



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

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



Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Caripi, Zona Costeira Amazônica

Lucas Lima Raiol¹, Marilson Teixeira Ferreira², Dayla Carolina Rodrigues Santos³, Sanae Nogueira Hayashi⁴

¹ Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), Universidade Federal do Pará (UFPA), lucasraiolks8@gmail.com (autor correspondente). ² Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema, marilsonf85@gmail.com. ³ Mestranda pelo Programa de Pós-graduação em Agricultras Amazônicas (PPGAA), Universidade Federal do Pará (UFPA), daylas70@gmail.com. ⁴ Professora Dra. Adjunta da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema, sanae.hayashi@ufra.edu.br.

Artigo recebido em 19/11/2021 e aceito em 18/07/2022

RESUMO

A bacia hidrográfica é uma unidade ambiental de grande importância para o planejamento e gestão de recursos naturais, sobretudo por ser detentora de biodiversidade e do funcionamento das diversas atividades humanas. Diante disso, o estudo morfométrico de bacias auxilia na tomada de decisão e na gestão de recursos hídricos. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi analisar as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Caripi, zona costeira amazônica, no estado do Pará. Foi utilizada técnicas de geoprocessamento para calcular os índices morfométricos, bem como a confecção dos mapas. A bacia do rio Caripi possui uma área de 475,26 km², seu formato é alongado, menos sujeita a inundações e apresenta um padrão de drenagem dendrítica com hierarquia fluvial de quarta ordem. A bacia apresentou valores de drenagem consideradas baixa e com pouca aptidão a formação de novos canais, indicando também um escoamento mais lento, maior infiltração da água no solo e maior tempo de concentração devido aos aspectos geomorfológicos e de relevo. O relevo da bacia é composto em sua maioria por áreas planas (41,87%) e suave ondulado (48,50%), possuindo uma amplitude altimétrica de 70,03 metros, e maior taxa de evapotranspiração de acordo com a orientação da vertente do terreno. Desse modo a pesquisa é essencial para dar subsídio ao planejamento hidrológico e ambiental da bacia do rio Caripi.

Palavras-chave: Análise Hidrológica; Geoprocessamento; Planejamento Ambiental.

Morphometric Characterization of the Caripi River Hydrographic Basin, Amazon Coastal Zone

ABSTRACT

The hydrographic basin is an environmental unit of great importance for the planning and management of natural resources, above all because it holds biodiversity and the functioning of various human activities. Therefore, the morphometric study of basins helps in decision making and management of water resources. In this sense, the aim of the work was to analyse the morphometric characteristics of the hydrographic basin of the Caripi river, in the Amazon coastal zone, in the state of Pará. Geoprocessing techniques were used to calculate the morphometrics index, as well as the preparation of maps. The Caripi river basin has an area of 475.26 km², its shape is elongated, less subject to flooding and presents a dendritic drainage pattern with fourth-order river hierarchy. The basin presented drainage values considered low and with little aptitude for the formation of new channels, also indicating a slow runoff, greater water infiltration into the soil and longer concentration time due to geomorphological and relief aspects. The relief of the basin is composed mostly of flat areas (41.87%) and smooth wavy (48.50%), having an altimetric amplitude of 70.03 meters, and a higher evapotranspiration rate according to the orientation of the slope of the terrain. Thus, research is essential to support the hydrological and environmental planning of the Caripi river basin.

Keywords: Hydrological Analysis; Geoprocessing; Environmental Planning.

Introdução

A influência quantitativa e qualitativa direta do comportamento humano no processo hidrológico tem um impacto significativo no meio ambiente, sendo responsável por modificar o ambiente da bacia hidrológica. Compreender e avaliar são desafios contínuos para cientistas e engenheiros que lutam com falta de dados, principalmente em análises temporais e a longo prazo. Normalmente, quando ocorrem eventos hidrológicos extremos e suas consequências, como secas severas, inundações, produção e transporte de sedimentos em bacias hidrográficas, causam danos à agricultura, indústria e meio ambiente, e os resultados finais de tais distúrbios podem ser vistos e evitados (Andrade; Mello; Beskow, 2013; Santos et al., 2020).

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é o primeiro e mais comum procedimento realizado em análises hidrológicas ou ambientais para esclarecer e compreender a dinâmica ambiental local e regional, pois consiste na estimativa de parâmetros físicos, hidrológicos e de relevo que influenciam seu regime hidrológico. A escolha de unidades hidrológicas de forma prudente permite melhores métodos de planejamento e gestão para abordar questões-chave como degradação e erosão do solo, seca e inundações (Ataide; Rodrigues; Pessoa, 2017; Silva & Farias, 2021).

As características físicas e biológicas da bacia hidrográfica desempenham um papel importante no ciclo hidrológico, afetando, entre outros fatores, a infiltração, a evapotranspiração e o escoamento superficial e subterrâneo. Atualmente, a caracterização morfométrica de bacias hidrológicas é concluída através da integração de informações relevantes em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), processo que pode ser realizado de forma manual ou automática (Oliveira et al., 2010).

Para análise morfométrica, dados de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e fotos aéreas, são úteis, pois podem fornecer uma representação precisa de uma ampla região (Kumar et al., 2017; Bharath, 2021). As abordagens de interpretação de imagens exigem menos tempo do que as pesquisas de terra e, quando combinadas com pequenas verificações de campo, fornecem resultados confiáveis, sendo usado pela maioria dos pesquisadores o Modelo Digital de Elevação (MDE) para extrair parâmetros morfométricos (Kalam et al., 2016; Choudhari et al., 2018;

Prabhakar et al., 2019; Nag et al., 2020, Singh et al., 2020; Abdeta et al., 2020, Bharath et al., 2021).

Uma bacia hidrológica pode ser entendida como uma área definida pela topografia, conectada entre si por um sistema de ligações fluviais, e todos os afluentes do rio deságuam em uma única saída (Tucci, 2009). De acordo com Zanella et al. (2013), como uma unidade natural, uma bacia hidrológica pode ser conceituada como a área de superfície responsável pela descarga de água, sedimentos e matéria dissolvida através dos canais dos rios.

A bacia hidrográfica é um espaço territorial e seu movimento natural e fenomenológico do ciclo hidrológico consiste em uma série de redes de drenagem formadas por canais de água, convergindo para formar um único leito e ponto de saída (exutório). Entretanto, características topográficas e cobertura vegetal podem interferir na dinâmica do ciclo hidrológico. (Silva et al., 2018). Nesse sentido as pesquisas sobre bacias hidrográficas são necessárias e essenciais para viabilizar o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais e ambientais.

Dessa forma, a bacia hidrográfica é uma parte crucial da geografia ambiental, que pode indicar ou definir áreas para gestão de recursos hídricos. Geralmente, as características físicas da bacia, incluindo topografia, geomorfologia, litologia, leito rochoso e estruturas geológicas, não são alteradas, mas influenciam o sistema de drenagem da bacia e nas atividades que são desenvolvidas na bacia hidrográfica (Chatewutthiprapa, Chotpantararat & Yumuang, 2018; Rahmati et al., 2019; Su et al., 2019; Waiyasusri & Chotpantararat, 2020).

Impulsionada pelo acelerado crescimento populacional, pela expansão da área agrícola e pela intensificação da urbanização, a exploração do meio ambiente é realizada de forma desordenada. O estudo morfológico de bacia hidrográfica é determinante para identificar e avaliar o potencial e limitações no uso do solo, por isso é propício ao planejamento das atividades a serem realizadas (Souza Fraga et al., 2014).

Na Amazônia umas das dificuldades é a eficiência na gestão dos recursos hídricos, principalmente de bacias exorréicas na zona costeira amazônica, visto no que concerne seu uso e ocupação, e na implementação das políticas existentes, como a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), sob a Lei 9.433/1997 que prevê estudos necessários para a gestão de bacias

hidrográficas, bem como da integração com outros instrumentos, como o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), através da Lei 7.661/1998 (Nicolodi; Zamboni; Barroso, 2009).

Diante do exposto sobre os problemas ambientais e de gestão dos recursos hídricos, principalmente as bacias exorréicas na Amazônia, se faz necessário conhecer seus aspectos hidrológicos e geomorfológicos. Portanto a premissa da pesquisa se baseia em inferir a bacia do rio Caripi como alongada e com pouco relevo, apresentando característica fluviomarinha. Nesse sentido, o objetivo da pesquisa é analisar o comportamento hidrológico da bacia do rio Caripi, através da caracterização morfométrica, através da inserção de valores de medição/ quantificação dos parâmetros que possibilitem um entendimento mais específico desses fatores, como forma de subsidio ao planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Caripi, zona costeira da Amazônia.

Metodologia

Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Caripi (Figura 1) está localizada na mesorregião do nordeste Paraense, abrangendo em sua maior parte os

territórios dos municípios de Maracanã (59,90%), seguida de Igarapé-Açu com 39,55% e Magalhães Barata e Marapanim com 0,42% e 0,12% respectivamente. Sua nascente principal inicia no município de Igarapé-Açu e deságua na baía de Maracanã. Na área da sua porção de baixo curso, estão inseridas a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Campo das Mangabas e a Reserva Extrativista (RESEX) Maracanã.

A bacia do rio Caripi segundo a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei 6.381/2001) insere-se na Região Hidrográfica Costa Atlântica Nordeste (Resolução do CEHR n. 04/2008), suas altimetrias variam de cotas superiores a 60 metros nas cabeceiras e próxima a 5 metros entorno de sua foz, tendo suas compartimentações topográficas bem definidas, sendo tipicamente de planície de inundação (Tamasaukas et al., 2016).

O clima da bacia do rio Caripi insere-se na categoria de megatérmico úmido, do tipo *Am* da classificação de Köppen, temperatura média, durante todo o ano, em torno de 25° C e 27° C, respectivamente; a precipitação média anual de 2.344 mm, com forte concentração entre os meses de janeiro a maio (Pachêco; Bastos, 2001; Albuquerque et al., 2010; Tamasaukas & Tamasaukas, 2016).

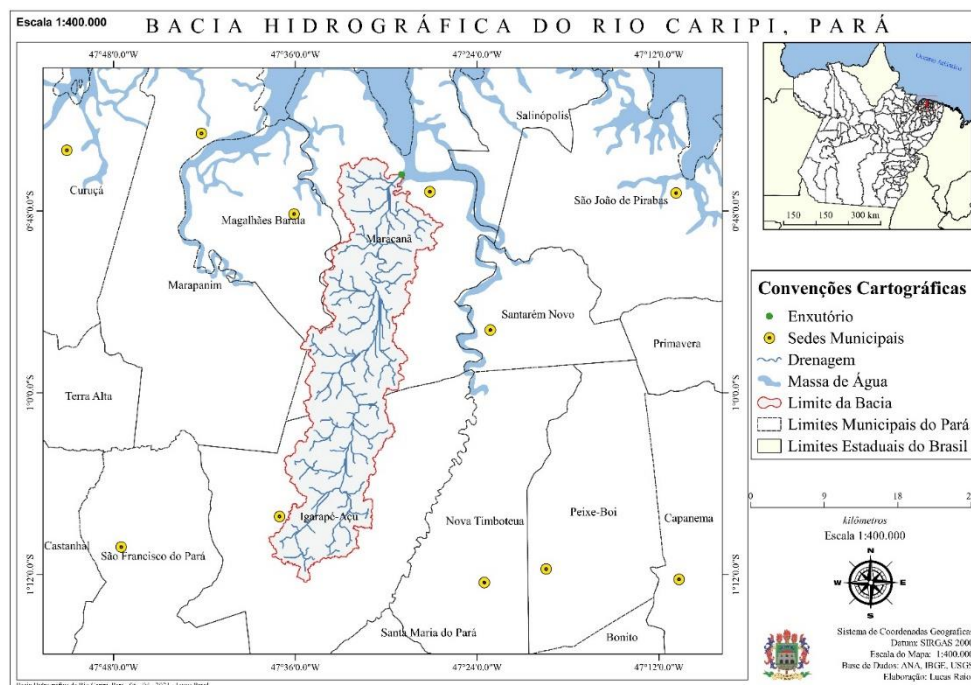


Figura 1- Localização da bacia hidrográfica do rio Caripi, Pará.

Procedimentos Metodológicos

A delimitação da bacia se deu primeiramente pela aquisição de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de resolução 30 x 30m disponibilizados pelo Serviço Geológico Americano (USGS), sendo os arquivos em formato *raster* s01_w048_1arc_v3 e s02_w048_1arc_v3.

Posteriormente foi utilizado o software QGIS 3.16 para a delimitação da bacia, seguindo os

procedimentos adotados por Van der Kwast e Menke (2019), utilizando o Sistema de Projeção Transversa de Mercator (UTM) zona 23 sul, com auxílio de imagens do Google Earth para identificação de exutório e rios. Após a delimitação da bacia foi gerado os mapas: hipsométrico, declividade, orientação do terreno e ordem dos rios. A Figura 2 apresenta o fluxograma esquemático dos procedimentos adotados.

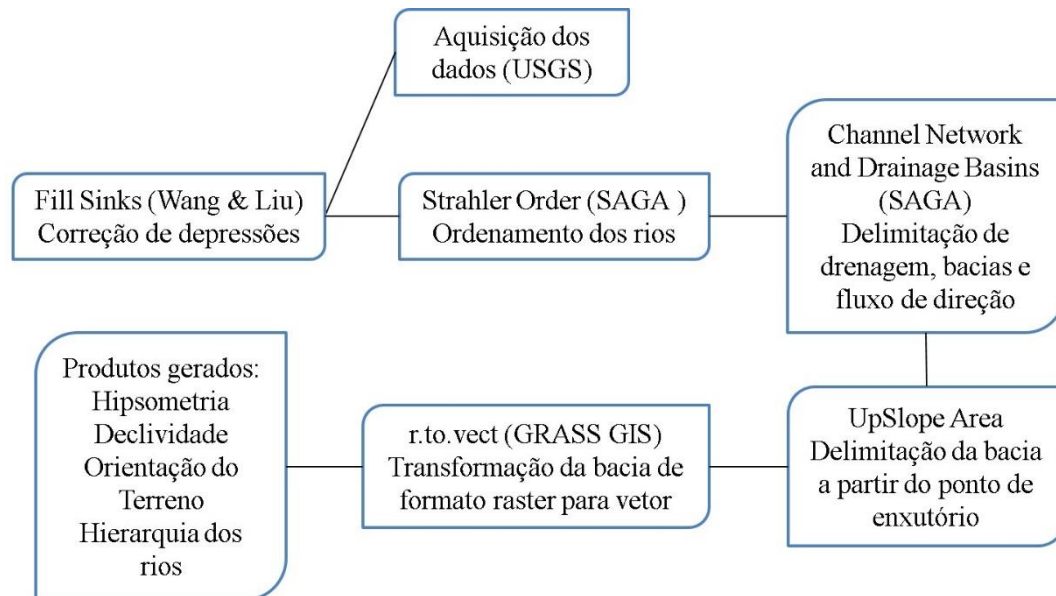


Figura 2- Fluxograma esquemático da delimitação e dos produtos gerados da bacia do rio Caripi.

A classificação da ordem dos rios foi realizada de acordo com Strahler (1952), e para as classes de declividade foram adotadas o modelo de Pereira & Lombardi Neto (2004). Para a criação do mapa de orientação do terreno, seguiu a classificação e procedimento conforme Reades (2016).

Após a delimitação da bacia do rio Caripi e dos produtos cartográficos, foram calculados os parâmetros morfométricos, (Quadro 1) da bacia, os quais foram divididos em parâmetros geométricos, rede de drenagem e relevo, e posteriormente a análise do perfil longitudinal do rio principal. A sistematização dos dados e os cálculos morfométricos foram realizados no software *Microsoft Excel* 2013.

A análise do perfil longitudinal do rio principal foi realizada a partir de 64 pontos entre a intersecção ao longo do rio principal e a altimetria, através das ferramentas de *pontos ao longo da geometria* e *amostrar valores do raster*, utilizando a distância dos pontos a cada 1 quilômetro. Nesse sentido foram analisadas a declividade média S e a declividade $S_{85/10}$ de acordo com Collischonn & Dornelles (2015), expressa pelas equações 1 e 2.

$$S = \frac{Z_{100} - Z_0}{L} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$S_{85-10} = \frac{Z_{85} - Z_{10}}{0,75.L} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que Z_{100} é altitude do início da rede de drenagem principal e Z_0 é a altitude do ponto de exutório em um comprimento L de um rio principal. O Z_{10} e o Z_{85-10} referem-se à declividade calculada utilizando dois pontos, sendo o primeiro localizado 10% da distância total do exutório a cabeceira e o segundo localizado a 85% da distância total do exutório a cabeceira (Collischonn & Dornelles, 2015).

Uma das características importantes a ser calculada de uma bacia é o Tempo de concentração (T_c), que é o tempo de percurso da água precipitada desde o ponto mais desfavorável topograficamente da bacia hidrográfica até a secção de referência, tratando-se, portanto, de uma grandeza fundamental para a compreensão do escoamento produzido na bacia, como por exemplo: implementação de sistemas de alerta contra inundações, projetos de drenagem urbana, separação do hidrograma, e definição do intervalo

de monitoramento hidrológico (Ataíde; Rodrigues; Pessoa, 2016; Mota & Kobiyama, 2015).

Quadro 1- Parâmetros morfométricos calculados para a bacia do rio Caripi. Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Parâmetro	Equação	Definição	Referências
Geométricos			
Área da bacia (A)	A	A = Área da bacia (km ²)	Schumm (1956), Villela; Matos (1975)
Perímetro da bacia (Lb)	P	P = Perímetro da bacia (km)	Schumm (1956)
Comprimento axial da bacia (La)	La	La = Comprimento axial da bacia (Km)	Christofolletti (1980)
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	A = Área da bacia (km ²) P = Perímetro da bacia (km)	Villela; Matos (1975)
Fator de forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{La^2}$	A = Área da bacia (km ²) La = Comprimento axial da bacia (km)	Villela; Matos (1975)
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = 12,57 \frac{A}{P^2}$	A = Área da bacia (km ²) P = Perímetro da bacia (km)	Miller (1953)
Rede de drenagem			
Ordem dos cursos d'água	-	-	Strahler (1952)
Comprimento do curso d'água principal (L)	L	L = Comprimento do curso d'água principal (km)	Horton (1945)
Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	Lt	Lt = Comprimento total dos cursos d'água (km)	Christofolletti (1980)
Sinuosidade do curso d'água principal (SIN)	$SIN = \frac{L}{Lt}$	L = Comprimento do curso d'água principal (km) Lt = Comprimento total dos cursos d'água (km)	Villela; Matos (1975)
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Lt = Comprimento total dos cursos d'água (km) A = Área da bacia (km ²)	Horton (1945)
Densidade de rios (Dr)	$Dr = \frac{n}{A}$	n = Número de canais A = Área da bacia (km ²)	Horton (1945)
Coefficiente de manutenção (Cm)	$Cm = 1000 \frac{1}{Dd}$	Dd = Densidade de drenagem (km/km ²)	Christofolletti (1980), Schumm (1956)
Extensão do percurso superficial (Eps)	$Eps = \frac{1}{2Dd}$	Dd = Densidade de drenagem (km/km ²)	Christofolletti (1980)
Relevo			
Altitude mínima	Hmin	Hmin = Altitude mínima (m)	Schumm (1956)
Altitude máxima	Hmáx	Hmáx = Altitude máxima (m)	Schumm (1956)
Amplitude altimétrica (Hm)	Hm = Hmáx- Hmin	Hmáx = Altitude máxima (m); Hmin = Altitude mínima (m)	Schumm (1956)
Declividade mínima	Dmin	Dmin = Declividade mínima (%)	Villela; Matos (1975)
Declividade máxima	Dmáx	Dmáx = Declividade máxima (%)	Villela; Matos (1975)
Declividade média (Dm)	$Dm = \frac{x1 + \dots + xn}{n}$	x = valores de declividade n = número de observações	Villela; Matos (1975)
Índice de rugosidade (Ir)	Ir= H. Dd	Hm= Amplitude altimétrica(m); Dd= Densidade de drenagem (km/km ²)	Christofolletti (1980)
Relação de relevo (Rr)	$Rr = \frac{H}{La}$	Hm = Amplitude altimétrica (m) La= Comprimento axial (km)	Schumm (1956)

T_c é calculada pela equação 3, desenvolvida pelo Corpo de Engenheiros do exército dos Estados Unidos para bacias menores que 12.000 km² e comprimento do rio principal menores que 257 km, onde foram testadas em bacias rurais, o que está em consonância com a área de estudo em questão, tratando-se da bacia do rio Caripi que é de natureza fluvio-estuarina e rural (Collischonn & Dornelles, 2015; Tamasaukas et al. 2016).

$$T_c = 11,46 \cdot \frac{L^{0,76}}{S^{0,19}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde T_c é o tempo de concentração em minutos; L é o comprimento do curso d'água principal em km; e S é a declividade do curso d'água principal (Collischonn & Dornelles, 2015).

Resultados e discussão

A partir dos dados do SRTM foi possível analisar as características morfométricas, na qual a

bacia do rio Caripi possui uma área de 475,26 km². Comparado o resultado com os obtidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) (2017) com 488,79 km² e Tamasaukas et al. (2016) que corresponde 478,49 km², possuem uma variação em relação a presente pesquisa de 2,85% e 0,68%, respectivamente. Essas diferenças de valores obtidos, podem ser justificadas pelo uso do *software* e pelo método empregado para delimitar a bacia, bem como o uso do MDE, e por se tratar de regiões com altitudes baixas próximas ao nível do mar, o que pode acarretar dificuldades de identificação do limiar entre a terra e o mar (Melo et al., 2020).

A bacia é caracterizada de quarta ordem (Figura 3), na qual consiste na convergência de dois canais de terceira ordem que podem também receber afluentes de 2º e 3º ordem (Silveira, 2001). O padrão de drenagem apresentado é o dendrítico, caracterizado por possuir desenvolvimento e formato semelhantes à de uma árvore (Christofolletti, 1980).

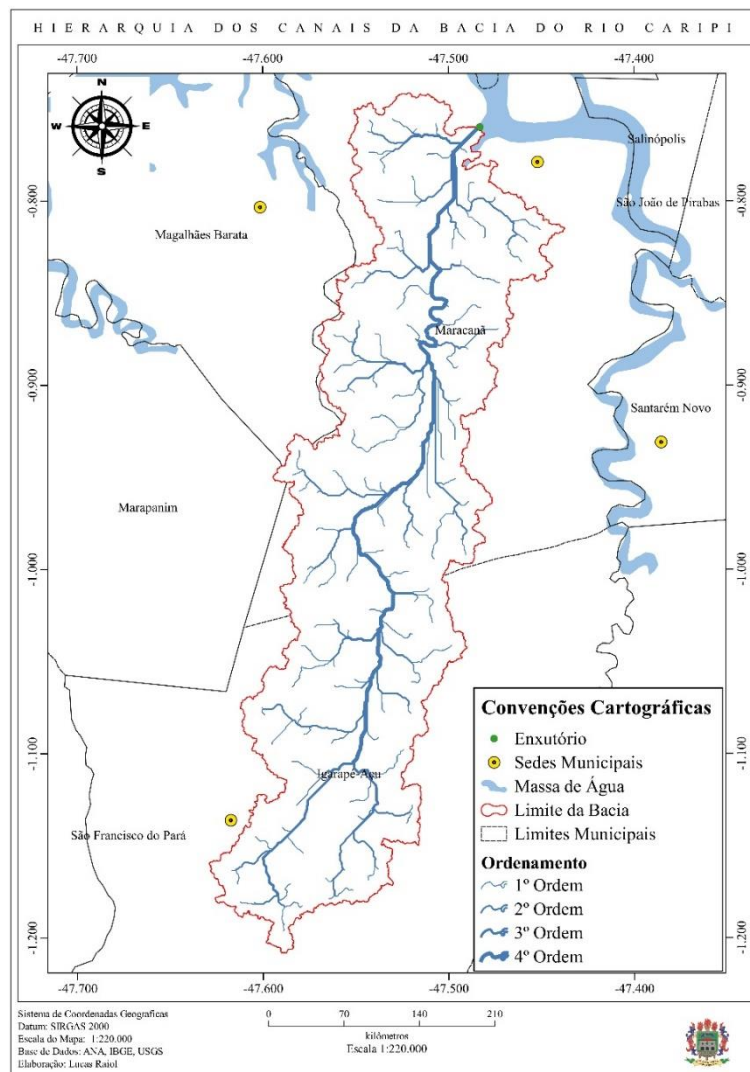


Figura 3- Mapa de hierarquia fluvial dos canais da bacia do rio Caripi.

As características geométricas da bacia do rio Caripi são apresentadas na Tabela 1. O perímetro da bacia (Lb) corresponde a medida total de toda a extensão da bacia, a qual representou 210,09 km. O comprimento axial (La) foi de 50,94 km, o mesmo é medido quando se segue o curso d'água mais longo, desde a desembocadura até a cabeceira mais distante da bacia (Vilela & Matos, 1975).

Tabela 1- Características geométricas da bacia do rio Caripi.

Características Geométricas	Resultados
Área da bacia (A)	475,26 km ²
Perímetro da bacia (Lb)	210,09 km
Comprimento axial da bacia (La)	50,94 km
Coefficiente de compacidade (Kc)	2,70
Fator de forma (Kf)	0,18
Índice de circularidade (Ic)	0,14

Os resultados de coeficiente de compacidade (Kc) (2,70) evidenciam que o formato é irregular, pois quanto mais afastado de 1 mais irregular é seu formato, e quanto mais próximo da unidade o seu formato é mais circular. O fator de forma (Kf) (0,18) e o índice de circularidade (Ic) (0,14) menores indicam que a bacia tem um formato alongado, pois valores próximos de 0 apresenta um formato mais alongado, e valores próximos de 1 mais circular. Portanto, a bacia do rio Caripi é menos sujeita a enchentes em condições normais de pluviosidade, havendo menos possibilidade de chuvas intensas cobrirem toda sua extensão e com tendência a sua conservação (Vilela & Matos, 1975).

Outras bacias adjacentes e localizadas na zona costeira da Amazônia, como a bacia do rio Curuçá, Mocajuba e do Igarapé Quarenta Horas, apesar de serem tipicamente de planícies de inundação, com influência fluviomarinha nas regiões de baixo curso, elas apresentaram um formato irregular e mais alongado, e poucos suscetíveis a cheias rápidas em condições naturais, o que está de acordo com resultados encontrados com a presente pesquisa (Parente et al., 2020; Vale; Costa; Pimentel, 2021; Crispim et al., 2021).

O comprimento do curso d'água principal (L) e o comprimento total dos cursos d'água (Lt) da bacia do rio Caripi (Tabela 2) encontrados foram de 63,45 km e 363,40 km, respectivamente. Em relação a hierarquia fluvial, 130 canais são de primeira ordem (180,01 km), 73 de segunda ordem (104,48 km), 21 de terceira ordem (29,36 km) e 35 de quarta ordem (49,55 km). Essas quantificações influenciam diretamente nas características de densidade de drenagem e densidade hidrográfica (Souza et al., 2021).

Tabela 2- Características da rede de drenagem da bacia do rio Caripi.

Características da rede de drenagem	Resultados
Ordem dos cursos d'água	4º Ordem
Comprimento do curso d'água principal (L)	63,45 km
Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	363,40 km
Sinuosidade do curso d'água principal (SIN)	1,25
Densidade de drenagem (Dd)	0,76 km/km ²
Densidade de rios (Dr)	0,52 rios/km ²
Coefficiente de manutenção (Cm)	1.307,84 m ²
Extensão do percurso superficial (Eps)	0,33 km

O índice de sinuosidade varia de 1 a 2, indicando que valores próximos a 1 sugerem canais retilíneos, ao passo que valores superiores a 2,0, indicam sinuosidade dos canais e valores intermediários sugerem formas transicionais, regulares e irregulares (Souza et al., 2017). A Sinuosidade do curso d'água principal (SIN) encontrada para a bacia do rio Caripi foi de 1,25 o que sugere canais mais regulares e transicionais conforme resultados encontrados na pesquisa de Schum (1963).

A densidade de drenagem (Dd) (Tabela 2), consiste na soma dos comprimentos dos canais hídricos (perenes, intermitentes ou temporários), dividido pela área total da bacia (Costa & Lança, 2001). O valor obtido para a densidade de drenagem foi de 0,76 km/km², a qual é considerada densidade mediana segundo Beltrame (1994), que propôs a classificação em faixas em que valores menores que 0,50 são consideradas baixas, entre 0,50 e 2,00 são medianas, entre 2,01 e 3,50 são altas, e maior que 3,50 são muito altas. No entanto, o resultado indicou baixa drenagem de acordo com Vilela e Matos (1975), pois este índice varia de 0,5 km/km², para bacias com drenagem pobre, a 3,5, ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas.

Valores baixos de Dd estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação, e valores altos estão associados ao grau mais elevado de dissecação do relevo, decorrente principalmente dos fatores declividade, presença de material subsuperficial pouco permeável, baixa densidade da cobertura vegetal, fatores climáticos, entre outros (Alves et al., 2020; Fonseca & Augustin, 2014; Tonello et al., 2006).

Parente et al. (2020) encontrou resultados de Dd similares para a bacia do rio Curuçá, na zona costeira do nordeste paraense. Os autores afirmam que é devido ao planalto costeiro que são constituídos por sedimentos areno-argilosos, que formam solos permeáveis e acabam por conferir uma baixa densidade de drenagem à bacia, sobretudo nas áreas com cotas mais altas no alto curso.

A densidade de rios (Dr) ou densidade hidrográfica (Tabela 2), correlaciona o número de canais com a área da bacia, indicando seu potencial para gerar novos cursos d'água. Lollo (1995), destaca a densidade hidrográfica em faixas de valores: $Dh < 3$ (baixa), Dh entre 3 e 7 (média), Dh entre 7 e 15 (alta) e $Dh > 15$ (muito alta). Seguindo essa classificação a densidade de rios obtida teve o valor de 0,52 rios/km² o que é considerada baixa e indica pouca aptidão a formação de novos canais.

O Coeficiente de Manutenção (Cm) (Tabela 2) é o índice que visa calcular a área mínima necessária que a bacia precisa ter para manter um metro de canal fluvial. No estudo em questão, o resultado foi 1.307,84 m²/m, ou seja, é necessária uma área de drenagem de 1.307,84 m² para a manutenção de um metro de canal hídrico. Os valores obtidos pelo Cm são elevados, o que evidencia a necessidade de uma área significativa para a manutenção e evolução da drenagem. Os resultados são reafirmados pelos números relativamente baixos de Dd e Dr, o que pressupõe que a bacia possui dificuldade na renovação e formação de novos canais. (Silva et al, 2018).

O valor de Dd (Tabela 2) obtido para a bacia do rio Caripi sugere que o escoamento superficial pode ser mais intenso e menos intenso em algumas regiões da bacia, favorecendo a infiltração. Tais características semelhantes foram observadas por Alves et al. (2020) e Silva et al. (2018), as quais também influenciam diretamente na Extensão do Percurso Superficial (Eps) que foi equivalente a 0,33 km. Esse valor indica segundo a escala de intensidade proposto por Sousa & Rodrigues (2012), um valor mediano, onde o escoamento e infiltração estão em equilíbrio, ou seja, valores de mediano a baixo favorecem a infiltração, enquanto valores de alto a muito alto favorecem o escoamento superficial. Com isso, através dos dados do IBGE (2021), pode se afirmar que os solos da bacia influenciam nesses aspectos, sendo, portanto, de materiais areno-argilosos, compostos por Latossolos e Gleissolos e com maior tendência a infiltração, devido aos Latossolos serem de características porosas e bem drenadas, estando situado em maior parte da bacia,

principalmente nas regiões de médio a alto curso. A extensão do percurso superficial representa a distância que o fluxo de água do escoamento superficial deverá percorrer até atingir o curso d'água mais próximo (Sousa & Rodrigues, 2012).

As características do relevo são apresentadas na Tabela 3, onde a bacia do rio Caripi apresenta uma amplitude altimétrica (Hm) de 70,03 m e uma declividade média (Dm) de 3,57%, o que influenciam no Índice de rugosidade (Ir) que foi de 53,54, pois quanto maior a densidade de drenagem, ou a amplitude altimétrica, maior será a rugosidade do terreno, caracterizado por menores comprimentos de rampa e maior declividade, o que acentua o escoamento superficial, cheias rápidas e também as ocorrências erosivas (Sousa & Rodrigues, 2012). No entanto, os resultados encontrados para a bacia do rio Caripi mostram-se fraca de acordo com a proposta de classificação de Ir de Sousa & Rodrigues (2012), ou seja, com fraca susceptibilidade a ocorrência de processos erosivos e maior sua conservação.

Tabela 3- Características do relevo da bacia do rio Caripi.

Características do Relevo	Resultados
Altitude mínima	4,97 m
Altitude máxima	75 m
Amplitude altimétrica (Hm)	70,03 m
Declividade mínima	0 m
Declividade máxima	37,68%
Declividade média (Dm)	3,57%
Índice de rugosidade (Ir)	53,54
Relação de relevo (Rr)	1,37

A relação de relevo (Rr) encontrada foi de 1,37, considerada baixa devido ao declive e relevo serem em sua maioria plano e pouca variação altimétrica. Resultados encontrados por Ataíde, Rodrigues & Pessoa (2017), Rodrigues et al. (2016) e Vale & Bordalo (2020) que avaliaram características morfométricas das bacias do rio Tauá, Igarapé da Prata e Apeú apresentaram também valores baixos para a relação de relevo, ou seja, menor velocidade da água para no sentido de maior comprimento da bacia. O que pode-se afirmar que isso é muito comum em análises de bacias na mesorregião do nordeste paraense, por se tratar de regiões em sua maioria com pouco declive e amplitude altimétrica.

A distribuição das altitudes da bacia hidrográfica do rio Caripi configura-se com uma altitude média de 34,25 m e altitude máxima de 75 m, onde em sua maioria (22,76%) está entre 20 a 28 metros e aproximadamente 97,49% da área está compreendida entre 12 a 60 metros (tabela 4).

Tabela 4- Distribuição das classes de altitude da bacia do rio Caripi.

Elevação (m)	Área (km ²)	Área (%)
4 a 12	6,64	1,40
12 a 20	49,40	10,38
20 a 28	108,29	22,76
28 a 36	100,96	21,22
36 a 44	88,47	18,59
44 a 52	74,29	15,61
52 a 60	42,49	8,93
60 a 68	5,10	1,07
68 a 75	0,17	0,04

A distribuição hipsométrica da bacia hidrográfica do rio Caripi está representada na

Figura 4, onde é possível observar que as regiões de maiores altitudes estão entre 52 a 75 metros, presente nas regiões de interflúvio do alto curso, e em direção a jusante diminuem gradativamente de 44 a 4 metros. Distribuições altimétricas semelhantes foram encontradas por Lima, Pimentel & Vale (2021) na bacia do rio Marapanim, na qual faz fronteira à margem esquerda da bacia do rio Caripi, pois se tratam de áreas costeiras na Amazônia Oriental, onde recebem influência fluvio-marinha. Ainda segundo o autor, afirma que as características geológicas e geomorfológicas influenciam os processos de dissecação do relevo e nas compartimentações regionais.

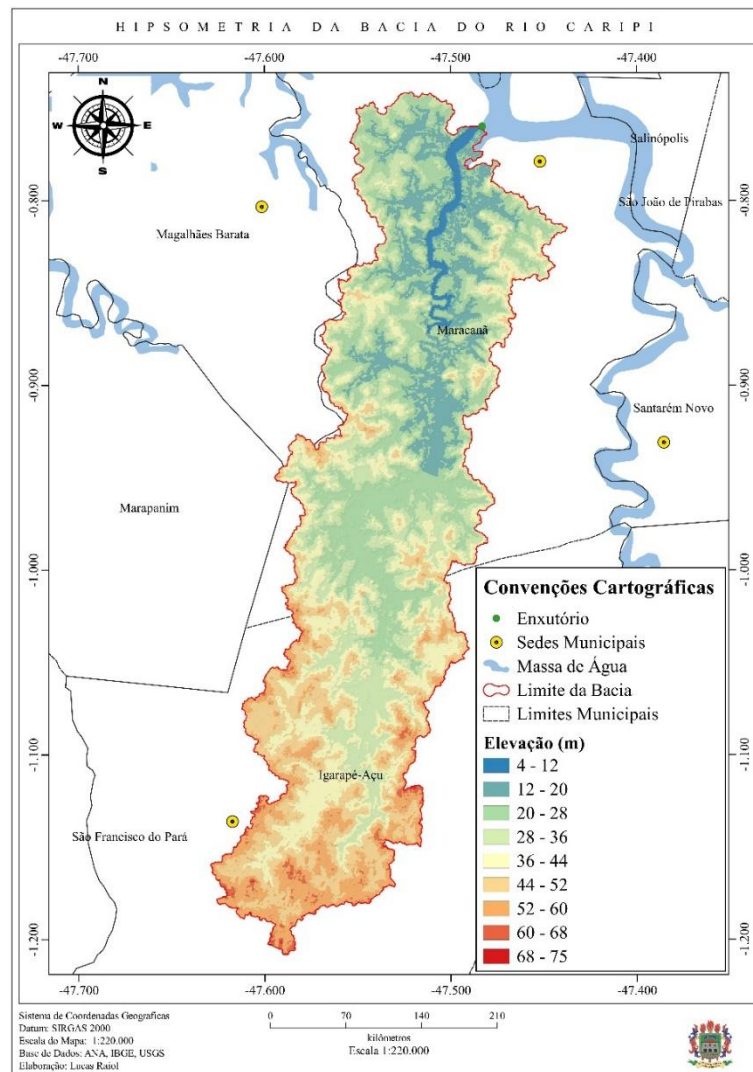


Figura 4 -Hipsometria da bacia do rio Caripi.

As informações na Tabela 5 referem-se a porcentagem de área relacionada à cada classe de declividade da bacia em analisada, é possível verificar que os relevos denominados planos (41,87%) e o Suave-Ondulado (48,50%) são predominantes na bacia, ambos são equivalentes a

aproximadamente 91% de toda a área. Em relevos planos os desnivelamentos são muito pequenos e o suave ondulado tem uma superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e /ou outeiros (EMBRAPA, 1979).

Tabela 5- Distribuição das classes de declividade da bacia do rio Caripi

Declividade (%)	Área (km ²)	Área (%)
0-3 (Plano)	199,24	41,87
3-8 (Suave Ondulado)	230,76	48,50
8-13 (Moderadamente Ondulado)	40,06	8,42
13-20 (Ondulado)	5,26	1,11
20-45 (Forte Ondulado)	0,49	0,10

A predominância de relevo plano e suave ondulado (Figura 5) está de acordo com as características topográficas presentes na mesorregião do nordeste Paraense, encontradas como por exemplo nas bacias do rio Guamá e Tauá, visto que tais valores de declividade sugere o comportamento de velocidade baixa no escoamento superficial, por conseguinte, maior possibilidade de infiltração da água no solo, aumentando a recarga dos aquíferos (Ataide; Rodrigues; Pessoa, 2017; Barbosa et al., 2020).

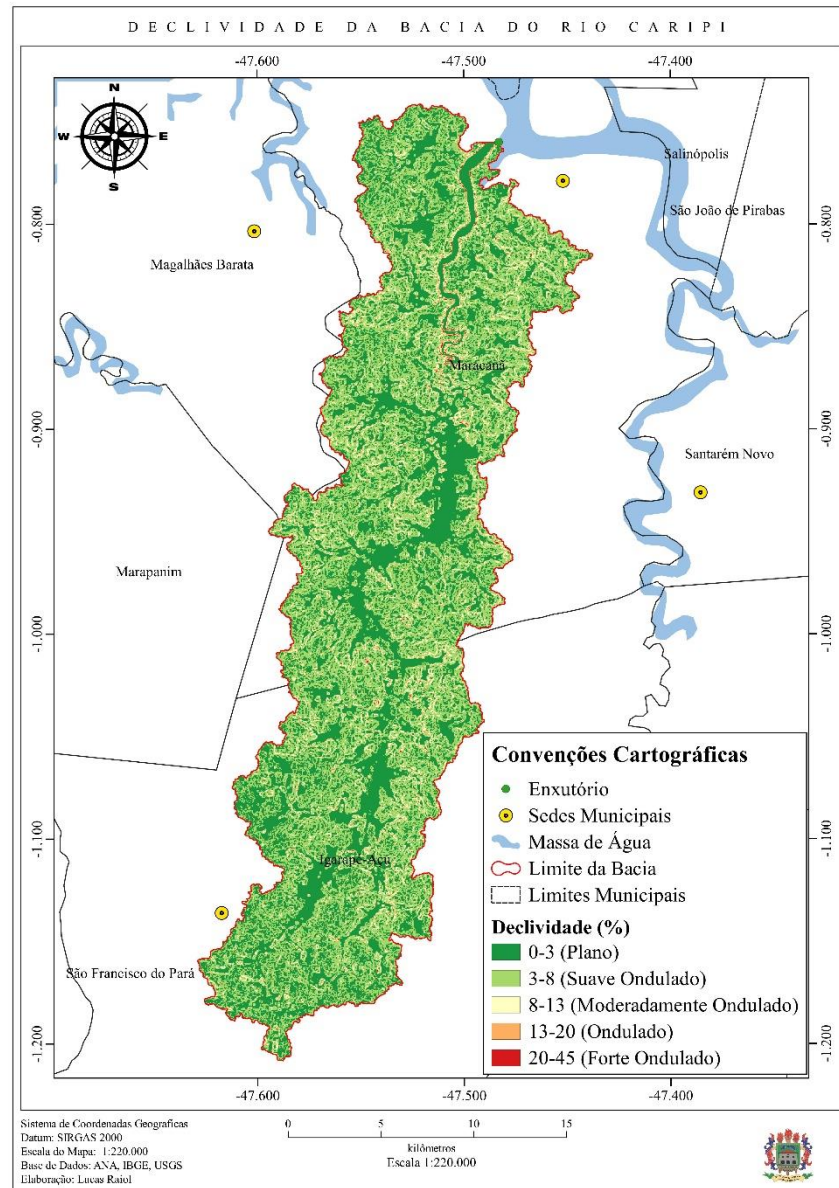


Figura 5- Mapa de declividade da bacia do rio Caripi.

Foi possível observar também pequenas áreas de relevo ondulado e forte ondulado ao longo do baixo curso às margens do rio principal, o que pode estar associado aos processos de ocupação do solo, litológicos, pedológicos e de erosão fluvial e

marinha à medida que se aproxima da costa do oceano atlântico, pois de acordo com João (2013) a região da bacia do rio Caripi está no domínio geológico-ambiental dos sedimentos cenozoicos, pouco a moderadamente consolidados, associados

a tabuleiros (DCT), apresentando solos bastante argilosos, parcialmente compactados e impermeabilizados, com tendência a sofrer erosão laminar; algo plásticos, bastante aderentes e escorregadios quando molhados.

Os parâmetros de declividade, são importantes para auxiliar na gestão e planejamento de bacias hidrográficas, pois estão diretamente associados ao tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos de água (Sabino et al., 2020; Simonetti, Silva & Rosa, 2022). De acordo com Silva et al. (2016), a relação entre a declividade com a morfologia da bacia é um dos fatores que condicionam os usos do solo, a capacidade de infiltração da água, bem como o escoamento superficial, sendo importantes para a definição de áreas protegidas por lei. Dessa forma, os relevos acentuados são impróprios para a ocupação urbana e agricultura, enquanto, salientam que a declividade influi na relação entre a precipitação em uma bacia hidrográfica e o deflúvio, pois o aumento da velocidade do escoamento superficial reduz a infiltração da água no solo (Coliado, Simonetti & Silva, 2020; Silva et al., 2021; Simonetti, Silva & Rosa, 2022).

O relevo e a caracterização geológica e geomorfológica do terreno têm uma relação direta, visto que a maioria das áreas da bacia do rio Caripi são compostas pela formação Barreiras na sua porção de médio à alto curso, e nas regiões de médio a baixo curso apresentam Cobertura detrito-laterítica neo-pleistocênica; Depósitos aluvionares holocênicos e Depósitos de pântanos e mangues holocênicos, as quais ambas são do período cenozoico holoceno. Na maior parte da bacia sua geomorfologia é composta por tabuleiros paraenses, presente em regiões costeiras baixas (IBGE, 2021).

A geologia e geomorfologia do Caripi estão enquadrados nos seguintes domínios geomorfológicos de acordo com Dantas e Teixeira (2013): planície costeira do nordeste paraense e tabuleiros da zona bragantina. A planície costeira do nordeste paraense é caracterizada por planícies fluviomarinhas, ressaltando-se a ocorrência de exíguas planícies costeiras e aluviais, destacando-

se um vasto domínio de terras baixas e inundáveis, com o recobrimento espraiado de formações pioneiras de interface entre os domínios continental e marinho, dominado por manguezais. Os tabuleiros da zona bragantina são exclusivamente representados por extensos tabuleiros de baixa amplitude de relevo. Nas áreas mais próximas ao litoral, esses tabuleiros estão embasados por rochas sedimentares pouco litificadas de idade terciária ou tércio-quaternária do Grupo Barreiras e dos sedimentos pós-Barreiras, frequentemente recobertas por coberturas detrito-lateríticas (Dantas & Teixeira, 2013).

As vertentes de orientação do terreno na Tabela 6 e Figura 6 correspondem à direção geral para qual a declividade da bacia está exposta, logo indicando também a direção do escoamento superficial, fator importante influenciando a radiação solar e a temperatura do ar de uma área (Ferrari et al., 2013; Salvacion, 2016). Portanto observa-se que a bacia do rio Caripi apresenta uma predominância das vertentes do terreno para o Norte (15,12%), seguido de Leste (13,97%) e Sudeste (12,31%).

Tabela 6- Distribuição das classes de orientação do terreno da bacia do rio Caripi.

Orientação do Terreno	Área (km ²)	Área (%)
Norte (0-25,5) (337,5-360)	69,28	15,02
Nordeste (22,5-67,5)	56,18	12,18
Leste (67,5-112,5)	64,43	13,97
Sudeste (112,5-157,5)	56,77	12,31
Sul (157,5-202,5)	53,56	11,61
Sudoeste (202,5-247,5)	50,66	10,98
Oeste (247,5-292,5)	54,32	11,78
Noroeste (292,5-337,5)	56,07	12,15

A partir dos resultados da bacia do rio Caripi, Tonello et al. (2006) afirma que as bacias com orientação norte no Hemisfério Sul recebem maior quantidade de calor que as de orientação Sul; por este critério a bacia do rio Caripi apresenta maiores taxas de evapotranspiração (Ferrari et al., 2013).

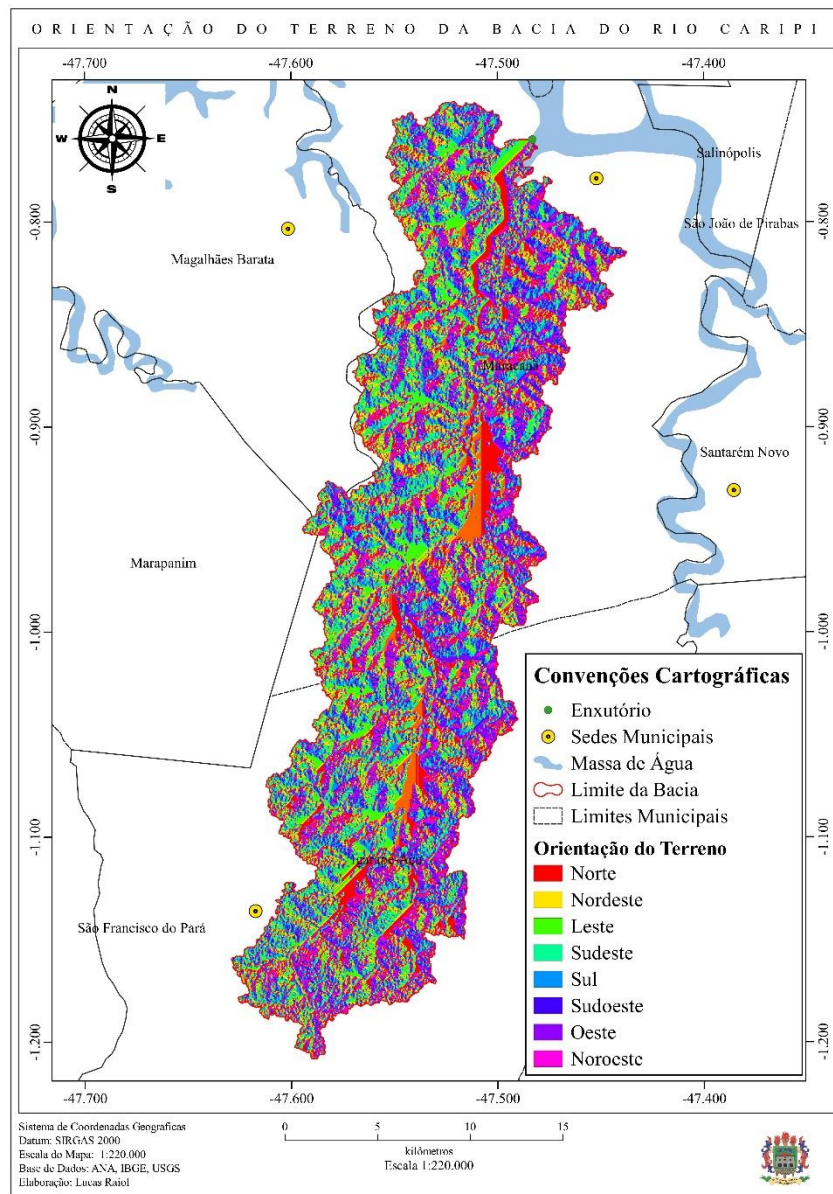


Figura 6- Mapa da orientação do terreno da bacia do rio Caripi.

A bacia do rio Caripi apresentou também uma alta distribuição do terreno para o Leste, recebendo maior incidência solar no período da manhã, no entanto, uma inclinação voltada para o oeste tende a ter uma temperatura máxima diária mais alta do que a inclinação voltada para o leste, porque a temperatura máxima diária ocorre à tarde quando o sol está no Oeste (Salvacion, 2016).

O perfil longitudinal do rio principal (Figura 7) possui 63,45 km de comprimento e elevação no seu exutório de 5 m e 52 m na sua cabeceira e uma amplitude de 47 m. As declividades médias do curso d'água principal S e

S_{85/10} resultaram 0,00074 e 0,00082 m/m indicando baixas declividades, o que denota baixa velocidade do escoamento, estando diretamente proporcional com o valor obtido de Eps, o que sugere possuir maior tendência de infiltração e escoamento mais lento principalmente nas áreas próximas a sua foz, onde foi observado uma suavização e aplainamento do terreno. Isso se deve as características geomorfológicas presentes serem de ambientes deposicionais, sobretudo por conta da influência de mangues e rias ao longo do baixo curso do rio principal.

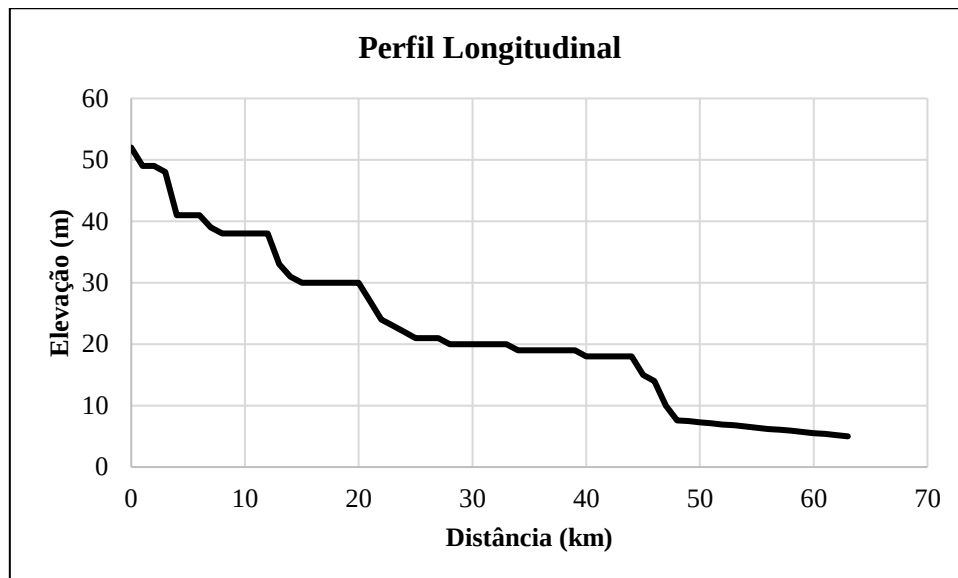


Figura 7- Perfil longitudinal do curso d'água principal da bacia do rio Caripi.

Os resultados de declividade média do curso d'água principal S e $S_{85/10}$ evidenciam um maior tempo de concentração da bacia de 1.056 minutos. Ataíde, Rodrigues e Pessoa (2016) encontraram resultados de grande tempo de concentração (T_c) para a bacia do rio Tauá, a qual possui características de relevo e extensão semelhantes na região do nordeste Paraense. Ferrari et al. (2013) e Tonello et al. (2006) afirmam que quanto maior T_c será menor a vazão máxima de enchente se forem mantidas constantes outras características como solo, vegetação, geologia, geomorfologia e hidrologia, ou seja, a ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, conduzirá à maior velocidade de escoamento, e resultará em menor quantidade de água armazenada no solo e enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia à degradação. Assim, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, que está fortemente relacionado com o relevo.

Os valores encontrados de T_c através da equação do corpo de engenheiros do exército dos Estados Unidos estão em consonância com valores encontrados por Melo et al. (2020) e Silveira (2005) para bacias rurais e com grande quantidade de vegetação, portanto se mostrando resultados satisfatório para a presente pesquisa.

Os resultados de T_c e Eps mostram que o escoamento superficial não depende apenas das características morfométricas, mas de outros fatores geoambientais, principalmente do uso e ocupação do solo. Resultados encontrados por

Tamasaukas & Tamasaukas (2016) na bacia do rio Caripi apontaram altos valores do escoamento superficial nas regiões de alto curso e médio curso, provenientes da classe mosaico de ocupações, agricultura e pecuária, sendo um fator determinante em problemas no balanço hídrico e para possíveis processos erosivos e perda de solo.

É importante ressaltar a manutenção da vegetação das Áreas de Preservação Permanente (APP), afim de evitar conflitos de uso do solo em áreas de florestas ripárias protegidas por lei, bem como na diminuição da fragmentação florestal para a conservação da biodiversidade conforme discutido por Tamasaukas et al. (2016) e Costa et al. (2019). Diante disso, é imprescindível práticas agropecuárias sustentáveis para evitar a degradação do solo e dos recursos hídricos em regiões com maior relevo e declividade, assim como a preservação e recomposição de floresta em zonas mais sensíveis ao longo da bacia.

Conclusões

A bacia do rio Caripi é uma bacia alongada com pouca possibilidade de inundações, tratando-se de uma bacia predominantemente plana e com valores de drenagem baixa e pouca aptidão a formação de canais, o que também está associado à sua geomorfologia. O escoamento superficial da bacia se mostrou em equilíbrio, com maior tendência a infiltração e áreas de recarga em situações de enxurradas entre o interflúvio e o canal mais próximo. Mostrando-se, portanto, uma bacia menos sujeita a perda de solo, considerando suas condições naturais de drenagem, aspectos

geomorfológicos, pedológicos, cobertura vegetal e relevo.

A sinuosidade e a declividade do curso da água principal indicaram valores baixos e um tempo de concentração maior, o que está associado por áreas mais aplainadas da bacia. As áreas da região do alto curso apresentaram relevos mais ondulados, e suas vertentes apresentaram em sua maioria orientação para sentido leste e norte, indicando maiores taxas de evapotranspiração e maior incidência solar no período da manhã.

As técnicas de geoprocessamento se mostram de grande importância para o estudo de bacias hidrográficas, tornando uma ferramenta essencial na tomada de decisões que envolvem o planejamento ambiental, principalmente em bacias exorréticas na zona costeira amazônica, na qual necessita-se de uma abordagem integrada para entender as suas particularidades e dinâmica de funcionamento.

Referências

- Abdeta, G. C., Tesemma, A. B., Tura, A. L., & Atlabachew, G. H. (2020). Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia. *Applied Water Science*, 10(7), 1-15.
- Albuquerque, M. F. D., Souza, E. B. D., Oliveira, M. D. C. F. D., & Souza Júnior, J. A. D. (2010). Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6, 151-168.
- 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.
- ANA. Agência Nacional de Águas (2017). Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/0c698205-6b59-48dc-8b5e-a58a5dfcc989>>. Acesso em 15 setembro, 2021.
- Andrade, M. A., Mello, C. R. D., & Beskow, S. (2013). Simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica representativa dos Latossolos na região Alto Rio Grande, MG. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 17(01), 69-76.
- Ataíde, L. C. P., Rodrigues, R. S. S., & Pessoa, F. C. L. (2017). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tauá, nordeste paraense. *Rev. Brasileira de Gestão Ambiental*, 11(1), 130-138.
- Barbosa, I. C.C., de Sousa, A. M. L., da Silva, E. R. M., da Silva, H. J. F., Vitorino, M. I., & da Silva Costa, L. G. (2020). Variáveis físico-geográficas e as implicações sobre vulnerabilidade ambiental na Sub-Bacia do Rio Guamá, Pará, Brasil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 11(3), 264-291.
- Beltrame, A. V., 1994. Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação. Florianópolis: UFSC.
- Bharath, A., Kumar, K. K., Maddamsetty, R., Manjunatha, M., Tangadagi, R. B., & Preethi, S. (2021). Drainage morphometry based sub-watershed prioritization of Kalinadi Basin using geospatial technology. *Environmental Challenges*, 5, 100277.
- Chatewutthiprapa, C., Chotpantararat, S., & Yumuang, S. (2018). Land Use and Land Cover Change of Chanthaburi Watershed Following 1999, 2006 and 2013 Floods. In *International Conference on Geography and Geoinformatics for Sustainable Development* (pp. 21-31). Springer, Cham.
- Choudhari, P. P., Nigam, G. K., Singh, S. K., & Thakur, S. (2018). Morphometric based prioritization of watershed for groundwater potential of Mula river basin, Maharashtra, India. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 2(4), 256-267.
- Christofolletti, A. (1980). *Geomorfologia* (2. ed.). São Paulo: Edgard Blucher.
- Coliado, P. H. S., Simonetti, V. C., & Cunha, D. C. (2020). Avaliação das características físicas da bacia hidrográfica do Rio Pariqueira-Açu no Baixo Ribeira De Iguape (SP). *Holos Environment*, 20(3), 320-334.
- Collischonn, W. & Dornelles, F. (2015). *Hidrologia para engenharia e ciências ambientais*. (2a ed.) Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH).
- Costa, A. M. S., Lima, A. M. M., & Andrade, M. M. N. (2019). Alterações na paisagem e seus efeitos sobre as áreas de preservação permanente em bacias hidrográficas no nordeste do estado do Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(7), 2729-2740.
- Costa, D. T., & LANÇA, R. (2001). *Hidrologia de superfície*. Área Departamental de Engenharia Civil. Núcleo de Hidráulica e Ambiente. Escola Superior de Tecnologia. Universidade do Algarve. Faro, 303p.

- Crispim, D. L., Silva, P. E., Gabriel, V. D. A., & Fernandes, L. L. (2021). Morphometric characterization of the Igarapé Quarenta Horas hydrographic basin in the municipality of Ananindeua, Pará. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* 11(1), 1-10.
- Dantas, m. & s. Teixeira. (2013). Origem das paisagens. In: X. S. J. JOÃO, S. G. TEIXEIRA & D. D. F. FONSECA (Org.): *Geodiversidade do estado do Pará*: 23-52. CPRM, Belém.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1979). *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 247p.
- Ferrari, J. L., da Silva, S. F., Santos, A. R., & Garcia, R. F. (2013). Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8(2), 181-188.
- Fonseca, B. M., Augustin, C. H. R. R. (2014). Análise morfométrica de bacias de drenagem e sua relação com a estrutura geológica, Serra do Espinhaço Meridional (MG). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15, 153-172.
- Fraga, M. S., Ferreira, R. G., Silva, F. B., Vieira, N. P. A., da Silva, D. P., Barros, F. M., & Martins, I. S. B. (2014). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. *Nativa*, 2(4), 214-218.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2021). *Geociências | IBGE*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 01 ago. 2021.
- João, X. S. J. (2013). Geodiversidade: adequabilidades/ potencialidades e limitações frente ao uso e à ocupação. In: X. S. J. JOÃO, S. G. TEIXEIRA & D. D. F. FONSECA (Org.): *Geodiversidade do estado do Pará*: 23-52. CPRM, Belém.
- Kalam, M. A., Ramesh, M., Rao, N. B., & Rao, P. K. (2016). Development of a spatial decision support system for Milli Watershed management in Zaheerabad, that combines volunteered geographic information system with Cloud Mobile Data Collection. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(9), 6607-6612.
- Lollo, J. A. (1995). O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadricula de Campinas. Tese (Doutorado em Geotecnia). São Carlos, Universidade de São Paulo. 268 p.
- Lima, A. S.; Pimentel, M. A. S.; Vale, J. R. B. (2020). Morphometric Analysis of the watershed Marapanim River, Pará: study applied to environmental planning and landscape integrated analysis. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14 (04), 2071-2086.
- Mota, A. D. A., & Kobiyama, M. (2015). Reconsiderações sobre a Fórmula de Kirpich para o cálculo de tempo de concentração. *RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, RS. Vol. 20, n. 1 (jan./mar. 2015), p. 55-59.
- Melo, D. O. S., de Santana Santos, L., Barbosa, A. G., & Mendes, L. A. (2020). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real pelo uso de dados SRTM e tecnologias SIG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(07), 3553-3570.
- Miller, V.C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics on the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee, Proj. NR 389-402, Tech Rep 3, Columbia University, Department of Geology, ONR, New York.
- Nag, S., Roy, M. B., & Roy, P. K. (2020). Optimum prioritisation of sub-watersheds based on erosion-susceptible zones through modeling and GIS techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6(3), 1529-1544.
- Nicolodi, J. L., Zamboni, A., & Barroso, G. F. (2009). Gestão integrada de bacias hidrográficas e zonas costeiras no Brasil: implicações para a Região Hidrográfica Amazônica. *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 9(2), 9-32.
- Oliveira, P. T., Alves Sobrinho, T., Steffen, J. L., & Rodrigues, D. B. (2010). Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 819-825.
- Pachêco, N. A.; Bastos, T. X. (2001). Caracterização climática do Município de Tomé Açu. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 18 p.

- Parente, Y. Y., Mendes, A. C., de Miranda, A. G., & Junior, O. C. D. (2020). Morphometric characterization of the hydrographic basin of the Curuçá River (Pará) and demarcation of river source as subsidy to management. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* v, 10(3), 138-152.
- Pereira, L. C., Lombardi Neto, F. (2004). Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 36p.
- Prabhakar, A. K., Singh, K. K., Lohani, A. K., & Chandniha, S. K. (2019). Study of Champua watershed for management of resources by using morphometric analysis and satellite imagery. *Applied Water Science*, 9(5), 1-16.
- Rahmati, O., Samadi, M., Shahabi, H., Azareh, A., Rafiei-Sardooi, E., Alilou, H., ... & Shirzadi, A. (2019). SWPT: An automated GIS-based tool for prioritization of sub-watersheds based on morphometric and topo-hydrological factors. *Geoscience Frontiers*, 10(6), 2167-2175.
- Reades, Jon. (2016). Aspect-Slope Maps in QGIS. King's Geocomputation, King's College London, UK. Disponível em: <https://kingsgeocomputation.org/2016/03/16/aspect-slope-maps-in-qgis/>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- Sabino, H., Vasques, G. M., Hermani, L. C., & Dart, R. O. (2020). Morfometria de bacias hidrográficas de primeira ordem em áreas agrícolas sob sistema plantio direto: delimitação e propensão à erosão e inundação. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 21(3).
- Salvacion, A. R. (2016). Terrain characterization of small island using publicly available data and open-source software: a case study of Marinduque, Philippines. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(1), 31.
- Santos, F. M., Oliveira, R. P., & Mauad, F. F. (2020). Evaluating a parsimonious watershed model versus SWAT to estimate streamflow, soil loss and river contamination in two case studies in Tietê river basin, São Paulo, Brazil. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 29, 100685.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological society of America bulletin*, 67(5), 597-646.
- Schumm, S. A. (1963). Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains. *Geological Society of America Bulletin*, 74(9), 1089-1100.
- 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.
- Silva, D. C. C., Albuquerque Filho, J. L., Sales, J. C. A., & Lourenço, R. W. (2016). Uso de indicadores morfométricos como ferramentas para avaliação de bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(2), 221-217.
- Silva, D. C. C., Simonetti, V. C., Oliveira, R. A., Sales, J. C. A., & Lourenço, R. W. (2021). Spatial autocorrelation proposal of the relationship between the socioeconomic conditions in Metropolitan Region of Sorocaba, SP, Brazil. *Ciência e Natura*, 43, 42.
- 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).
- Silveira, A. L. L. (2001). Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: C. E. M., Tucci. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação* (pp. 35-51). São Paulo: EDUSP.
- Silveira, A. L. L. (2005). Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 10(1), 5-23.
- Simonetti, V. C., Silva, D. C. C., & Rosa, A. H. (2022). Correlação espacial compartimentada dos padrões de drenagem com características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 23(1).
- Singh, A. P., Arya, A. K., & Singh, D. S. (2020). Morphometric analysis of Ghaghara River Basin, India, using SRTM data and GIS. *Journal of the Geological Society of India*, 95(2), 169-178.
- Sousa, F. A., & Rodrigues, S. C. (2012). Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. *Mercator-Revista de Geografia da UFC*, 11(25), 141-151.
- Souza, C. F., Pertille, C. T., Corrêa, B. J. S., & Vieira, F. S. (2017). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí-Paraná. *Geoambiente On-Line*, (29).
- Souza E. G. F.; Nascimento, A. H. C.; Cruz, E. A.; Pereira, D. F.; Silva R. S.; Silva, T. P.; 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(03), 1530-1540.

- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological society of America bulletin, 63(11), 1117-1142.
- 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.
- Tamasauskas, P. F. L. F., de Souza, L. F. P., de Lima, A. M. M., da Silva Pimentel, M. A., & da Rocha, E. J. P. (2016). Métodos de avaliação da influência das áreas ripárias na sustentabilidade hidrológica em bacias hidrográficas no nordeste do estado do Pará. Caderno de Geografia, 26(45), 172-186.
- Tamasauskas, C. E. P., & Tamasauskas, P. F. L. F. (2016). Mudanças de uso e cobertura da terra e escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Caripi-pa: uma análise a partir das geotecnologias/Changes in land use and cover and runoff in the Caripi-pa river basin: an analysis based on geotechnologies. Revista GeoAmazônia, 4(08), 153-173.
- Tonello, K. C., Dias, H. C. T., Souza, A. L. D., Ribeiro, C. A. A. S., & Leite, F. P. (2006). Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG. Revista Árvore, 30, 849-857.
- Tucci, C. E. M. (2009). Hidrologia: Ciência e Aplicação (4.ed). Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. 943p.
- Vale, J. R. B., & Bordalo, C. A. L. (2020). Caracterização morfométrica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Apeú, Amazônia Oriental. Formação (Online), 27(51).
- Vale, J. R. B., Costa, L. S., & da Silva Pimentel, M. A. (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.
- Van der Kwast, H., Menke, K. (2019). QGIS for Hydrological Applications. Chugiak, AK, USA: Locate Press LLC, 168 p.
- Villela, S. M.; Mattos, A. (1975). Hidrologia Aplicada. São Paulo: Editora Mc Graw Hill, 245p.
- 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.
- Zanella, M. E., Olímpio, J. L., Costa, M. C. L., & Dantas, E. W. C. (2013). Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. Sociedade & Natureza, 25, 317-332.