da Silva, D. T. 2022. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga, SE. Journal of Environmental Analysis and Progress, 7(2),117-126. <https://doi.org/10.24221/jeap.7.2.2022.4247.117-126>
- Morbideilli, R., Saltalippi, C., Flammini, A., & Govindaraju, R. S. 2018. Role of slope on infiltration: A review. Journal of Hydrology, 557, 878–886. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.01.019>
- Nilsson, C., Riis, T., Sarneel, J. M., & Svavarsdóttir, K. 2018. Ecological Restoration as a Means of Managing Inland Flood Hazards. BioScience, 68(2), 89–99. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix148>
- Olabode, O. F., Oluwaniyi, O. E., Adebayo, Q. A., & Asiwaju-Bello, Y. A. 2020. Morpho-lithostructural analysis of Ala River basin for flood risk assessment: geospatial techniques intervention. Earth Science Informatics, 13(3), 773–794. <https://doi.org/10.1007/s12145-020-00457-6>
- Pereira, C. F. P., Brito, G. H. M., Vespucci, I. L. Rocha, I. J. F., 2019. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio dos Patos, GO. Ipê Agronomic Journal, 3(1): 5-13. <https://doi.org/10.37951/25956906.2019v3i1.4319>
- Piedade, G. C. R. Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. 1980. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, Botucatu/SP.
- Pande, C. B., & Moharir, K. 2015. GIS based quantitative morphometric analysis and its consequences: a case study from Shanur River Basin, Maharashtra India. Applied Water Science, 7(2), 861–871. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0298-7>
- Raiol, L. L., Ferreira, M. T., Santos, D. C. R., & Hayashi, S. N. 2022. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Caripi, Zona Costeira Amazônica. Revista Brasileira de Geografia Física, 15(5), 2354. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2354-2370>
- Rajasekhar, M., Raju, G. S., & Raju, R. S. 2020. Morphometric analysis of the Jilledubanderu River Basin, Anantapur District, Andhra Pradesh, India, using geospatial technologies. Groundwater for Sustainable Development, 11, 100434. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100434>
- Rocha, P.C., Santos, A.A., 2018. Análise hidrológica em bacias hidrográficas. Mercator 17, e17025.
- Sampaio, A.C.P., Cordeiro, A.M.N, & Bastos, F.H. 2016. Susceptibilidade à Erosão Relacionada ao Escoamento Superficial na Sub-Bacia do Alto Mundaú, Ceará, Brasil (Susceptibility to

- Erosion Related to Surface Runoff in the Sub-Basin of the Upper Course of the Mundaú, Ceará, Brazil). 9(1), 125–125. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.1.p125-143>
- Sankriti, R., Subbarayan S., Aluru, M., Devanatham, A., Reddy, N., & Ayyakkannu, S. 2021. Morphometric analysis and prioritization of sub-watersheds of Himayatsagar catchment, Ranga Reddy District, Telangana, India using remote sensing and GIS techniques. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01187-8>
- Santana, T.C., Guiselini, C., Calvacanti, S.D.L., Silva, M.V., Vigoreis, R.B., José Junior, A.S., Moraes, A.S., Jardim, A.M.R.F. 2022. Quality of rainwater drained by a green roof in the metropolitan region of Recife, Brazil. 49, 102953–102953. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102953>
- Sartori, A., Neto, F., & Genovez, A. 2005. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 10(4), 5–18. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v10n4.p5-18>
- Schumm, S.A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of perth amboy. Geol. Soc. America Bulletin, 67. 597-646.
- Sharpe, R.G., Brooks, A., Olley, J., & Kemp, J. 2023. Quantifying hydraulic roughness in a riparian forest using a drag force-based method. 16(2). <https://doi.org/10.1111/jfr3.12892>
- Silva, A. F., & Farias, C. W. L. A. 2021. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Mundaú utilizando o modelo SWAT. Revista Semiárido De Visu, 9(2), 76-86. <https://doi.org/10.31416/rsdv.v9i2.216>
- Silva, D. P., & Lima, E. C., 2019. Impactos ambientais no alto curso da sub-bacia hidrográfica do Rio Batateiras na Região Sul do estado do Ceará. Revista Casa da Geografia de Sobral, 1091-1103. <https://doi.org/10.35701/rcgs.v21n2.491>
- Silva, G. C., e Ferreira, V. d., 2019. Uso e ocupação do solo e cenários tendenciais de vazões na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba-Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física, 139-159. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.1.p139-159>
- Silva, G. C., Almeida, F., Almeida, R., Mesquita, M., & Junior, J. A. 2018. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Rangel-Piauí, Brasil. Enciclopédia Biosfera, 15(28).
- Silva, J. R.I., Souza, E.S., Souza, R., Santos, E.S., Antonino, A. C.D. 2019. Efeito de diferentes usos do solo na erosão hídrica em região semiárida. Revista Engenharia Na Agricultura - REVENG, 27(3), 272–283. <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i3.867>
- Silva, J. R. I., Montenegro, A. A. de A., Farias, C. W. L. de A., Jardim, A. M. da R. F., Silva, T. G. F. da, & Montenegro, S. M. G. L. 2022. Morphometric characterization and land use of the Pajeú river basin in the Brazilian semi-arid region. Journal of South American Earth Sciences, 118(103939), 103939. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103939>
- Silva, T. L. do V., Lopes, Z., Ferreira, R., Guedes, R., Pereira, R., Prestrelo, F., Ferreira, A., Gomes, J., Wanderley, C., Santos, E., Oliveira, P., Gomes, V., & Dias, H. 2023. Previsão de extremos de chuva em Pernambuco: os eventos de maio de 2022. Revista Brasileira de Geografia Física, 16(1), 646–671. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.1.p646-671>
- Silveira, A. 2005. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 10(1), 5–29. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v10n1.p5-29>
- Souza, C. M., Z. Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L., A. Alencar, A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., G. Ferreira, L., Souza-Filho, P. W. M., de Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., ... Azevedo, T. 2020. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. Remote Sensing, 12(17), 2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- Souza, Ê. G. F., Nascimento, A. H. C. do, Cruz, E. A. da, Pereira, D. D. F., Silva, R. S. da, Silva, T. P. da, & Freire, W. A. 2021. Delimitação e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS. Revista Brasileira de Geografia Física, 14(3), 1530. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.3.p1530-1540>
- Strahler, a. N 1952. Dynamic basis of geomorphology. Bulletin of the Geological Society of America, 63, 923-938.
- Su, Q., Yuan, D., Zhang, H., Manopkawe, P., Zhan, Y., Zhang, P., & Xie, H. 2019. Geomorphic evidence for northeastward expansion of the eastern Qilian Shan, northeastern Tibetan Plateau. Journal of Asian

- Earth Sciences, 177, 314-323.
<https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2019.04.003>
- Turini, L. R., Cândido, E. D. S., & De Abreu, V. H. S. 2022. Determinação dos parâmetros fisiográficos da microbacia do Córrego Buritizinho. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(2), 767.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.2.p767-782>
- Ulloa, H., Mazzorana, B., Batalla, R. J., Jullian, C., Iribarren-Anacona, P., Barrientos G, Reid, B. R., Oyarzun, C., Schaefer, M., & Andrés Iroumé. 2018. Morphological characterization of a highly-dynamic fluvial landscape: The River Baker (Chilean Patagonia). *Journal of South American Earth Sciences*, 86, 1–14.
<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.06.002>
- JS Am. Ciências da Terra. , 86 2018 , pp. 1 - 14 ,
[10.1016/j.jsames.2018.06.002](https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.06.002)
- Vale, J. R. B., Costa, L. S. d., & Pimentel, M. A. d. S. 2021. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Mocajuba, zona costeira amazônica. *Geosul*, 36(78), 537–557. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e72705>
- Villela, S.M.; Mattos, A., 1975. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 245 p.
- Waiyasusri, K., & Chotpantarat, S. 2020. Watershed prioritization of kaeng lawa sub-watershed, khon kaen Province using the morphometric and land-use analysis: A case study of heavy flooding caused by tropical storm podul. *Water*, 12(6), 1570.
<https://doi.org/10.3390/w12061570>
- Ykeizumi, L.Y.F, Vieira, I.C.B, & Kroth, G.A.B. 2020. Estudos do crescimento urbano no município de Ihota – SC no período de 1999 – 2019.
<https://doi.org/10.21166/metapre.v2i0.1010>