

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS MACACOS (BACIA DO ACARAÚ-CE) A PARTIR DO USO DE GEOTECNOLOGIAS

MOISÉS FERNANDES MATOS

Geógrafo e Mestre em Geografia. Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA

Email: moisesfernandes215@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/8888-0074-8000-0000>

FÁBIO SOUZA E SILVA DA CUNHA

Geólogo e Doutor em Geodinâmica. Professor Adjunto do curso de Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA

Email: fabio.cunha@uvanet.br ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3868-9555>

ISORLANDA CARACRISTI

Geógrafa e Doutora em Geografia. Professora Associada do curso de Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA. Professora Permanente do Programa de Pós-graduação em Geografia (PROPGEU/UVA) da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA

Email: isorlanda_caracristi@uvanet.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2390-6417>

Recebido:02/26

Avaliado:02/26

Publicado:03/26

RESUMO

A caracterização de uma sub-bacia hidrográfica a partir de sua morfometria mostra-se como uma relevante análise para se agregar ao planejamento e gestão desta unidade administrativa, auxiliando no desenvolvimento mais equilibrado, que envolva a utilização sustentável dos recursos naturais. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo caracterizar o perfil morfométrico da sub-bacia hidrográfica do rio dos Macacos, afluente do rio Acaraú-CE, considerando os seguintes aspectos: geometria, relevo e drenagem. A aplicação de metodologias quantitativas e técnicas para obtenção de dados por meio do geoprocessamento, representam uma fase essencial e indispensável na catalogação e descrição dos elementos físicos relacionados a sub-bacia como área de estudo. Ela proporciona uma análise dos parâmetros envolvidos, chegando-se a um entendimento desde sua organização e evolução dos processos naturais da área. Estas informações podem auxiliar na tomada de decisões desde seu planejamento, ordenamento e gestão dos recursos hídricos no contexto da sub-bacia hidrográfica como unidade administrativa dos recursos hídricos. Os procedimentos metodológicos envolveram a utilização do software QGIS 3.26 para o tratamento de imagens SRTM-TOPODATA e demais procedimentos de geoprocessamento. Foi possível obter as seguintes características morfométricas: geometria, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, fator de forma, padrão de drenagem, hierarquia fluvial, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de sinuosidade, declividade média e razão de relevo. Como resultado desses parâmetros, infere-se que a sub-bacia apresenta uma área de drenagem de 1634,912 km² e perímetro de 364,99 km, com formato alongado, mostrando-se pouco favorável de inundações, com classificação de 5ª ordem do rio principal conforme método de Strahler (1952) e com baixo grau de ramificação. A sub-bacia apresenta baixas densidades de drenagem, canal principal anastomosado e com baixa a média declividade, que em condições naturais não é propensa a erosão fluvial.

Palavras-chave: Morfometria. Geoprocessamento. Sub-bacia hidrográfica.

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE RIO DOS MACACOS HYDROGRAPHIC SUB-BASIN (ACARAÚ BASIN – CE) USING GEOTECHNOLOGIES

ABSTRACT

The characterization of a hydrographic sub-basin based on its morphometry proves to be a relevant analysis to be added to the planning and management of this administrative unit, assisting in a more balanced development that involves the sustainable use of natural resources. In this sense, this study aimed to characterize the morphometric profile of the Macacos River hydrographic sub-basin, a tributary of the Acaraú River in Ceará, considering the

following aspects: geometry, relief, and drainage. The application of quantitative methodologies and techniques for obtaining data through geoprocessing represents an essential and indispensable phase in the cataloging and description of the physical elements related to the sub-basin as a study area. It provides an analysis of the parameters involved, leading to an understanding of its organization and the evolution of the area's natural processes. This information can assist in decision-making regarding the planning, ordering, and management of water resources in the context of the hydrographic sub-basin as an administrative unit of water resources. The methodological procedures involved the use of QGIS 3.26 software for processing SRTM-TOPODATA images and other geoprocessing procedures. The following morphometric characteristics were obtained: geometry, circularity index, compactness coefficient, form factor, drainage pattern, fluvial hierarchy, hydrographic density, drainage density, sinuosity index, average slope, and relief ratio. As a result of these parameters, it is inferred that the sub-basin has a drainage area of 1634.912 km² and a perimeter of 364.99 km, with an elongated shape, showing little susceptibility to flooding, with a 5th order classification of the main river according to the Strahler method (1952) and a low degree of branching. The sub-basin presents low drainage densities, an anastomosing main channel, and low to medium slope, which under natural conditions is not prone to fluvial erosion.

Keywords: Morphometry. Geoprocessing. Hydrographic sub-basin.

ANALYSE MORPHOMÉTRIQUE DU SOUS-BASSIN HYDROGRAPHIQUE DU RIO DOS MACACOS (BASSIN D'ACARAÚ – CE) À L'AIDE DES GÉOTECHNOLOGIES

RÉSUMÉ

La caractérisation morphométrique d'un sous-bassin hydrographique s'avère une analyse pertinente pour la planification et la gestion de cette unité administrative, contribuant à un développement plus équilibré et durable des ressources naturelles. Dans cette optique, la présente étude vise à caractériser le profil morphométrique du sous-bassin hydrographique de la rivière Macacos, affluent de la rivière Acaraú (CE), en considérant la géométrie, le relief et le réseau hydrographique. L'application de méthodologies et de techniques quantitatives de géotraitement constitue une étape essentielle du catalogage et de la description des éléments physiques du sous-bassin. Elle permet d'analyser les paramètres impliqués et de comprendre son organisation ainsi que l'évolution des processus naturels qui s'y déroulent. Ces informations peuvent éclairer la prise de décision concernant la planification, l'aménagement et la gestion des ressources en eau dans le contexte du sous-bassin hydrographique, considéré comme une unité administrative de gestion des ressources en eau. Les procédures méthodologiques ont impliqué l'utilisation du logiciel QGIS 3.26 pour le traitement des images SRTM-TOPODATA et d'autres procédures de géotraitement. Les caractéristiques morphométriques suivantes ont été obtenues : géométrie, indice de circularité, coefficient de compacité, facteur de forme, réseau hydrographique, hiérarchie fluviale, densité hydrographique, densité de drainage, indice de sinuosité, pente moyenne et rapport de relief. Ces paramètres indiquent que le sous-bassin possède une superficie de drainage de 1 634,912 km² et un périmètre de 364,99 km. De forme allongée, il présente une faible susceptibilité aux inondations, un cours d'eau principal de 5e ordre selon la méthode de Strahler (1952) et un faible degré de ramification. Le sous-bassin présente une faible densité de drainage, un chenal principal anastomosé et une pente faible à moyenne, ce qui, en conditions naturelles, le rend peu sujet à l'érosion fluviale.

Mots-clés: Morphométrie. Géotraitement. Sous-bassin hydrographique.

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS MACACOS (BACIA DO ACARAÚ-CE) A PARTIR DO USO DE GEOTECNOLOGIAS

RESUMEN

Caracterizar una subcuenca hidrográfica a partir de su morfometría resulta un análisis relevante para la planificación y gestión de esta unidad administrativa, contribuyendo a un desarrollo más equilibrado que involucre el uso sostenible de los recursos naturales. En este sentido, este estudio tuvo como objetivo caracterizar el perfil morfométrico de la subcuenca hidrográfica del río Macacos, afluente del río Acaraú-CE, considerando los siguientes aspectos: geometría, relieve y drenaje. La aplicación de metodologías y técnicas cuantitativas para la obtención de datos mediante geoprocésamiento representa una fase esencial e indispensable en la catalogación y descripción de los elementos físicos relacionados con la subcuenca como área de estudio. Proporciona un análisis de los parámetros involucrados, lo que permite comprender su organización y la evolución de los procesos naturales del área. Esta información puede contribuir a la toma de decisiones en materia de planificación, ordenamiento y gestión de los recursos hídricos en el contexto de la subcuenca hidrográfica como unidad administrativa de recursos hídricos. Los procedimientos metodológicos implicaron el uso del software QGIS 3.26 para el procesamiento de imágenes SRTM-TOPODATA y otros procedimientos de geoprocésamiento. Se obtuvieron las siguientes características morfométricas: geometría, índice de circularidad, coeficiente de compacidad, factor de forma, patrón de drenaje, jerarquía

fluvial, densidad hidrográfica, densidad de drenaje, índice de sinuosidad, pendiente media y razón de relieve. Como resultado de estos parámetros, se infiere que la subcuenca tiene un área de drenaje de 1634,912 km² y un perímetro de 364,99 km, con una forma alargada, mostrando poca susceptibilidad a inundaciones, con una clasificación de quinto orden del río principal según el método de Strahler (1952) y un bajo grado de ramificación. La subcuenca presenta bajas densidades de drenaje, un cauce principal anastomosado y una pendiente de baja a media, que en condiciones naturales no es propensa a la erosión fluvial. **Palabras clave:** Morfometría. Geoprocementamiento. Subcuenca hidrográfica.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural único, fundamental para a sobrevivência dos seres vivos e primordial à vida, tendo como característica a sua renovação através de processos físicos, químicos e biológicos do ciclo hidrológico (BARTH; BARBOSA, 1999). De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2019), as águas possuem diferentes formas de usos, sendo para fins industrial, consumo humano, agrícola, transporte, dessedentação animal, entre outros. Sejam por fatores de quantidade e qualidade, cada uso possui distinções em suas particularidades, os quais modificam as condições naturais das águas superficiais e subterrâneas.

Consequentemente, converte-se em um componente significativo para análises de inúmeros processos que sucedem na superfície terrestre, definido por Chandrashekar et al (2015), como sendo uma unidade padrão para gestão sustentável dos recursos naturais, possibilitando o entendimento da influência da morfometria de escoamento sobre formas superficiais e suas peculiaridades.

Caracterizar uma área ou uma região hidrográfica a partir de sua morfometria, mostra-se como um relevante estudo para se agregar a uma unidade de pesquisa, planejamento e gestão, que auxilie o desenvolvimento com bases técnicas, envolvendo sempre a utilização socioambiental sustentável e participativa dos recursos naturais, proporcionando uma compreensão mais racional sobre o espaço (BORELA, 2016).

Segundo Sousa (2016), a análise morfométrica relacionada a bacia hidrográfica nas avaliações hidrológicas ambientais é uma das metodologias mais utilizadas, tendo como objetivo um melhor conhecimento da dinâmica local e regional da bacia, e que se relacionam com análises de parâmetros físicos, sendo importante conhecer o formato da bacia, como também indicar características geométricas, do relevo e da rede de drenagem.

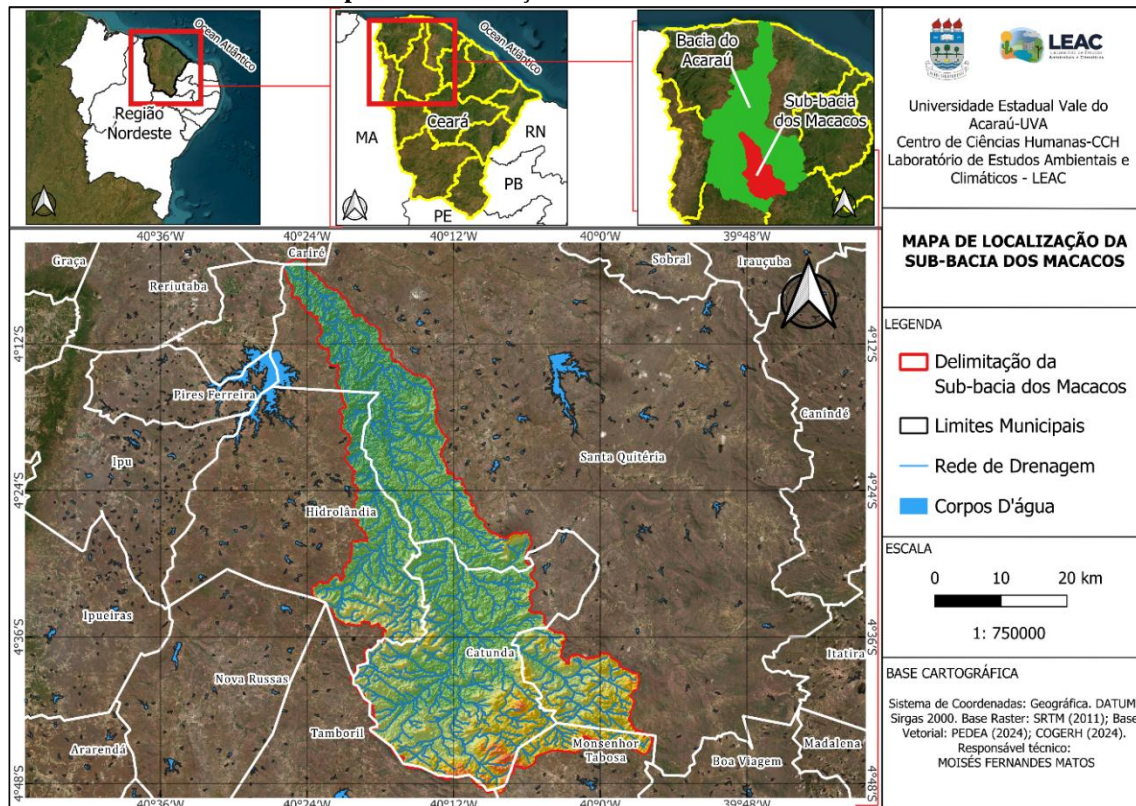
Lindner et. al. (2007) afirmam que os índices morfométricos são relevantes referenciais para utilização na prevenção de eventos hidrometeorológicos, a exemplo de cheias e estiagens. Trajano et. al. (2012) cita que, os dados morfométricos são utilizados para indicar áreas de maior vulnerabilidade a dinâmicas erosivas, gerando importantes instrumentos que podem auxiliar no planejamento e gestão territorial. Os indicadores morfométricos, utilizados como instrumento, fundamentam a relevância na gestão dos espaços, podendo ser empregados em áreas urbanas e rurais, contribuindo para uma melhor aplicação dos recursos naturais, como também, na prevenção da degradação ambiental (TRAJANO et. al. (2012).

Para a realização da caracterização morfométrica podem ser aplicadas técnicas de geoprocessamento, utilizando-se de Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do software de domínio livre QGIS (3.26). [...] “as ferramentas de geoprocessamento têm um importante papel por possibilitar uma avaliação integrada dos sistemas naturais, garantindo a otimização de procedimentos analíticos e maior agilidade na aquisição dos dados” (CARELLI; LOPES, 2011 apud SALIS at. al., 2019, p. 187). Uma destas técnicas, é o Modelo Digital de Elevação (MDE), uma importante técnica utilizada para representar matematicamente a distribuição espacial da superfície da área, sendo possível inferir informações morfométricas e hidrológicas.

O rio dos Macacos está localizado no alto curso da bacia do Acaraú (Mapa 01), região norte do estado do Ceará, é um dos principais tributários do rio Acaraú, o qual é considerado o

segundo maior no território estadual. A extensão do rio dos Macacos percorre parte dos municípios de Monsenhor Tabosa, Catunda, Santa Quitéria, Hidrolândia e Cariré.

Mapa 01 - Localização da sub-bacia dos Macacos.



Fonte: Autores (2026)

A sub-bacia em questão, tem grande importância na composição da bacia do Acaraú, sendo um de seus maiores tributários, com significativa representatividade territorial e múltiplas dependências do recurso hídrico pelas comunidades do entorno. Essa análise se torna ainda mais relevante sob o contexto da inserção dessa área no Semiárido brasileiro, sobretudo, devido à escassez natural dos recursos hídricos que leva a necessidade de diversas práticas de convivência com essa realidade climática.

As comunidades residentes no entorno da área de estudo dependem diretamente dos recursos hídricos, tanto para o abastecimento humano quanto para o desenvolvimento da produção agropecuária local, umas das principais atividades econômicas e subsistência recorrentes nos municípios inseridos no Semiárido brasileiro, além de outros usos múltiplos da água (LIMA e CARACRISTI, 2019). Diante desse contexto, evidencia-se a necessidade da aplicação de modelos informacionais e de modelagens capazes de gerar dados confiáveis e precisos, os quais podem subsidiar diagnósticos ambientais de gestão e gerenciamento dos recursos hídricos em regiões caracterizadas pela escassez desse recurso.

METODOLOGIA

Como forma de produzir a caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio dos Macacos, inicialmente foi realizada sua delimitação espacial, com base na análise integrada de parâmetros geométricos, do relevo e da rede de drenagem, conforme pressupostos clássicos da geomorfologia fluvial e da hidrologia (HORTON, 1945; CHRISTOFOLETTI, 1974, 1980). Para a obtenção e o processamento dos dados espaciais, empregaram-se técnicas

de geoprocessamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software QGIS versão 3.26, aliado a dados altimétricos SRTM-TOPODATA.

Os parâmetros geométricos da bacia compreenderam o cálculo da área de drenagem, perímetro e comprimento axial, considerados fundamentais para a análise morfométrica (TONELLO, 2005; CARVALHO; SILVA, 2003, 2006; SOARES; GALVÍNIO, 2020). A partir desses dados, foram estimados os índices de forma da bacia, incluindo o coeficiente de compacidade (VILELA; MATOS, 1975), o índice de circularidade proposto por Miller (1953) e discutido por Cardoso et. al. (2006), Alves e Castro (2003) e Schumm (1956), bem como o fator de forma, conforme Vilela e Matos (1975) e Carvalho e Silva (2003), possibilitando a avaliação da configuração espacial da bacia e de sua influência sobre o escoamento superficial e a ocorrência de cheias.

A caracterização do relevo foi realizada a partir da elaboração dos mapas de declividade e hipsometria, processados com base em dados SRTM-TOPODATA, utilizando ferramentas específicas do QGIS. A classificação das declividades seguiu a metodologia da EMBRAPA (1999), enquanto a análise altimétrica fundamentou-se nos conceitos de hipsometria e variação altitudinal descritos por Carvalho e Silva (2003). Complementarmente, foram calculados a razão de relevo, conforme Padilha e Souza (2017), e o gradiente de canais, segundo Horton (1945), citado por Pinto Júnior e Rossete (2005), permitindo avaliar a energia do relevo e a declividade do canal principal.

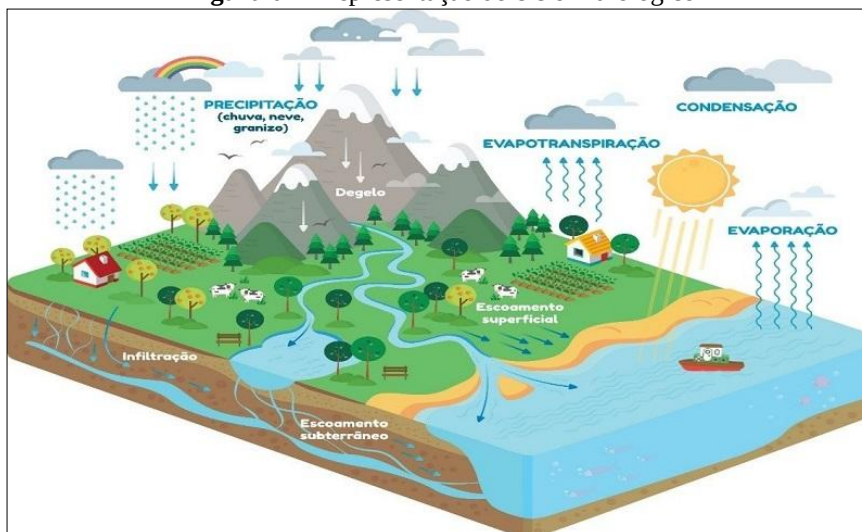
As características da rede de drenagem foram analisadas por meio do cálculo do comprimento do rio principal e do comprimento total da drenagem, conforme Tucci (2004). O índice de sinuosidade foi determinado segundo Castro e Alves (2003), considerando ainda as contribuições de Freitas (1952), sobre os fatores controladores da sinuosidade fluvial. A classificação dos canais seguiu os critérios de Morisowa (1975). A quantificação total dos canais fundamentou-se nos princípios do ciclo hidrológico descritos por Christofolletti (1980).

A hierarquização da rede de drenagem foi estabelecida a partir do método de Strahler (1952), conforme citado por Laszlo Manoel e Rocha (2014), permitindo classificar os cursos d'água em ordens hierárquicas crescentes. Por fim, o padrão de drenagem da sub-bacia foi identificado por comparação visual, segundo a classificação proposta por Christofolletti (1974) e adaptada por Trindade et. al. (2019), possibilitando relacionar a organização da rede de drenagem aos condicionantes geomorfológicos e estruturais da área de estudo.

O CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico, conhecido também como ciclo da água, é composto pelo transporte e movimento da água entre os componentes ambientais, principalmente sobre a superfície terrestre e a atmosfera (SILVEIRA, 2014). Segundo Schiavetti e Camargo (2002), esse processo hidrológico possui alguns principais integrantes, que são: a evapotranspiração, a condensação, a precipitação, o escoamento e a infiltração, conforme demonstra-se na Figura 01.

Figura 01 - Representação do ciclo hidrológico



Fonte: EPAL (2022)

O ciclo hidrológico ocorre por meio da evaporação da água dos oceanos, o vapor ou água em estado gasoso que resulta desse processo, é transportado pelo movimento das massas de ar. Dependendo das condições, o vapor é condensado, formando as nuvens, que por sua vez podem precipitar. Esta precipitação tem variações sobre a superfície podendo ocorrer de forma aleatória sobre o espaço e o tempo, a maior parte desta água precipitada tende a ficar retida temporariamente no solo, retornando posteriormente a atmosfera por meio da evaporação e transpiração da vegetação. Uma outra parte desta água precipitada, escoa sobre a superfície ou para os rios, enquanto uma outra parte penetra o solo, abastecendo o lençol freático subterrâneo.

O ciclo hidrológico é formado por uma progressão de vários processos naturais, onde a água inicia o seu caminho, saindo de uma etapa para outra, até retornar a sua posição primária. Este fenômeno planetário de circulação fechada da água se sucede entre a superfície terrestre e a atmosfera, sendo influenciado de maneira acentuada pela energia solar associada à gravidade e à rotação da Terra (MIRANDA; OLIVEIRA; SILVA, 2010).

Destaca-se o ciclo hidrológico como componente primordial para os estudos de bacias hidrográficas.

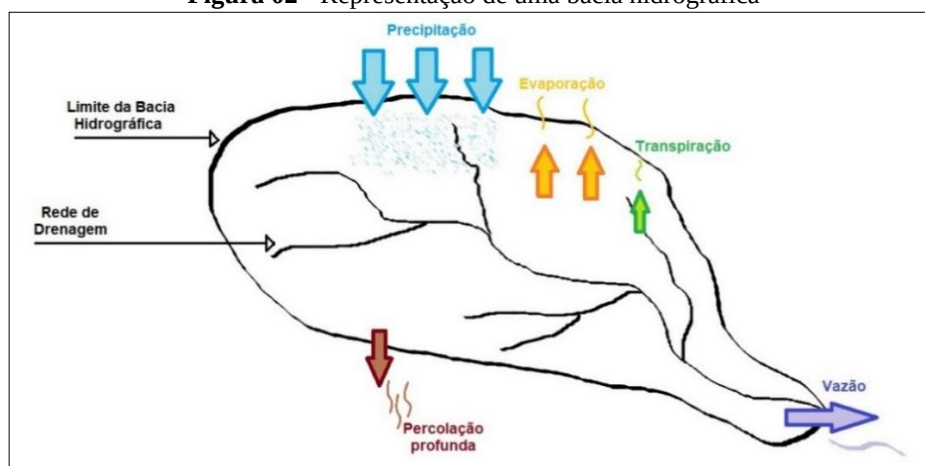
BACIA E SUB-BACIA HIDROGRÁFICA

Conforme Tucci (1997), a bacia hidrográfica é definida a partir de uma área de captação natural de águas oriundas dos processos de precipitação, com escoamento convergindo para um único ponto de saída. A bacia é composta por um conjunto de vertentes associadas a geomorfologia superficial de uma rede de canais, formada por cursos de água que incidem até converter-se em um único leito no seu exutório.

As bacias hidrográficas possuem características fisiográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, fitológicas, climáticas; com suas variações de uso e ocupação, com regime pluviométrico e fluviométrico, e ainda a disponibilidade hídrica (DA PAZ, 2004).

Para a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2012), a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado; e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, sendo considerados perdas os volumes decorrentes da evaporação, transpiração e os volumes infiltrados em maiores profundidades, assim como demonstra a Figura 02.

Figura 02 - Representação de uma bacia hidrográfica



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Segundo a lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, a bacia hidrográfica é considerada uma unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

Sobre as questões do gerenciamento dos recursos hídricos, data-se de 1916 no Código Civil, a primeira ocorrência de uma legislação sobre águas em território brasileiro. Ainda que abordada de forma superficial, de acordo com o artigo 563, em seu parágrafo único, aborda sobre o uso da água sem levar em consideração a qualidade natural, sob consequência de indenização para aqueles que se sentiram prejudicados pelos quesitos de qualidade e quantidade deste recurso, contudo não regulamenta todos os direitos e deveres relacionados as questões das águas.

Art. 563. O dono do prédio inferior é obrigado a receber as águas que correm naturalmente do superior. Se o dono deste fizer obras de arte, para facilitar o escoamento, procederá de modo que não piore a condição natural e anterior do outro. Parágrafo único. Ao proprietário prejudicado, em tal caso, também assiste o direito de indenização pelos danos, que de futuro lhe advenham com a infiltração ou a irrupção das águas, bem como com a deterioração das obras destinadas a canaliza-as (BRASIL, 1916).

De acordo com Silva et. al. (2021), o Decreto nº 24.643/1934, foi um dispositivo imposto pela União por meio da Constituição Federal de 1934, em seu artigo 5º, como forma de legislar sobre as águas do território nacional. Esse dispositivo normativo enquadrava as águas existentes no país em águas de uso comum, águas particulares e águas comuns, trazendo também elementos relacionados a utilidade desses ambientes, as obrigações, o manejo das águas nocivas (pântanos contaminados), provisão de autorizações e competências (distribuição de responsabilidades ao Departamento de Nacional de Águas e Energia Elétrica e ao Ministério da Agricultura). Salienta-se aqui o principal objetivo empregado na época, já que visava a geração de energia, o aproveitamento do potencial hidráulico e as atividades ligadas ao agronegócio (caça e pesca).

Esse decreto, mais conhecido como código das águas, foi considerado um marco legal do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil, levando-se em consideração que as legislações anteriores eram tidas como ultrapassadas.

O Chefe do Governo Provisório da República dos Estados Unidos do Brasil, usando das atribuições que lhe confere o art. 1º do decreto nº 19.398, de 11/11/1930, e: considerando que o uso das águas no Brasil tem-se regido até hoje por uma legislação obsoleta, em desacordo com as necessidades e interesse da coletividade nacional (BRASIL, 1934).

Conforme Silva (1998, p. 59), o decreto foi considerado complexo para a época, pois visou tratar de diversos aspectos e usos da água e pela abordagem de penalidades pelo uso indevido do recurso, considerando a denominação de propriedade, o domínio de navegação, o aproveitamento de água, a utilização da força hidráulica, as questões de fiscalização e direitos de concessões, entre outras questões.

Mesmo que o decreto tenha sofrido algumas alterações nas edições posteriores, ainda se encontra vigente atualmente. Destaca-se que alguns dispositivos foram revogados pela Constituição Federal de 1988. Ela foi criteriosa em realizar profundas mudanças relacionadas a gestão das águas, trazendo de forma primária a concepção de água como recurso hídrico e de extinguir o conceito de “águas privadas”, antes tratada pelo código das Águas, ficando definido que os recursos hídricos estão sobre a responsabilidade administrativa da União e dos Estados (FREITAS; RANGEL; DUTRA, 2001).

Art. 20. São bens da União:

III - Os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;

Art. 26. Incluem-se entre os bens dos Estados:

I - As águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União (BRASIL, 1988).

De acordo com Oliveira (2007), a Constituição de 1988 também foi responsável por determinar, por meio do artigo 21, XIX, como competência da União, “instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso”, criado apenas em 1997, com a promulgação da lei 9.433/97, que cria a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

A lei 9.433 de janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas, incorporou modernos instrumentos e princípios de gerenciamento e recursos hídricos, baseando-se no modelo francês, que trazia conceitos inovadores a respeito da organização do setor de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito nacional e estadual.

Conforme ANA (2014), o modelo de gerenciamento e gestão hídrica francês foi escolhido pela administração pública, por levar em conta as especificidades de cada região, como aspectos biológicos, climáticos, sociais, geológicos, culturais e econômicos, como também prever a aplicação de princípios poluidor-pagador.

Para garantir o direito de todos os brasileiros ao acesso à água, foi criada a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) -1997. É o dispositivo mais atual, o qual dispõe a legislação nacional sobre a água, estamos falando da lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que institui o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e estabelece que a gestão dos recursos hídricos nacionais deve promover o uso múltiplo das águas e considerar a água como um bem de domínio público e inalienável (BRASIL, 1997). A Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, baseia-se nos seguintes fundamentos:

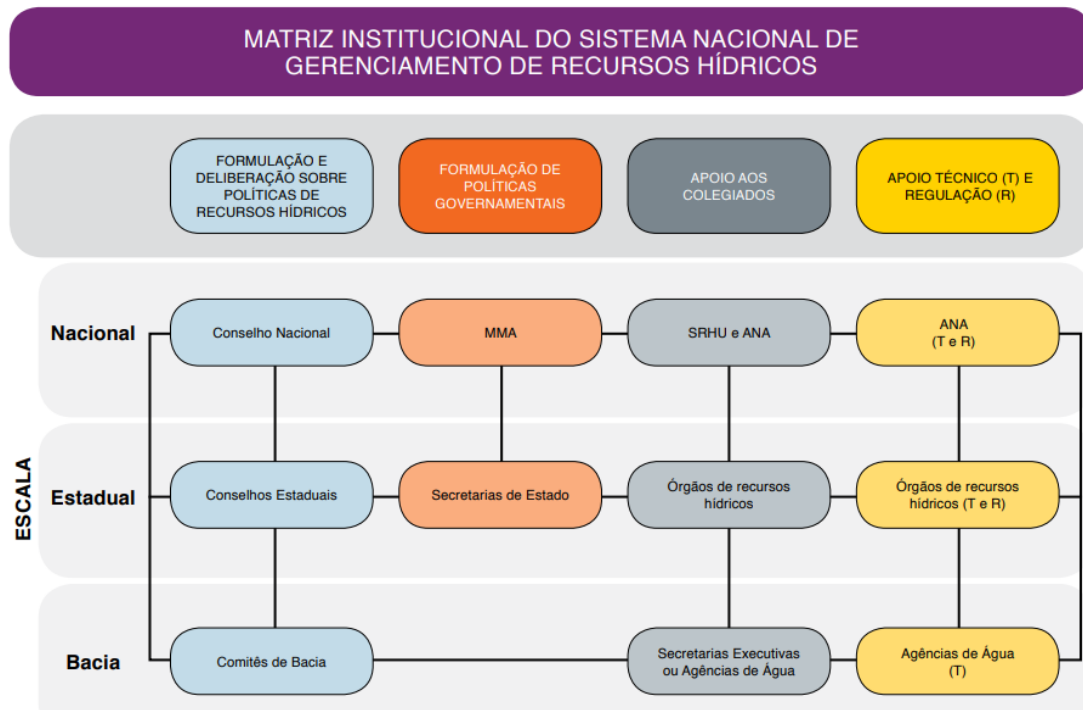
I - A água é um bem de domínio público; II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

O PNRH elaborou algumas referências para que se consiga alcançar os objetivos postos anteriormente, seguindo sempre as propostas constantes em seus fundamentos, por meio de suas diretrizes, que são:

I – a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; II – a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País; III – a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; IV – a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional; V – a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo; VI – a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras. (BRASIL, 1997, p. 02)

Na Figura 03, observa-se representação das relações entre os órgãos do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH e os instrumentos da Política de Recursos Hídricos, destacando-se as competências de cada colegiado.

Figura 03 - Matriz Institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos



Fonte: ANA, (2014)

Para a execução dos instrumentos e junto as diretrizes para se alcançar os objetivos, requer capacidades técnicas, políticas, institucionais e participação de todos os atores envolvidos, para isso foram criadas instituições nos âmbitos federal, estadual e municipal.

GEOPROCESSAMENTO

Como conceito, o entendimento de Geoprocessamento vai se alterando conforme a evolução da utilização de seus métodos e técnicas. É evidente que a classificação de ambientes, conforme suas inúmeras características, o planejamento e a gestão de ambientes, se fazem campos técnico-científico que são favorecidos pelas ferramentas contidas no arcabouço do Geoprocessamento (SILVA, 2009).

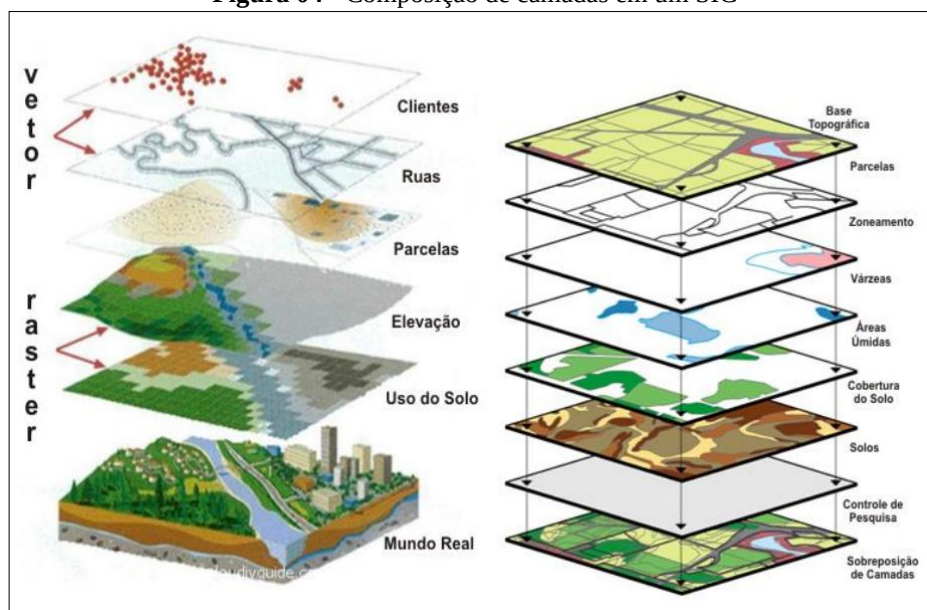
“[...] Geoprocessamento é um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre bases de dados (que são registros de ocorrências) georreferenciados, para os transformar em informação (que é um acréscimo de conhecimento) relevante [...]” (XAVIER DA-SILVA, J., 2001, p.12-13 apud SILVA, 2009).

Os procedimentos utilizados no Geoprocessamento são executados por ferramentas específicas denominadas de Sistema de Informação Geográfica – SIG. “O SIG consiste em um sistema computacional que reúne um poderoso conjunto de ferramentas para a entrada, armazenamento, recuperação, transformação, análise e representação de dados do mundo real para um conjunto particular de propósitos.” (FELIZARDO, 2016, p. 41).

O Sistema de Informação Geográfica, conforme Santos et. al. (2006) e Mendes Filho et. al. (2006), tem sido utilizado na geração de bancos de dados que funcionam como parâmetros de entrada na representação de modelos hidrológicos, através dessa integração, permite-se a manipulação de dados espaciais, servindo como ferramenta de auxílio para a tomada de decisões relacionadas ao planejamento e o ordenamento do território.

A aplicação das técnicas de geoprocessamento são fundamentais para o planejamento. Esse método tecnológico reúne inúmeros aplicativos que permitem inferir, representar visualmente os dados espaciais, estatísticos e textuais relacionados a eles, a partir de uma base que contém dados georreferenciados (FELIZARDO, 2016, p. 41). Na Figura 04, podemos observar como funciona um SIG quanto a sua organização em camadas.

Figura 04 - Composição de camadas em um SIG



Fonte: Felizardo (2016)

O desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas como ferramenta de geoprocessamento, vem sendo cada vez mais comum à sua aplicação em diversas áreas do conhecimento, aproximando o técnico operacional com a informação, sendo colocado como um método de extrema importância ao apoio a tomada de decisões relacionados ao gerenciamento de recursos hídricos e ao acompanhamento das políticas governamentais deste setor (OLIVEIRA et. al., 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização Geométrica

A bacia hidrográfica associada a suas características físicas desempenham importante função nos processos associados a sua hidrologia, operando sobre sua infiltração, sobre o deflúvio, sobre a evapotranspiração e sobre o escoamento superficial, de modo que a geologia e a geomorfologia refletem diretamente sobre a quantidade de águas que incidem sobre a bacia hidrográfica, principalmente em função de precipitações, pois a partir destas, formam-se os divisores de águas que limitam e definem o fluxo hídrico e permitem estabelecer um padrão de drenagem, capaz de serem identificados, quantificados, classificados e caracterizados (SOUZA; PAULA, 2016).

De acordo a Carta Topográfica Matricial – SANTA QUITÉRIA-SB-24-V-B-I de 1972, o atual rio dos Macacos, já foi classificado como um riacho. Mas segundo o Comitê da Bacia Hidrográfica do Acaraú, associado a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – SRH, qualifica os seguintes rios como principais afluentes da bacia do Acaraú, são eles: os rios Groaíras, Jacurutu, Sabonete, incluindo o rio dos Macacos (margem direita) e Jaibaras (esquerda).

Souza (1981), citado por Lima (2004), afirma que a bacia hidrográfica do rio Acaraú comporta várias sub-bacias, entre elas a bacia do rio dos Macacos. Almeida et. al. (2004) e Lima e Caracristi (2019), também qualificam os rios Groaíras, Jacurutu, Macacos e Jaibaras, como os principais contribuintes fluviais do Acaraú, compondo a segunda bacia independente do Ceará. Portanto, considerando suas dimensões e sua representatividade, o leito principal da sub-bacia dos Macacos está classificado como rio, compondo um dos principais afluentes da bacia do Acaraú.

A análise morfométrica da sub-bacia do rio dos Macacos, em sua geometria é possível frisar as seguintes características associadas: a sub-bacia hidrográfica possui área territorial de aproximadamente 1.634,912 Km² (capacidade de drenagem); Perímetro calculado em 364,99 Km; Comprimento axial da ordem de 91,393 Km; Coeficiente de compactidade calculado em 2,53; Índice de circularidade calculado em 0,048; E fator de forma calculado em 0,195.

A área de drenagem (A) calculada para a sub-bacia do rio dos Macacos, corresponde a 11,34 % da bacia do Acaraú, que de acordo com a SRH, a bacia do Acaraú possui 10% do território cearense, assim como, a sub-bacia do rio dos Macacos possui 1,09% desse território. Tratando-se, portanto, de uma unidade hidrológica de médias dimensões, sendo esses valores representados pela Tabela 01.

Tabela 01 - Características morfométricas da sub-bacia do rio dos Macacos

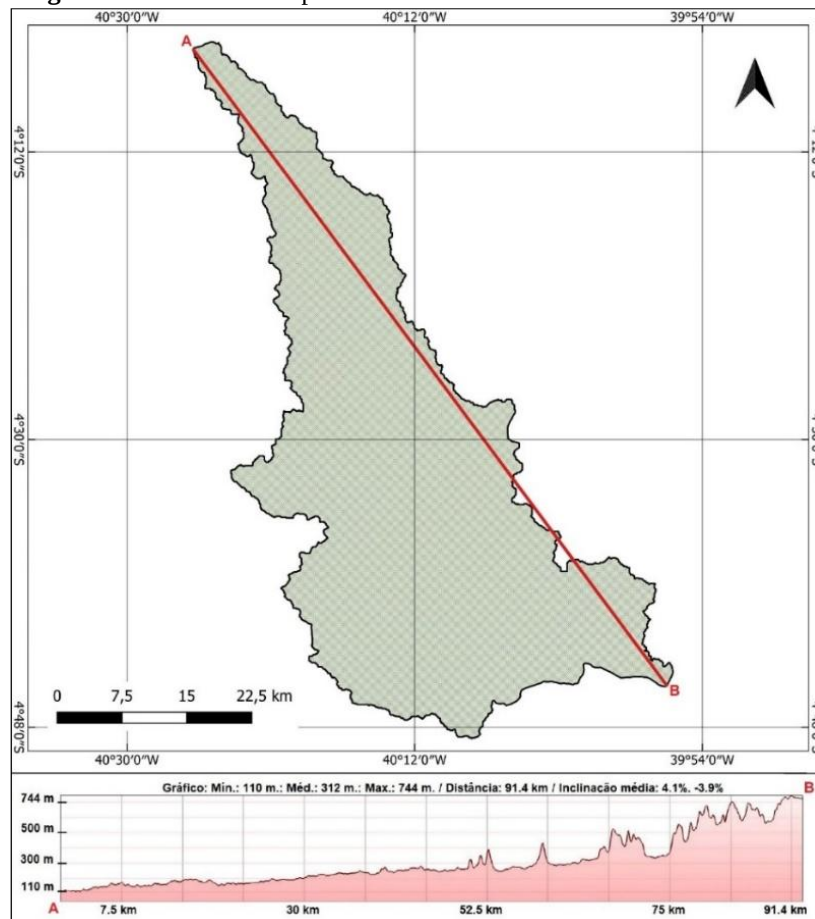
Características morfométricas		Valores
Geometria	Área da drenagem (A)	1634,912 Km ²
	Perímetro (P)	364,99 Km
	Comprimento axial da bacia (L)	91,393 Km
	Coefficiente de compacidade (Kc)	2,53
	Índice de circularidade (Ic)	0,048
	Fator de forma (Kf)	0,195

Fonte: Autores (2022)

Assim como a área de drenagem (A), o perímetro (P) e o comprimento axial da bacia (L), são importantes valores para que se possa realizar o cálculo de diversos outros parâmetros para a sub-bacia. O perímetro (P) obtido para a bacia foi de 364,99 Km e comprimento axial da bacia (L) calculado em 91,393 Km, conforme a Figura 05.

46

Figura 05 - Perfil do comprimento axial da sub-bacia do rio dos Macacos



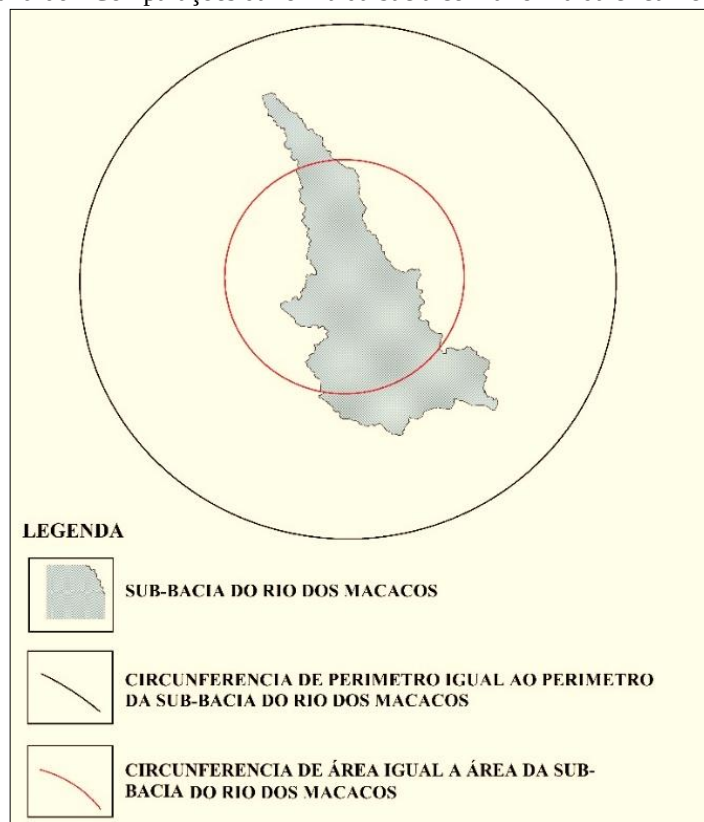
Fonte: Autores (2022)

O cálculo do coeficiente de compacidade (kc) para a sub-bacia do rio dos Macacos foi de 2,53, o que faz-nos inferir que o tempo de concentração no interior da sub-bacia perdure por um longo tempo, ao passo em que este valor está acima da unidade, demonstra-se evidências de seu formato alongado. O índice de circularidade (Ic) é de 0,048, sendo esse considerado baixo, conforme Tabela 3. Esse parâmetro indica o quanto uma bacia hidrográfica é circular ou alongada. Alves e Castro (2003), colocam que uma bacia com índices menores que 0,51, são

consideradas alongadas, favorecendo o escoamento, mas se o valor estiver acima de 0,51, a bacia é considerada mais circular, reduzindo o escoamento e aumentando as probabilidades de cheias.

Nesse sentido, a sub-bacia do rio dos Macacos tem valores abaixo de 0,51, demonstrando uma sub-bacia com formato mais alongado, favorecendo o escoamento e com menores probabilidades de cheias. A Figura 06, representa a relação entre a área da sub-bacia do rio dos Macacos e uma circunferência com área semelhante – relação que define o coeficiente de compacidade (K_c), assim como a relação entre o perímetro da sub-bacia e o perímetro de uma circunferência de mesmo perímetro – relação que define o índice de circularidade (I_c).

Figura 06 - Comparações da forma da bacia com a forma da circunferência



Fonte: Autores (2022)

O fator de forma (K_t) para sub-bacia representa um valor baixo, sendo esse de 0,195, reforçando ainda mais o formato alongado da sub-bacia hidrográfica. Assim como coloca Carvalho e Silva (2003), quanto menor o fator de forma (K_t), mais comprida é a bacia, em consequência disso, menos sujeita a picos de enchentes, além do baixo índice de probabilidade de chuvas intensas atingirem toda a área da bacia.

Os resultados colocados acima, nos permitem compreender que o formato da sub-bacia, associada as características meteorológicas da área, marcada pelas ocorrências de chuvas convectivas de curta duração e bastante concentradas em determinadas áreas. Segundo Villela e Mattos (1975), em condições climáticas normais, quase nunca precipitam em toda extensão da área da sub-bacia hidrográfica, ao mesmo tempo em que, dado seu formato alongado, reforça pequenas probabilidades de enchentes no baixo curso, esses picos ocorrem apenas em período de condições de precipitação acima da média.

Características do Relevo

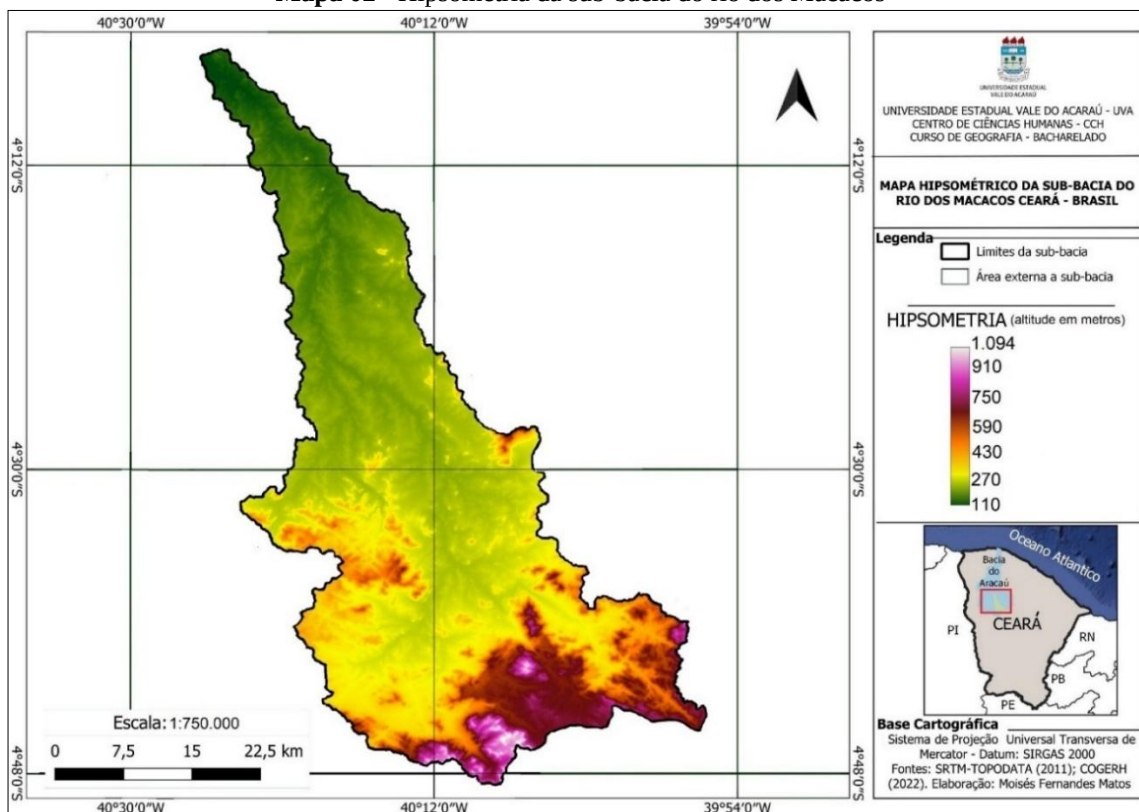
Conforme a Tabela 6, a sub-bacia do rio dos Macacos apresenta altitudes variando de 111,43 m a 1094,38 m, com altimetria média de 619,56 m e amplitude de 982,95 m. As variações altimétricas estão diretamente associadas aos parâmetros meteorológicos como a quantidade de luz incidente, temperatura, pressão atmosférica, e consequente desse contexto, a umidade relativa do ar. Os valores altimétricos da Tabela 02, estão representados espacialmente no Mapa 02.

Tabela 02 - Características do relevo da sub-bacia do rio dos Macacos

Características do Relevo		Valores
Relevo	Altitude mínima	111,43 m
	Altitude média	619,56 m
	Altitude máxima	1094,38 m
	Declividade mínima	0,0 %
	Declividade média	78,948 %
	Declividade máxima	157,948 %
	Relação de relevo (Rr)	0,0162
	Gradiente de canais (Gc)	18,14 %

Fonte: Autor (2022)

Mapa 02 - Hipsometria da sub-bacia do rio dos Macacos



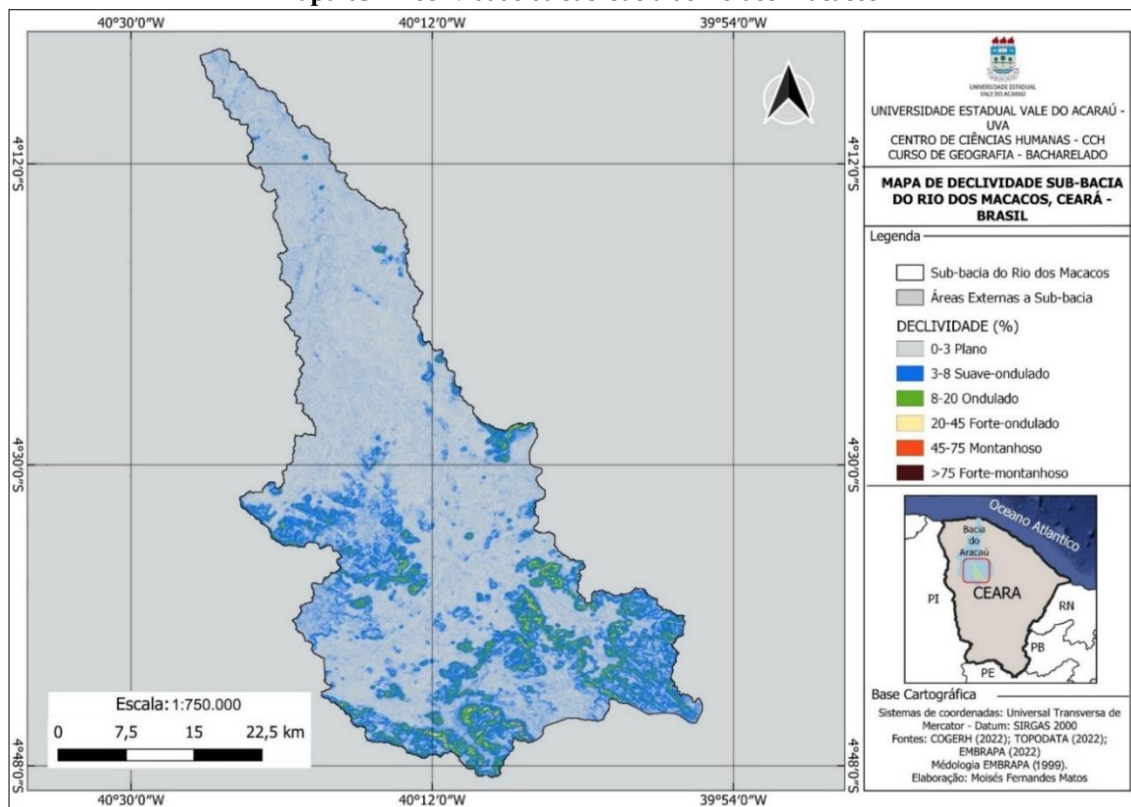
Fonte: Autores (2022)

A representação cartográfica da altimetria da área, possui relevante importância na análise de energia, a evidenciar condições favoráveis a dissecação em áreas de maior altitude e acumulação em áreas de menor altitude (TRENTIN; ROBAINA 2005). Essas variações de

altitude em uma área, assim como na sub-bacia do rio dos Macacos, também exercem influência direta na declividade do relevo.

A declividade calculada para a sub-bacia do rio dos Macacos, considerou a classificação da EMBRAPA (1999), apresenta os seguintes valores: declividade média de 78,948 %, apontando um relevo predominantemente ondulado; enquanto a declividade mínima foi de 0,0 % (relevo plano); e declividade máxima de 157,948 % (forte-montanhoso), no Mapa 03 está a distribuição da declividade considerando 6 classes.

Mapa 03 - Declividade da sub-bacia do rio dos Macacos



Fonte: Autores (2022).

Os valores encontrados para a relação de relevo (R_r) foi de 0,0162, conforme Strahler (1952), a razão de relevo entre 0 e 0,1 indica baixa declividade média da bacia e entre 0,31 e 0,6 alta declividade média da bacia. Ao comparar a média de declividade para a sub-bacia, aponta um relevo ondulado, quando relacionado a razão de relevo, temos um indicativo de baixa declividade média, acentuando a relação com seu padrão médio ondulado. O gradiente de inclinação do canal principal da sub-bacia, foi de 18,14 % demonstrando que a área drenada desse sistema fluvial, naturalmente não sofre pela erosão fluvial, sendo confirmada pelos valores de razão de relevo (R_r) para a área.

Conhecer a declividade, faz-se desse parâmetro significativo ao planejamento e gestão dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica, levando em consideração sua relação entre suas diferentes formas e caminhos onde a água pode fluir ao entrar no sistema de uma bacia, onde também influencia na distribuição da cobertura vegetal, processos erosivos e pedogenicos. Segundo Tonello et. al. (2006), a declividade possui fundamental importância na distribuição da água (escoamento superficial e subterrâneo), com associações de fatores como, cobertura vegetal, classes de solos, intensidade das chuvas a uma maior declividade, assim, maior sua

velocidade de escoamento, como também menor volume armazenado no solo, podendo expor a bacia hidrográfica a degradação.

Características da Rede de Drenagem

Conforme a Tabela 03, o comprimento do rio principal (L) é de 60,312 Km, de um comprimento total da drenagem (Lt), calculada em 1.043,05 Km, essa distância estar relacionada a quantidade total de canais de drenagem, totalizando um total de 515 canais, com variações entre 1ª a 5ª ordem na hierarquia dos canais. Para a análise de classificação da ordem dos canais fluviais da sub-bacia do rio dos Macacos, utilizou-se a metodologia proposta por Strahler (1952). A sub-bacia apresenta grau de ramificação de quinta ordem, classificando esse canal em seu rio principal e apresentando baixo grau de ramificações. No Mapa 04, está representado espacialmente a hierarquia dos canais fluviais para a área de estudo, conforme Strahler (1952).

50

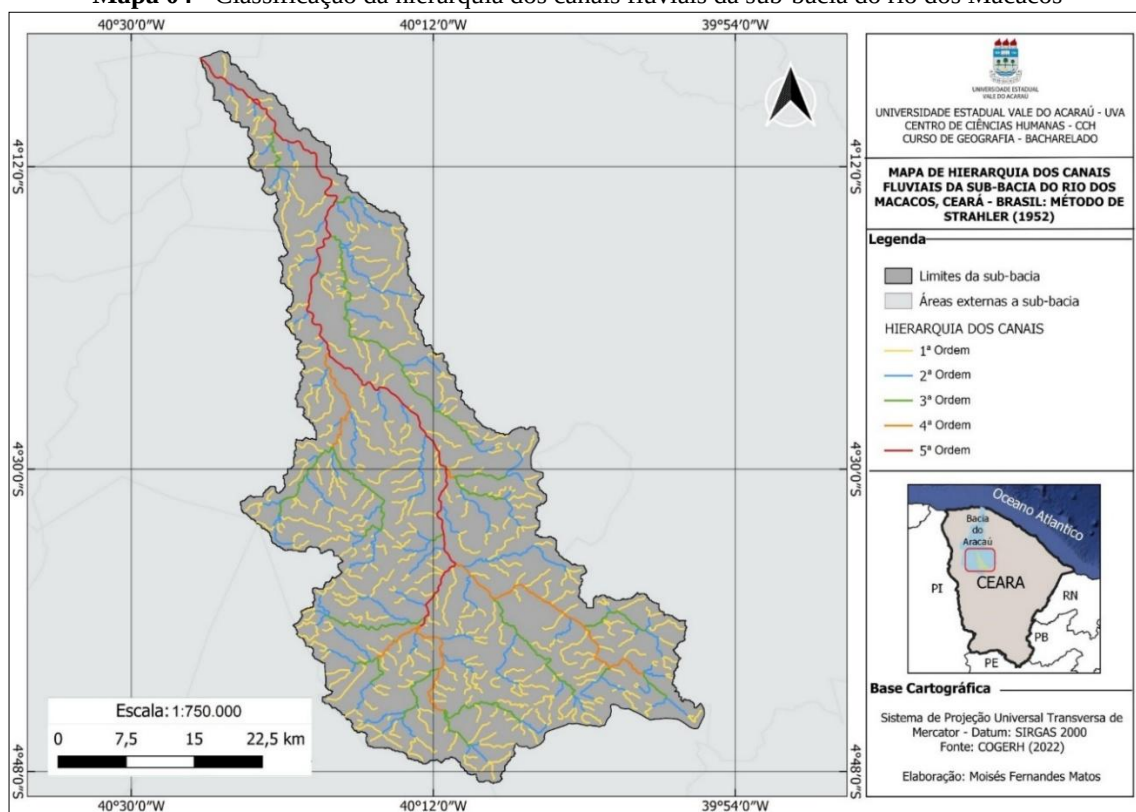
Tabela 03 - Características da drenagem da sub-bacia do rio dos Macacos

Características da Drenagem		Valores
Drenagem	Comprimento do rio principal (L)	60,312 Km
	Comprimento total da drenagem (Lt)	1043,052 Km
	Densidade da drenagem (Dd)	0,6380 km/km ²
	Índice de sinuosidade (Is)	2,075
	Quantidade total de canais de drenagem	515
	Hierarquia Fluvial (Hf)	5ª
	Padrão de drenagem	Dendrítica

Fonte: Autores (2022)

Os canais de primeira ordem totalizam 389 canais, equivalendo 57,69 % da rede de drenagem; os de segunda ordem totalizam 100 canais, equivalendo 20,01 % da rede de drenagem; os de terceira ordem totalizam 20 canais, equivalendo a 11,63 % da rede de drenagem; os de quarta ordem totalizam 5 canais, equivalendo 4,88 % da rede de drenagem; e o de quinta ordem totaliza 1 canal, equivalendo a 5,78 % da rede de drenagem. A Tabela 04 dispõe das quantificações relacionadas aos canais da rede de drenagem conforme sua ordem hierárquica.

Mapa 04 - Classificação da hierarquia dos canais fluviais da sub-bacia do rio dos Macacos



Fonte: Autores (2022)

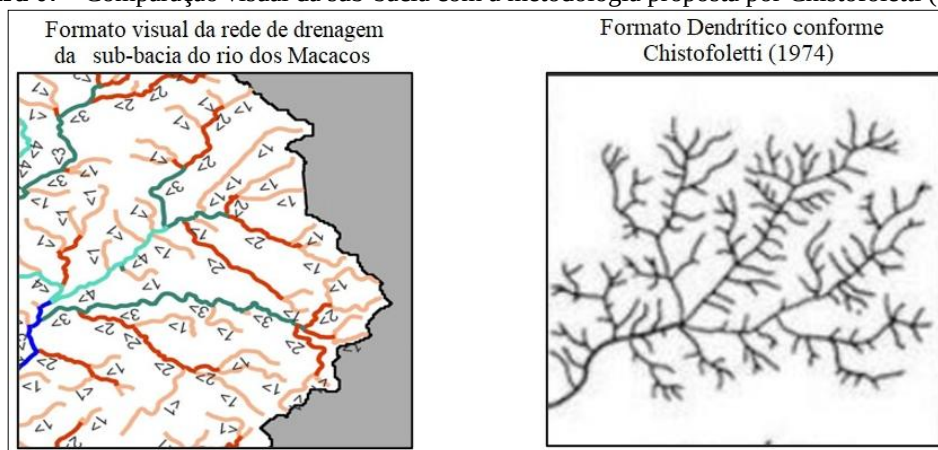
Tabela 04 - Quantificação da rede de drenagem da sub-bacia do rio dos Macacos.

Ordem dos Canais	Quantidade de Canais	Comprimento Médio (km)	Comprimento total (km)	Porcentagem
1ª Ordem	389	1,56	601,74	57,69 %
2ª Ordem	100	2,09	208,78	20,01 %
3ª Ordem	20	6,06	121,28	11,63 %
4ª Ordem	5	10,19	50,94	4,88 %
5ª Ordem	1	60,31	60,31	5,78 %
Total:	515	16,042	1043,05	100 %

Fonte: Autor (2022).

A densidade da drenagem (Dd) foi calculada em 0,6380 Km/Km², esse parâmetro tem variação de 0,5 Km/Km², sendo considerado uma drenagem pobre, de 3,5 Km/Km² ou mais, considerado uma bacia bem drenada (VILLELA; MATOS, 1975). Nesse sentido, a sub-bacia em questão, aponta valor de baixa capacidade de drenagem. O padrão de drenagem para a sub-bacia, conforme Chistofolletti (1974), estar classificada como dendrítica, conforme Figura 07.

Figura 07 - Comparação visual da sub-bacia com a metodologia proposta por Chistofoletti (1974).



Fonte: Autores (2022); Chistofoletti (1974).

O índice de sinuosidade (Is) do canal principal foi calculado em 2,075. Conforme Castro e Alves (2003), a sinuosidade tem relação com a carga de sedimentos, com a estrutura geológica, com a declividade e com a compartimentação litológica. A sinuosidade do canal principal da sub-bacia do rio dos Macacos, classifica-se de forma predominante, a um padrão anastomosado, pois apresenta valores acima de 2,0.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos associados às análises desenvolvidas neste estudo nos possibilitaram inferir que o levantamento e a interpretação dos dados obtidos sobre a caracterização morfométrica da sub-bacia do rio dos Macacos, utilizando-se de metodologias quantitativas e técnicas para obtenção de dados por meio do geoprocessamento, representam uma fase essencial e indispensável na catalogação e descrição dos elementos físicos relacionados à sub-bacia como área de estudo, nos proporcionando colocar inúmeras discussões que circundam os parâmetros envolvidos, chegando-se a um entendimento de sua organização e evolução dos processos naturais da área.

A área de drenagem calculada para a sub-bacia do rio dos Macacos, corresponde a uma unidade hidrológica de médias dimensões. O coeficiente de compacidade, demonstra que o tempo de concentração no interior da sub-bacia perdure por período maior, ao passo em que este valor está acima da unidade, indica um formato alongado. O índice de circularidade é considerado baixo, indicando que a sub-bacia hidrográfica tem um formato mais alongado, favorecendo o escoamento e diminuindo as probabilidades de picos de enchentes. O fator de forma para sub-bacia, reforça ainda mais seu formato alongado, além do baixo índice de probabilidade de chuvas intensas atingirem toda a área da bacia. Os valores colocados acima, nos permite compreender que o formato da sub-bacia, associado as características climáticas da área, marcada pelas ocorrências de chuvas convectivas de curta duração e bastante concentradas em determinadas áreas, em condições climáticas normais, quase nunca precipitam em toda extensão da área da sub-bacia hidrográfica, ao mesmo tempo em que, dado seu formato alongado, reforça pequenas probabilidades de enchentes no baixo curso, esses picos podem ocorrer apenas em período de condições de precipitação acima da média, mas em condições normais, as chances de enchentes são consideradas muito baixas.

A sub-bacia do rio dos Macacos apresenta altitudes variando de 111,43 m à 1094,38 m, com altimetria média de 619,56 m e amplitude de 982,95 m, essas variações exercem influência direta na declividade do relevo. A declividade por sua vez, sugere um relevo

predominantemente ondulado. A relação de relevo indica uma baixa declividade média, acentuando a relação com seu padrão médio ondulado. O gradiente de inclinação do canal principal da sub-bacia, demonstra que a área drenada por esse sistema fluvial, naturalmente não sofre pela erosão fluvial, sendo confirmada pelos valores de razão de relevo para a área. A sub-bacia apresenta baixo grau de ramificação e classificação hierárquica de quinta ordem. Em razão do baixo grau de ramificação, a densidade da drenagem é considerada de baixa capacidade. A sinuosidade do canal principal da sub-bacia, classifica-se como anastomosado, no entanto, esse padrão não corresponde a toda extensão, sendo evidenciado apenas em alguns trechos. Os canais da sub-bacia possuem um padrão de drenagem dendrítica.

Os resultados deste trabalho foram relevantes, levando-se em consideração a utilização de geoprocessamento, por meio do qual foi possível a entrada de dados, o armazenamento, a organização, as análises e suas representações espaciais. A tecnologia aliada a análise ambiental permite a integração dos componentes ambientais, resultando em informações capazes de auxiliar na tomada de decisões ligadas ao planejamento, ordenamento e gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica. Contudo, para obter-se um conhecimento mais detalhado além da caracterização física, é necessário o desenvolvimento de estudos integrados, que possam modelar os processos hidrológicos e de uso e ocupação desde território, resultando em um conhecimento mais integrado com resultados mais abrangentes a gestão e planejamento dessa unidade hidrográfica.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A. Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 33, n.2, p. 117-124, 2003. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9821>. Acesso em: 06 nov. 2022.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019. 75 p. il. ISBN 978-85-8210-057-8.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos**. Volume 7. Brasília, 2014.

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Hidrologia Básica. Brasília, 2012. Disponível em: https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2514/Unidade_1.pdf. Acesso em: 10 out. 2022.

BARTH, F. T; BARBOSA W. E. S. Apostila Recursos Hídricos. Escola Técnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – PHA. São Paulo, 1999. Disponível em: http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=5442. Acesso em 30 abr. 2021.

BORELA, Victor Abrau. Bacia de Taquaruçu Grande: Caracterização morfométrica por meio do uso do sensoriamento remoto. Palmas, 2016. 68 p. Projeto de Pesquisa (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 05 de outubro de 1988**. Casa Civil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 15 out 2022.

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934.** Código das Águas. Disponível em: planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm. Acesso em: 15 out 2022.

BRASIL. **Decreto nº 19.398, de 11 de novembro de 1930.** Institui o Governo Provisório da República dos Estados Unidos do Brasil, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 12 nov. 1930. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D19398imprensa.htm. Acesso em: 28 de jan.2026.

BRASIL. **Lei n. 3.071, de 1º de janeiro de 1916.** Código Civil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l3071.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%203.071%2C%20DE%20JANEIRO%20DE%201916.&text=C%C3%B3digo%20Civil%20dos%20Estados%20Unidos%20do%20Brasil.&text=Art.,os%20prin. Acesso em: 09 mar. 2026.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Casa Civil. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 11 out. 2022.

Cardoso, C. A.; Dias, H. C. T.; Soares, C. P. B.; Martins, S. V. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Apostila de Hidrologia.** 116p UFRRJ. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>. Acesso em: 05 nov 2022.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Apostila de Hidrologia.** 18p UFRRJ. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>. Acesso em: 06 nov 2022.

CHANDRASHEKAR, H.; LOKESH, K. V.; SAMEENA, M.; ROOPA, J.; RANGANNA, G. GIS-Based Morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. Science Direct. v. 4, p. 1345-1353, 2015. Disponível em Acesso em 30 abr. 2021.

CHRISTOFOLETTI, A., **Geomorfologia.** Ed. Edgard Blucher Ltda e EDUSP, 1974.

DA PAZ, A. R. **Hidrologia Aplicada.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.

FELIZARDO, LUCAS MENEZES. Aplicação de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para modelagem de eventos críticos de vazão em uma microbacia urbana. Orientador: JEFFERSON NASCIMENTO DE OLIVEIRA ORIENTADOR. 2016. 98 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2016. Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/144450/felizardo_lm_me_ilha.pdf?seque.
Acesso em: 16 out. 2022.

FREITAS, M. de; RANGEL, D.; DUTRA, L. (2001). Gestão dos recursos hídricos no Brasil: a experiência da Agência Nacional das Águas. In: **III Encuentro de las Águas, Santiago de Chile**, 24- 26.

Horton, R. (1945) Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. **Geological Society of America Bulletin**, 56, 275-370.
[http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)

LASZLO MANOEL, J.; ROCHA, PC. Composição Hierárquica dos Canais Fluviais das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe. In: **X SIMPOSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA**, 2014, Manaus. Anais [...] Manaus: 2014. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2014/trabalhos/6/6-111-1099.html>. Acesso em: 10 nov. 2022.

LIMA, A.C. Ana; **CARACRISTI, I.** . Análise dos sistemas ambientais do alto curso da sub-bacia do Rio Jaibas (CE). Revista Equador, v. 8, p. 302, 2019.

LIMA, Ernane Cortez. Análise e manejo geoambiental das nascentes do alto rio Acaraú: Serra das Matas – CE. 2004. 178 f. **Dissertação (Mestrado em Geografia)** — Universidade Estadual do Ceará – UECE, Fortaleza, 2004. Disponível em: https://www.uece.br/propgeowp/wp-content/uploads/sites/60/2009/10/ernane_cortez_dissertacao.pdf. Acesso em: 28 jan. 2026.

LINDNER, E. A.; GOMIG, K.; KOBIYAMA, M. Sensoriamento remoto aplicado à caracterização morfométrica e classificação do uso do solo na bacia rio do Peixe/SC. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 13., 2007, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: Inpe, 2007. p. 3405-3412.

MENDES FILHO, W. M.; VENDRAME I. F.; CARVALHO, R. G. Utilização de sistema de informações geográficas para o mapeamento do potencial de retenção de águas pluviais no município de São José dos Campos – SP. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 13., Florianópolis, 2007. Simpósio... Florianópolis: [s.n.], 2007. p. 3453-3460.

MILLER, V. C., **A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area, Technical Report**, (3), Dept. Geology, Columbia University, 1953.

MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiros de; OLIVEIRA, Marcus Vinicius Siqueira de; SILVA, Danielle Ferreira da. **CICLO HIDROLÓGICO PLANETÁRIO: abordagens e Conceitos**. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro: UERJ, ed. 2, ano 2010, n. 21, p. 109-119.

MORISAWA, M. (1975). Tectonics and geomorphic models. in: MELHORN, W.N. & FLEMAL, R.C.(edits.). **Theories of landform development**. G. Allen & Unwin, London, p.199- 216

OLIVEIRA, Gilcimar Pires Cabral; CASTRO, Leonardo Mitre Alvim de; CORDEIRO, José Roberto Centeno; SOUZA, Ana Katiúscia Pastana de. Sistemas de informações geográficas como ferramenta de apoio ao gerenciamento de recursos hídricos – uma aplicação à bacia do rio Santo Antônio. In: **XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR.**, 2011, Curitiba, PR, Brasil, Anais. Curitiba: INPE, 2011. p. 8788-8795.

OLIVEIRA, Gilcimar Pires Cabral; CASTRO, Leonardo Mitre Alvim de; CORDEIRO, José Roberto Centeno; SOUZA, Ana Katiúscia Pastana de. Sistemas de informações geográficas como ferramenta de apoio ao gerenciamento de recursos hídricos – uma aplicação à bacia do rio Santo Antônio. In: **XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR.**, 2011, Curitiba, PR, Brasil, Anais. Curitiba: INPE, 2011. p. 8788-8795.

PADILHA, Rinaldo Marques; SOUZA, Célia Alves de. Características Morfométricas do Relevo e Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Carapá nos municípios de Colíder e Nova Canaã do Norte – MT. In: **XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA.**, 2017, Campinas, Brasil. Anais. Campinas: UNICAMP, 2017. p 52-63.

PINTO JUNIOR, O; ROSSETE, A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão cachoeira, mt-brasil. **Geoambiente On-Line**, (4), 01-16 pág. Mato Grosso, 2005. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/25872/14862>. Acesso em: 07 nov. 2022.

SALIS, H. H. C.; COSTA, A. M.; VIANA, J. H. M.; SCHULER, A. E. Caracterização Morfométrica Da Bacia Hidrográfica Do Córrego Do Marinheiro, Sete Lagoas – MG. **Bol. geogr.**, Maringá, v. 37, n. 2, p. 186-201, 2019.

SCHUMM, S. A.; **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of American Bulletin.** 1956.

SILVA, E. R.; O curso da água na história: simbologia, moralidade e gestão de recursos hídricos. **Tese (Doutorado em Saúde Pública)** - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 1998. Disponível em: http://www.pickupau.org.br/mundo/curso_agua/O%20Curso%20da%20%C1gua%20na%20Hist%C3ria.pdf. Acesso em: 15 out 2022.

SILVA, Jorge Xavier da. O que é Geoprocessamento?. Ângulos, Rio de Janeiro: **CREA-RJ**, ano 2009, p. 42-44, Disponível em: <http://www.ufrj.br/lga/tiagomarinero/artigos/oqueegeoprocessamento.pdf>. Acesso em: 16 out. 2022.

SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica.** En C. E. M. Tucci (Ed.). Hidrologia – Ciência e Aplicação (p. 727-768). Porto Alegre: ABRH/EDUSP.

SOARES, Gabriel Antonio Silva; GALVÍNCIO, Josiclêda Domiciano. Uso do LiDAR para avaliar os padrões hídricos de bacias em áreas urbanas: Caracterização fisiográfica da bacia do Rio Beberibe - PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2020: UFP, ed. 13, n. 7, 30 dez. 2020. Bimestral. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/249204/37971>. Acesso em: 5 nov. 2022.

SOUZA, F. R. C. DE. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 555-564. Ceará, 2016.

SOUZA, F. R. C. de; PAULA, D. P. de. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). **Revista REGNE**, v. 2, n. especial, p. 559–560, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10499>. Acesso em: 28 jan. 2026.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849–857, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/Lst9NTwcxpCs8dGtd638x4f/?lang=pt>. Acesso em: 28. Jan. 2026.

TONELLO, K.C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. 2005. 69p. **Tese** (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9559/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

TONELLO, K.C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. 2005. 69p. **Tese (Doutorado em Ciências Florestal)** – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9559/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

TRAJANO, S. R. R... [et. al.]. Análise morfométrica de bacia hidrográfica: subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape. Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2012. 33 p.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Metodologia para Mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, 11., São Paulo, Geografia, Tecnociência, Sociedade e Natureza, São Paulo: USP, 2005.

TRINDADE, P. M. P.; CAPOANE, V.; FILHO, W. P.; **Aula 2 – Padrões de drenagem**, UFSM. Rio Grande do Sul. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/676/2019/08/aula2_padroes_de_drenagem.pdf. Acesso em: 07 nov. 2022.

Tucci, C. E. M. (2004). **Hidrologia ciência e aplicação (3rd ed.)**. Editora da UFRGS/ABRH, 943 p. (In Portuguese).

Tucci, C.E.M. (1997) **Hidrologia: Ciência e aplicação**. ABRH, Porto Alegre.

VILELA FILHO, Luís Ribeiro; VITTE, Antonio Carlos. A Utilização de Técnicas Morfométricas do Relevo Aplicadas na Determinação da Fragilidade Ambiental: O Caso da Bacia do Córrego Proença, Município de Campinas (SP). **Anais: X Encontro de Geógrafos da América Latina**, São Paulo: USP, p. 16272 -16284, 20 mar. 2005. Anual. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Procesosambientales/Geomorfologia/15.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

Villela, S.M. and Mattos, A. (1975). **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 245 p.