

## **Caracterização fisiográfica e do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica Treze de Maio no Oeste da Amazônia**

**Physiographic and land use and land cover characterization of the Treze de Maio watershed in Western Amazonia**

**Caracterización fisiográfica y de uso y cobertura del suelo de la cuenca de Treze de Maio en la Amazonía Occidental**

Recebido: 13/12/2022 | Revisado: 28/12/2022 | Aceitado: 29/12/2022 | Publicado: 01/01/2023

### **Moisés Damasceno Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7019-6497>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [moisesdamasceno789@gmail.com](mailto:moisesdamasceno789@gmail.com)

### **Jefferson Vieira José**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1384-0888>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [jefferson.jose@ufac.br](mailto:jefferson.jose@ufac.br)

### **Livia Braz Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0915-8501>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [lbraz6368@gmail.com](mailto:lbraz6368@gmail.com)

### **Lucas Santiago Lima**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3376-3664>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [lucas8\\_santiago@hotmail.com](mailto:lucas8_santiago@hotmail.com)

### **Kelly Nascimento Leite**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1919-9745>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [kellyleite14@hotmail.com](mailto:kellyleite14@hotmail.com)

### **José Genivaldo do Vale Moreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2994-8482>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [jose.moreira@ufac.br](mailto:jose.moreira@ufac.br)

### **Resumo**

O estudo de bacias hidrográficas é essencial para entender os processos hidrológicos que ocorrem nesses ambientes, assim como servem de base para uma melhor gestão dos recursos hídricos. Este estudo objetivou realizar a caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Treze de maio (BHTM) utilizando os softwares de geoprocessamento QGIS 3.18.1 e SAGA, em conjunto com a plataforma Google Earth Engine (GEE), através do Modelo digital do Terreno, de modo a promover informações visando auxiliar na gestão dos recursos hídricos e na gestão das atividades agrícolas da região. Neste estudo foram analisadas variáveis fisiográficas, sendo 13 secundárias e 10 geradas com apoio do Sistema de Informação Geográfica e planilha eletrônica. A BHTM apresentou uma área total de 110,6 km<sup>2</sup>, perímetro de 105 km e um comprimento de eixo principal de 26,1 km, deste modo se apresentando com uma rede de drenagem mediana, com canais longos e sem muitas ramificações. Ademais, apresentou uma hierarquia fluvial de 4<sup>o</sup> ordem junto com altitudes variando de 185,4 m a 285 m. Concluiu-se que a BHTM não apresenta características de suscetibilidade a enchentes. Quanto ao uso e ocupação do solo ocorreu uma redução constante da formação florestal nos anos estudados e como contra ponto uma crescente significativa das áreas ocupadas por pastagem.

**Palavras-chave:** Modelo digital de elevação; Enchentes; Recursos hídricos.

### **Abstract**

The study of watersheds is essential to understand the hydrological processes that occur in these environments, as well as serve as a basis for a better management of water resources. This study aimed to carry out the physiographic characterization of the Treze de Maio river basin (BHTM) using the geoprocessing software QGIS 3.18.1 and SAGA, together with the Google Earth Engine (GEE) platform, through the Digital Terrain Model, from in order to promote information aimed at assisting in the management of water resources and in the management of agricultural activities in the region. In this study, physiographic variables were analyzed, 13 of which were secondary and 10 generated with

the support of Geographic Information System and electronic spreadsheet. BHTM had a total area of 110.6 km<sup>2</sup>, a perimeter of 105 km and a main axis length of 26.1 km, thus presenting a medium drainage network, with long channels and without many branches. Furthermore, it presented a 4th order fluvial hierarchy along with altitudes ranging from 185.4 m to 285 m. It was concluded that BHTM does not present characteristics of susceptibility to floods. As for the use and occupation of the soil, there was a constant reduction of forest formation in the years studied and, as a counterpoint, a significant increase in the areas occupied by pasture.

**Keywords:** Digital elevation model; Floods; Water resources.

### Resumen

El estudio de las cuencas hidrográficas es fundamental para comprender los procesos hidrológicos que se dan en estos ambientes, así como servir de base para una mejor gestión de los recursos hídricos. Este estudio tuvo como objetivo realizar la caracterización fisiográfica de la cuenca del río Treze de Maio (BHTM) utilizando el software de geoprocetamiento QGIS 3.18.1 y SAGA, junto con la plataforma Google Earth Engine (GEE), a través del Digital Terrain Model, con el fin de promover información destinada a auxiliar en la gestión de los recursos hídricos y en la gestión de las actividades agropecuarias de la región. En este estudio se analizaron variables fisiográficas, 13 de las cuales fueron secundarias y 10 generadas con apoyo de Sistema de Información Geográfica y planilla electrónica. BHTM tenía un área total de 110,6 km<sup>2</sup>, un perímetro de 105 km y una longitud del eje principal de 26,1 km, presentando así una red de drenaje mediana, con canales largos y sin muchos ramales. Además, presentó una jerarquía fluvial de 4° orden junto con altitudes que van desde los 185,4 m hasta los 285 m. Se concluyó que BHTM no presenta características de susceptibilidad a inundaciones. En cuanto al uso y ocupación del suelo, hubo una reducción constante de la formación forestal en los años estudiados y, como contrapunto, un aumento significativo de las áreas ocupadas por pastos.

**Palabras clave:** Modelo de elevación digital; Inundaciones; Recursos hídricos.

## 1. Introdução

Com o avanço tecnológico várias ferramentas chegaram e solucionaram diversos problemas enfrentados no mundo, dito isso, mesmo com todo o material tecnológico a preocupação sobre os cuidados com os recursos hídricos e em especial da água tem sido um assunto cada vez mais abordado em todas as regiões.

Ao analisar impactos decorrentes da ocupação humana é importante conhecer a presença e distribuição espacial dos componentes do ciclo hidrológico, visando obter resultados que traduzam a interferência da modificação da paisagem no seu funcionamento natural (Brito et al., 2019). O ciclo hidrológico pode ser caracterizado como um fenômeno global de circulação fechada de água mediante a superfície da terra e atmosfera, que são impulsionados principalmente pela energia solar junto com a gravidade e a rotação terrestre (Balbinot et al., 2008).

A expressão bacia hidrográfica faz referência a uma área que tem a capacidade de realizar captação natural de água por meio da precipitação, cujo volume pluviométrico se converge e escoar para um único ponto de saída, denominado de exutório (Da paz, 2004).

Ao estudar as bacias hidrográficas como células básicas de análise ambiental e os elementos que compõem o sistema hidrológico e seus processos, pode-se obter conclusões sobre a qualidade ambiental do espaço em questão e os efeitos da ação humana (Botelho & Silva, 2010). Pesquisas sobre o ciclo da água em escalas global e regional envolvem os elementos de hidrologia e meteorologia, incluindo precipitação, evapotranspiração, escoamento, umidade do solo e armazenamento total de água em várias resoluções espaço-temporais. Esses elementos têm efeitos profundos na sociedade humana e nos ecossistemas naturais em muitos aspectos. Tais informações podem ser extraídas, simuladas e recuperadas usando técnicas de sensoriamento remoto (Hegerl et al., 2015; Tang et al., 2016; Cui et al., 2018).

Quando se visa a conservação dos recursos naturais, é de grande valia o desenvolvimento de estudos direcionados a caracterização e análise de uma área diretamente impactada, permitindo assim um planejamento relacionado a gestão e políticas de uso desses recursos naturais possibilitando um desenvolvimento socioeconômico sustentável (Kohlhepp, 2002).

De acordo com o estudo de Teodoro et al. (2007), a caracterização de bacia hidrográfica é um dos processos mais executados em análises hidrológicas ou ambientais, tendo como objetivo mensurar várias questões voltadas principalmente a dinâmica ambiental local e regional. O uso de correlações de parâmetros morfométricos para a determinação de suscetibilidade

a inundações e enchentes em bacias hidrográficas é comum, mas essas relações são feitas de forma isolada devido a dificuldade em se estabelecer intervalos genéricos de referência em graus de suscetibilidade (Souza, 2005).

Com isso, visando delimitar a bacia hidrográfica Treze de maio, busca-se solucionar a falta de embasamento teórico sobre esse assunto, bem como também na região rural de Rodrigues Alves - AC, de modo a solucionar um problema bem frequente na região, que é a falta de informação tanto em quesitos ambientais como agrônômicos, buscando subsidiar a tomada de decisões quanto a atividades agrícolas e na exploração desses recursos.

O trabalho objetivou a caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica Treze de Maio, localizado no município de Rodrigues Alves, com vistas a gestão dos recursos hídricos e ao planejamento de atividades agrícolas na região, com a utilização das ferramentas de geoprocessamento.

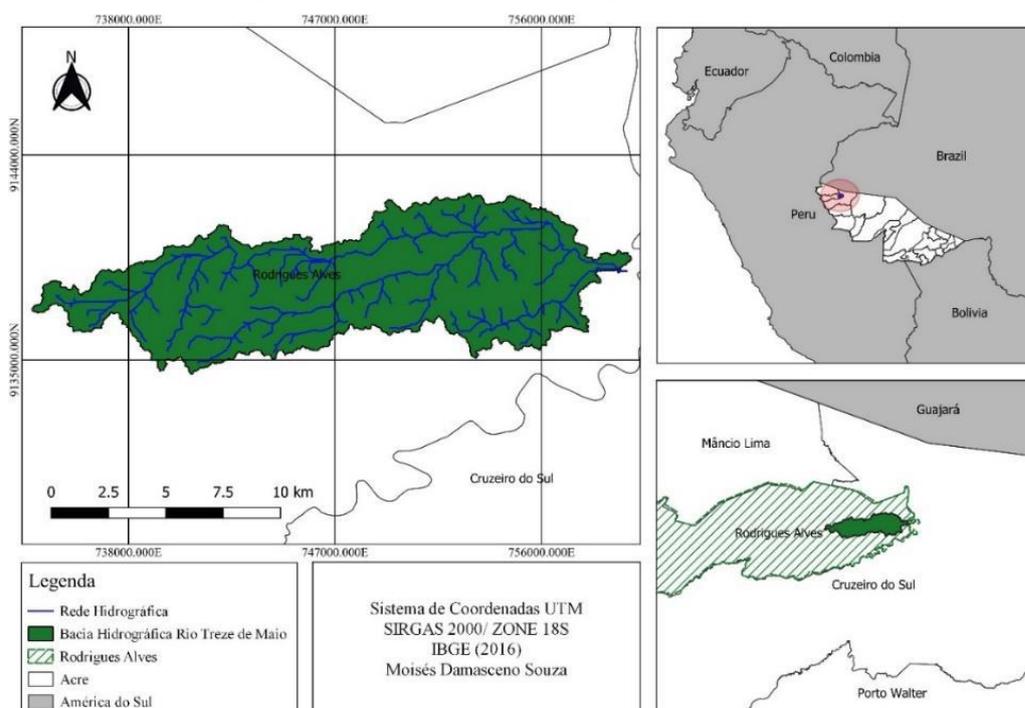
## 2. Metodologia

### Localização

A bacia hidrográfica do Treze de Maio (BHTM) está localizada no município de Rodrigues Alves no Estado do Acre, e faz parte da bacia hidrográfica do Alto Juruá. A Figura 1 mostra a disposição da BHTM em relação ao município de Cruzeiro do Sul, Acre.

O clima predominante da BHTM segundo a classificação de Thornthwaite é B 1 rA'a', caracterizado por clima úmido com pequena deficiência hídrica nos meses de junho a outubro e pluviométrica média anual de 2300 mm (Araújo et al., 2020). A região se caracteriza com uma vegetação natural e tem sua classificação como floresta Amazônica, a qual se constituída por palmeiras, cipós, árvores de grande porte e folhas largas (Gligio & Kobiyama, 2013).

**Figura 1** - Localização bacia hidrográfica do Treze de maio - Acre.



Fonte: Autores.

### Dados

A delimitação e caracterização morfométrica da BHTM foi realizada através do sistema de informação geográfica (SIG)

e metodologias de geoprocessamento a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido no Shuttle Radar Terrain Mission (SRTM) com resolução de 30 m, utilizando os softwares de geoprocessamento QGIS 3.18.1 e SAGA. O MDE pertence a base de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) na plataforma Earth Explorer. A projeção foi definida em UTM Datum SIRGAS 2000 - Zona 18S.

O uso e cobertura do solo da BHTM foi realizado a partir da plataforma Google Earth Engine (GEE), utilizando-se a imagem do satélite Landsat 5, 7 e 8 para geração de mapas por meio da coleção 6 (Mapbiomas 6). Por meio da ferramenta Code Editor do GEE, pode-se programar e executar a rotina elaborada do MapBiomas 6, onde foi recortado a área de interesse da BHTM, por meio de um arquivo vetorial (Shapefile -.shp) e feito o processamento dos oito mapas (1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020) no formato raster (GeoTIFF -.Tiff).

Com uso do software QGIS 3.18.0 - Zürich foi possível formatar mapas de uso e ocupação do solo e demonstrar as variações nos valores de área, (ha), para cada classe de uso presente na bacia. As classes foram Formação Florestal, Campestre, Pastagem e Água.

## **Desenvolvimento**

O desenvolvimento dos dados foi iniciado com o pré-processamento do MDE, essa etapa é dividida em três tópicos, sendo: correção de valores negativos ("Raster calculator"), preenchimento de pixels sem dados ("preencher sem dados") e remoção de depressões espúrias ("Fill sinks") (Santos, 2020a). O processo final para a realização da delimitação da bacia hidrográfica foi dividido em cinco etapas: direção de fluxo de escoamento da água ("Flow Direction - channel network and drainage basins"), acumulação de fluxo de escoamento da água ("Flow Connectivity - channel network and drainage basins"), hierarquia fluvial proposta ("Strahler Order") (Santos, 2020b), geração da grade de bacias para a área de estudo ("Drainage Basins - channel network and drainage basins") e para obtenção dos limites da bacia foi utilizado a ferramenta ("Upslope area") (Santos, 2020c).

### **Caracterização Fisiográfica**

Foram analisadas variáveis fisiográficas, as quais foram obtidas através do sistema de informações geográficas (SIG) e a partir de planilha eletrônica, através de cálculos realizados a partir de equações propostas. As variáveis analisadas para a caracterização da bacia hidrográfica e que estão dentro do grupo das secundárias, geradas com apoio do SIG, foram, Geométricas: Área (A), Perímetro (P), Número de canais de primeira ordem (N), e Comprimento axial (La); Relevo: Altitude da bacia e Declividade da bacia; Rede de Drenagem: Comprimento do Canal Principal (L), Comprimento total dos canais (Lt) e Ordem dos cursos hídricos (Strahler, 1952; Sousa et al., 2014).

As variáveis geométricas foram obtidas através das seguintes equações: Fator de forma de I-Pai-Wu (F), Coeficiente de compactidade (kc), Fator de forma (Kf) e Índice de circularidade (Ic). As variáveis foram consultadas de acordo com Sousa et al. (2014); Cardoso et al. (2006); Mosca (2003); Borsato e Martoni (2004).

As variáveis de relevo foram obtidas por meio das equações de Amplitude altimétrica (Hm), Índice de sinuosidade (Is) e Razão de bifurcação (Rr) consultados segundo Rossi e Pfeifer (1999) e Cecílio e Reis (2006). Já a variável de rede de drenagem foi obtida através da equação de Densidade de drenagem (Dd), conforme Cecílio e Reis (2006) e Romero et al. (2017). As propriedades de drenagem foram analisadas de acordo com o modelo implementado por Soares e Fiote (1976).

A vazão de pico no exutório da bacia hidrográfica, Equação 1 foi estimada em função do uso e ocupação do solo, classe e declividade do solo (Sousa et al., 2014) correspondentes aos anos de 1985 e 2020, considerando a chuva intensa de duração igual ao tempo de concentração da bacia com períodos de retorno de 2, 5, 10 e 25 anos.

$$Qp = \frac{C \times i \times A}{360} \quad (1)$$

Em que:

$Qp$  – Vazão de pico de no exutório,  $m^3 s^{-1}$ ;

$C$  – Coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

$i$  - Intensidade média da chuva de duração igual ao tempo de concentração,  $mm h^{-1}$ ;

$A$  – área de contribuição, ha.

Para realizar a estimativa da chuva intensa da bacia Equação 2, foi utilizado a Equação de IDF (intensidade, duração e frequência), desenvolvida por Albrigo et al. (2021) para a cidade de Cruzeiro do Sul – Acre.

$$i = \frac{615,9604 \times T^{0,3268}}{(t+9,9131)^{0,7685}} \quad (2)$$

Em que:

$i$  – intensidade média da chuva intensa,  $mm h^{-1}$ ;

$T$  – Período de retorno, ano;

$t$  – Duração da chuva, min.

O tempo de concentração da bacia ( $t_c$ ) foi calculado através da fórmula racional desenvolvida por um engenheiro irlandês denominado Mulvaney Equação 3, esse método considera a vazão de pico de escoamento superficial ocorreria para uma chuva com duração igual ao tempo de concentração (Sousa et al., 2014).

$$t_c = 57 \times \left(\frac{L^2}{I}\right)^{0,385} \quad (3)$$

Em que:

$t_c$  – Tempo de concentração;

$L$  – Comprimento do eixo axial, km;

$I$  – Diferença das cotas da foz e nascente do rio principal, m.

### 3. Resultados e Discussão

A BHTM tem área total de 110,6  $km^2$ , perímetro de 105 km e um comprimento eixo principal de 26,1 km. A altitude máxima e mínima da bacia foi 285 m e 185 m respectivamente, com uma amplitude altimétrica de 99,6 m (Tabela 1, Figura 2). A amplitude altimétrica é considera baixa, e, desta forma, a BHTM possui pouca declividade entre a foz da bacia e sua nascente, onde esse fator influencia diretamente para um escoamento lento dentro da bacia.

A BHTM de acordo com os resultados obtidos não apresenta susceptibilidade a enchentes, onde valores de Fator de forma ( $K_f$ ) de 0,16, e Coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) de 2,8 (Tabela 1), estão correlacionados com a forma da bacia, os quais mostram que a mesma não possui características que possibilitem a ocorrência de enchentes em condições consideradas normais de precipitação (Rocha et al., 2014).

**Tabela 1** - Características geométricas e relevo da bacia hidrográfica Treze de Maio - Acre.

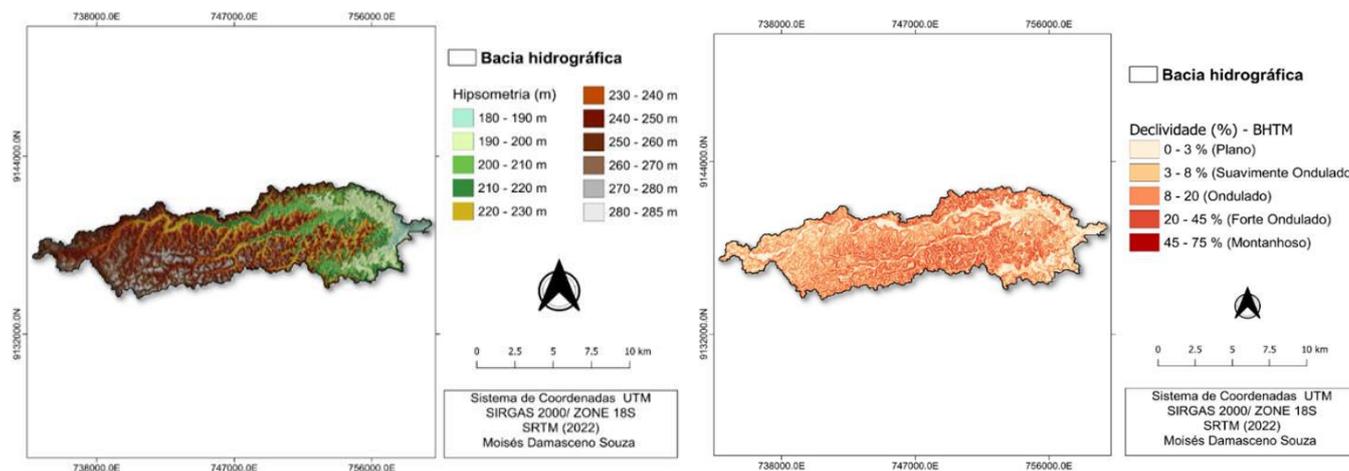
Área de drenagem	Unidade	Valor	Relevo da bacia	Unidade	Valor
Área (A)	km <sup>2</sup>	110,6	Declividade Máxima	%	56,10
Perímetro (P)	km	105,0	Declividade Média	%	10,30
Forma da bacia	Unidade	Valor	Altitude Máxima	m	285,0
Fator de Forma (Kf)	-	0,16	Altitude Média	m	234,50
Índice de Circularidade (Ic)	-	0,12	Altitude Mínima	m	185,40
Fator de forma de I-Pai-Wu (F)	-	2,19	Amplitude Altimétrica (Hm)	m	99,6
Coeficiente de compacidade (Kc)	-	2,80	Gradiente dos canais (Gc)	%	9,53

Fonte: Autores.

A não susceptibilidade da BHTM a enchentes são asseguradas também pelos índices de circularidade e Fator de forma de I-Pai-Wu (F) com valores de 0,12 e 2,19 respectivamente (Tabela 1). São índices referentes ao formato da bacia, mensurando assim o quanto circular ou alongada ela se apresenta, deste modo, quanto mais alongada for a bacia maior a sua capacidade de escoamento e como contraponto vai possuir uma menor retenção de água, deixando assim a BHTM com todos os aspectos possíveis para não ocorrência de enchentes (Sousa et al., 2014).

A BHTM apesar de apresentar vários pontos com elevações distintas, é possível analisar que a mesma possui a maior parte de sua área (19,2 km<sup>2</sup>) na classe hipsométrica dos 240 – 250 metros, que equivale a 17,4% da bacia. Ainda em relação as classes hipsométricas, foi caracterizado que 77% da bacia está entre 210 – 220 a 260 – 270 metros, Figura 2.

**Figura 2** - Hipsometria e declividade da bacia hidrográfica Treze de Maio – Acre.



Fonte: Autores.

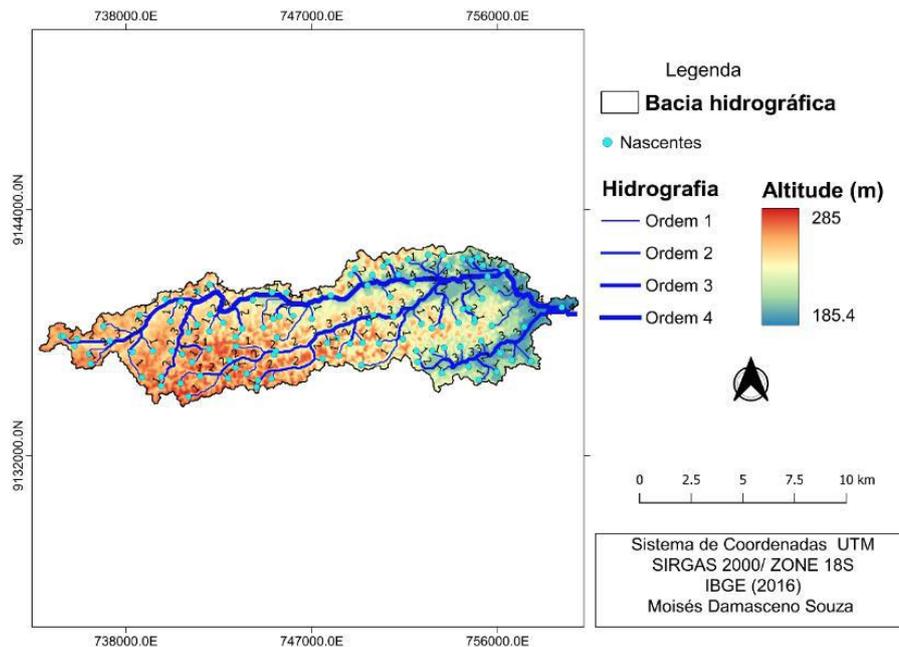
A declividade da bacia possui influência direta nos subprocessos da bacia como escoamento e infiltração, onde quanto maior for a declividade de um terreno, maior a velocidade de escoamento, menor tempo de concentração (Tc) e maior as perspectivas de picos de enchentes (Carvalho & Silva, 2006; Teodoro et al., 2007). A distribuição da declividade é apresentada na Figura 2, a sua classificação é de acordo com a determinação da Embrapa (1999) com caracterização desde o plano até montanhoso.

A BHTM apresentou uma declividade média de 10,3% (Figura 3), a mesma se encontra na classificação Ondulada. A declividade pode influenciar diretamente na entrada e saída de água da bacia, sendo assim possui relação direta com a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, e sua variação vai quantificar a intensidade ou não do escoamento superficial

assim como a possibilidade de infiltração de água no solo (Vale et al., 2020)

O gradiente de canais (Gc) é um indiciador quanto a possibilidade de transporte de sedimentos de um rio. O gradiente de canais da BHTM foi de 9,53%, em que esse índice implica na possibilidade ou não da erosão fluvial, que é um processo causado ao longo das margens e em seu leito, de modo que no resultado apresentado pela BHTM, não há ocorrência desse processo. A ordem dos canais da BHTM é mostrada na Figura 3, possuindo como referência a classificação proposta hierárquica de Strahler (1952).

**Figura 3** - Ordem dos cursos d'água, nascentes e altitude da bacia hidrográfica Treze de Maio - Acre.



Fonte: Autores.

A BHTM se apresenta com ordenamento de 4º ordem, resultado que justifica a forma fisiográfica da bacia, possuindo canais mais alongados e poucas ramificações entre eles e apresentando um número total de primeira ordem de 111 canais. A bacia, por apresentar tais características, tende a demonstrar uma área com drenagem intermediária, isso tendo como parâmetro o perímetro da mesma e a extensão de seus canais (Magesh et al., 2013).

As características de drenagem da BHTM estão dispostas na Tabela 2. O padrão de drenagem na BHTM é caracterizado como paralelo, de acordo com Lima (1976), essa caracterização é definida a partir de como os canais estão dispostos na bacia. O padrão de drenagem paralela, também definido como rabo de cavalo, possuindo assim os afluentes e o canal principal ordenados na mesma direção (Sousa et al., 2014).

**Tabela 2** - Características de drenagem da bacia hidrográfica Treze de Maio - Acre.

Sistema de Drenagem		
Ordem Sthaler	-	4,00
Densidade de Drenagem (Dd)	km/km <sup>2</sup>	1,41
Padrão de Drenagem	-	Paralela
Índice de Sinuosidade	-	1,23
Comprimento total dos canais (Lt)	km	156,40
Comprimento do eixo principal	km	26,10
Comprimento do canal principal (L)	km	30,72
Número de canais de primeira ordem (N)	-	111
Razão de bifurcação (Rb)	-	5,85

Fonte: Autores.

A densidade de drenagem apresentada pela BHTM foi de 1,41 km/km<sup>2</sup>, valor esse que, de acordo com Villela e Matos (1975) é considerado mediano, de modo que se leva como parâmetro para capacidade de drenagem os valores de 0,5 km/km<sup>2</sup> e 3,5 km/km<sup>2</sup> que são definidos com drenagem pobre e rica respectivamente, sendo valores mais próximos de 0,5 km/km<sup>2</sup> com uma rede de drenagem pobre e 3,5 km/km<sup>2</sup> rica.

A densidade de drenagem é influenciada por diferentes fatores, sendo clima e o tipo de solo presente na bacia os mais importantes. De acordo com o clima, a densidade de drenagem é maior em regiões de clima úmido do que em regiões de clima árido, já o tipo de solo quanto mais profundo e maior sua capacidade de infiltração menor é a densidade de drenagem (Sousa et al., 2014).

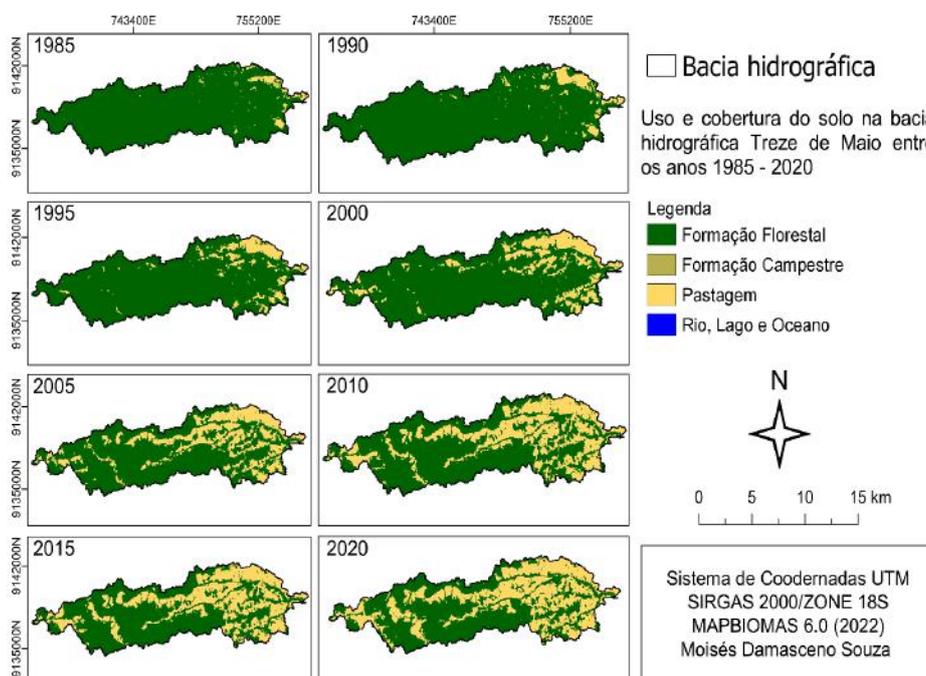
O índice de sinuosidade representa valores voltados a velocidade do escoamento encontrado no canal principal, de modo a identificar como se apresenta os canais. O índice de sinuosidade para a BHTM foi de 1,23, sendo esse valor de acordo com os critérios de Freitas (1952) considerando que os canais da BHTM possuem um perfil retilíneo, de modo que, segundo o autor, valores próximos de 1 são classificados como retilíneo e índices superiores a 2 como canais sinuosos. Com esse valor é possível mensurar sobre a intensidade de escoamento, de modo que canais com perfil retilíneo intensificam a velocidade de escoamento da bacia, não gerando problemas quanto a altos índices pluviométricos que gerariam enchentes.

De acordo com as propriedades de drenagem definidos por Soares e Fiori (1976), classifica-se a rede de drenagem da BHTM com um médio grau de integração, alto grau de continuidade, baixa a média densidade, apresentando tropia unidirecional, um fraco grau de controle, apresentando canais retilíneos e poucos curvos, com uma angularidade baixa, ângulo de junção com características agudas e com assimetria fraca.

A bacia apresentou uma razão de bifurcação de 5,85, de acordo com Cherem (2008) está voltado ao comportamento sobre a permeabilidade dos solos, de modo que valores baixos apresentam solos com maior permeabilidade na bacia e índices maiores solos menos permeáveis.

O uso e ocupação do solo ao longo dos anos, ajuda a compreender o potencial do Vale do Juruá com as atividades agropecuárias. Além disso é importante ressaltar também a importância da conservação da formação florestal na bacia, mostrando com isso a importância da associação dos sistemas produtivos com a conservação dos espaços utilizados. A Figura 4 mostra a evolução temporal do uso e cobertura do solo na BHTM, entre os anos de 1985 – 2020.

**Figura 4** - Uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica Treze de Maio - Acre.

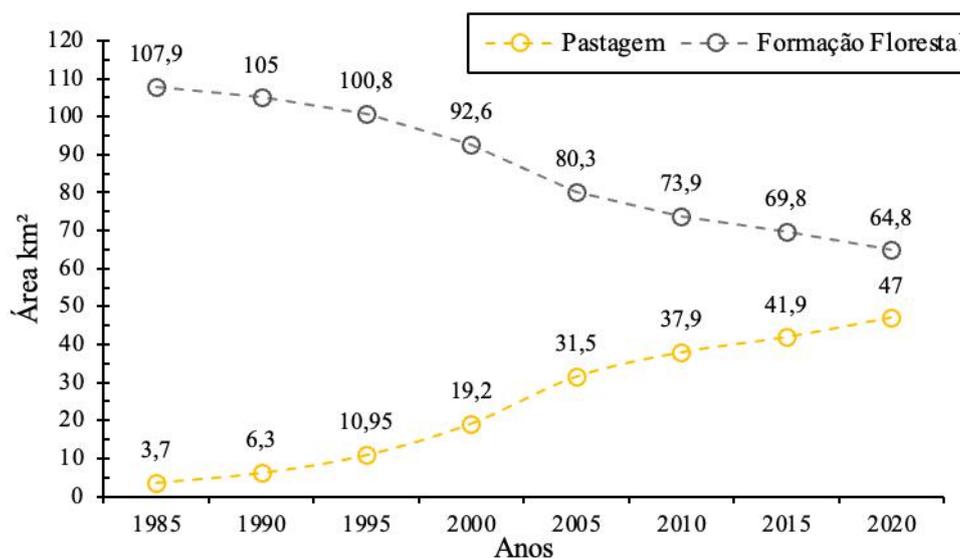


Fonte: Autores.

A Figura 4 mostra a redução da formação florestal da bacia ao longo dos anos. Nota-se que no ano de 1985 havia 96,3% de ocupação na bacia, valor significativo, principalmente em quesitos de conservação levando em conta principalmente as áreas das nascentes. Já quanto ao valor apresentado no último ano de estudo, observa-se uma redução significativa, de modo a apresentar apenas 57,9 % de ocupação da área total da bacia sendo esse valor equivalente à 64,8 km<sup>2</sup> ocupada pela formação florestal no entorno da BHTM.

É visível a mudança no uso e ocupação do solo na bacia, devido ao desenvolvimento agrícola, principalmente a atividades de pastagem. Essa atividade é evidente e incisiva ganhando espaço, a partir da foz da bacia até seu interior, partindo de uma ocupação de 3,7 km<sup>2</sup> para 19,2 km<sup>2</sup>, com percepção evidente nos primeiros 15 anos. Comparando os anos de 1985 e 2020, partiu-se de uma ocupação de 3,7 para 47 km<sup>2</sup>, ocupando assim 41,9 % da área total da bacia. A Figura 5 mostra o comportamento do uso do solo ao longo do tempo na BHTM, sendo possível constatar o aumento de áreas de pastagem conforme as áreas ocupadas com formação florestal diminuem.

**Figura 5** - Relação entre área ocupada por floresta e pastagem ao longo dos anos na bacia hidrográfica Treze de Maio - Acre.



Fonte: Autores.

O aumento da pastagem e redução da formação florestal alteram alguns processos presentes na bacia, esses em especial o escoamento e infiltração, ainda em função da Figura 5 tem-se uma amostra de como ocorreu essa transformação de ocupação dentro da bacia, de modo que a partir do ano de 2005 as duas classes pastagem e formação florestal tiveram um avanço retardado e constante sem mudanças de grande volume. Com a mudança de altitude e índices declividade na bacia pode ser indicados como um dos motivos que levou ao retardamento da redução da formação florestal e aumento das pastagens, tendo em vista o difícil e inviabilidade da utilização de espaços com altitudes expressivas.

Rios e lagos apesar de se expressarem com dados significativos no ano de 2005, se mantiveram constantes e sem alteração de ocupação importantes, de modo que no último ano estudado apresentou uma ocupação na BHTM de 0,01 km². Isso mostra ainda mais a predominância e avanço das pastagens da região, modificando ambientes e pontos onde a preservação é essencial em virtude das margens e nascentes dos canais.

A Tabela 3 retrata como estão os índices de escoamento superficial e da vazão para os anos de 1985 e 2020, ainda tendo como parâmetro o tempo de concentração e tempo de retorno junto a intensidade de chuva na bacia. Com a mudança do uso e ocupação do solo da formação florestal para pastagem ocasionaram no aumento no coeficiente de escoamento superficial da bacia, com valores de 0,50 e 0,53 para os anos de 1985 e 2020 respectivamente, essa mudança atua diretamente no aumento da vazão de pico.

**Tabela 3** - Valores de Tc, T, i, C e Q obtidos na bacia hidrográfica Treze de Maio - Acre.

Tc	T	i	C		Q	
			adimensional		(m³ s⁻¹)	
horas	anos	(mm h⁻¹)	1985	2020	1985	2020
2,59	2	15,25	0,50	0,53	2,34	2,48
	5	20,57			3,16	3,35
	10	25,79			3,96	4,20
	25	34,78			5,34	5,66

Tc – Tempo de concentração; T – Tempo de retorno; i – Intensidade da chuva; C - Coeficiente de escoamento superficial; Q - Vazão de pico de escoamento superficial. Fonte: Autores.

A mudança do uso e ocupação do solo é o principal causador do aumento do escoamento superficial e da vazão na bacia, tendo como parâmetro que a redução da formação florestal ocasionou em uma menor taxa de infiltração e aumento do índices de escoamentos em eventos pluviométricos, ao longo do tempo esses valores podem ser prejudiciais ao ambiente que a bacia está inserida, sendo que quando maior escoamento e vazão mais água vai chegar a calha dos rios, e assim aumentando ainda mais a probabilidade de ocorrência de enchentes repentinas, a Tabela 3 mostra a evolução dos dados utilizando um tempo de retorno de 25 anos, e obteve um aumento de vazão de 2,34 a 5,34 e 2,48 a 5,66 para os anos de 1985 e 2020 respectivamente.

#### 4. Conclusão

A bacia hidrográfica Treze de maio tem área total de 110,6 km<sup>2</sup> e altitude de 185,4 a 285 m.

A bacia hidrográfica Treze de maio não possui aspectos para propensão de enchentes, a partir de índices do fato de forma da bacia (0,16), coeficiente de compacidade (2,80), fator de forma de I-Pai-Wu (2,19) e o Índice de Sinuosidade (1,23).

O canal principal apresentou um índice de sinuosidade de 1,23, e deste modo não apresentando um canal sinuoso e sim um perfil retilíneo, com esse resultado é possível denominar que o canal principal intensifica a velocidade de escoamento da bacia, e assim concluindo que em eventos fora do padrão a bacia possui todas as características para escoar todo o volume pluviométrico que entrar na bacia.

O uso e ocupação do solo entre os anos de 1985 e 2020, apresentou uma mudança significativa quanto a ocupação pelas classes, assim como os valores ocupados nesse período, tendo como destaque a formação florestal que no início do estudo ocupava 96,3% da bacia reduziu a sua ocupação para 57,9% com uma área total de 64,8 km<sup>2</sup>.

A classe pastagem se apresentou com um grande índice de ocupação nos anos analisados, saindo de uma ocupação de 3,7 km<sup>2</sup> sendo 3,36% da baía para valores de 47 km<sup>2</sup>, ocupando 41,9 % da bacia, isso mostra toda evolução dos ambientes rurais do município de Rodrigues Alves com todo foco em atividades agropecuárias.

Com a obtenção de todos os resultados, a utilização do sistema de informação geográfica e todas as ferramentas de geoprocessamento se mostrou essencial para a caracterização fisiográfica da bacia, o que mostra a importância das geotecnologias no gerenciamento dos recursos hídricos. A caracterização fisiográfica se mostrou eficiente na obtenção dos dados, os quais são indispensáveis para que se possa realizar a gestão dos recursos naturais, bem como a tomada de decisão, de forma correta e sustentável.

#### Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. DE M., & Sparovek, G. (2014). Koppen's Climate Classification Map For Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507).
- Balbinot, R., Oliveira, N. K. de., Vanzetto, S. C., Pedrosa, K., & Valerio, A. F. (2008). O papel das florestas no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. *Ambiência*, Guarapuava, 4(1) 131-149. Recuperado de <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/294>.
- Benatti, D. P., Tonello, K. C., Leite, E. L. et al. (2015). Morfometria e uso e ocupação do solo de uma microbacia em Sete Barras, São Paulo. *Irriga*, 20(1), 21-32. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v20n1p21>.
- Botelho, R.G.M & Silva, A.S. (2010). Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: Guerra, A.J.T. e Vitte, A.C. (orgs). Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. *Editora Bertrand Brasil* (3a ed.).
- Borsato, F. H., & Martoni, A. M. (2004) Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no município de Maringá, estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, 26(2), 273-285. <http://dx.doi.org/10.4025/actascihumansoc.v26i2.1391>.
- Britto, M., Baptista, G. M. de M., & Lima, E. A. de. (2019). O estudo dos componentes do ciclo hidrológico desde métodos tradicionais até o uso de sensoriamento remoto: uma revisão. *Paranoá*, (23), 127–146. <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.11>
- Cardoso, C. A. et al. (2006). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, 30(2), 241-248. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011>.
- Cecílio, R. A., & Reis, E. F. dos. (2006). *Apostila didática: Manejo de bacias hidrográficas*. Alegre: Universidade Federal do Espírito Santo – UFES/CCA-UFES.

- Cherem, L. F. S. (2008). Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG. Dissertação de Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. <http://csr.ufmg.br/modelagem/dissertacoes/luizfelipecherem.pdf>.
- Cui, Y. et al. (2018). Global water cycle and remote sensing big data: overview, challenge, and opportunities. *Big Earth Data*, 2(3), 282-297. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/20964471.2018.1548052>.
- Da paz, A. R. (2004). *Hidrologia Aplicada. Caxias do Sul*: [s.n.].
- Embrapa. (1999). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília. 412p.
- Freitas, R. O. D. (2017). Textura da drenagem e sua aplicação geomorfológica. *Boletim Paulista De Geografia*. (11), 53–57. <https://publicacoes.agb.org.br/boletim-paulista/article/view/1366>.
- Giglio, J. N., & Kobiyama, M. (2013). Intercepção da Chuva: Uma Revisão com Ênfase no Monitoramento em Florestas Brasileiras. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 18(2), 297- 317. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v18n2.p297-317>.
- Hegerl, G. C. et al. (2015). Challenges in Quantifying Changes in the Global Water Cycle. *Bulletin Of The American Meteorological Society*, 96 (7), p.1097-1115. *American Meteorological Society*. <http://dx.doi.org/10.1175/bams-d-13-00212.1>.
- Kobiyama, M. (1999). Manejo de bacias hidrográficas: conceitos básicos. In: *Curso de Manejo de bacias hidrográficas sob a perspectiva florestal, Apostila, Curitiba*: FUFPEF.
- Kohlhepp, G. (2002). Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados*. 16(45), 37-61. 10.1590/S0103-40142002000200004.
- Lima, W. P. (1986). *Princípios de manejo de bacias hidrográficas*. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Silvicultura.
- Magesh, N. S. et al. (2013). Geographical information system-based morphometric analysis of Bharathapuzha river basin, Kerala, India. *Applied Water Science*. 3(2), 467–477. <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-013-0095-0>.
- Mosca, A. A. O. (2003). Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo.
- Rocha, R. M., Lucas, A. A. T., Almeida, C. A. P. D., Menezes Neto, E. L., & Netto, A. D. O. A. (2014). Caracterização Morfométrica da sub-bacia do Rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. *Revista Ambiente e Água*. 9(2), 276-287. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1289>.
- Romero, V., Formiga, K. T. M., & Marcuzzo, F. F. N. (2017). Estudo Hidromorfológico de Bacia Hidrográfica Urbana em Goiânia/GO. *Ciência e Natura, Santa Maria*. 39(2), 320–340. <https://doi.org/10.5902/2179460X26411>.
- Rossi, M., & Pfeifer, R. M. (1999). Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP). *Bragantia*. 58(1), 141-156. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051999000100014>.
- Santos, A. R. (2020). Vídeo (11:36 min). Aula 18 - Pré-processamento - Etapa 03: Correção de valores negativos do MDE SRTM de 30m no QGIS. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020. <https://youtu.be/h75zqJMMs9A>.
- Santos, A. R. (2020). Vídeo (32:13 min). Aula 24 - Delimitação de uma bacia hidrográfica de referência no SAGA com o QGIS. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020. <https://youtu.be/j2QeqMnzXS4>.
- Santos, A. R. (2020). Vídeo (37:19 min). Aula 23 - Delimitação de bacias hidrográficas no SAGA com o QGIS. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020. Disponível em: <https://youtu.be/IM5PS6kiW3U>.
- Silveira, A. L. L. (1997). Ciclo Hidrológico e a Bacia Hidrográfica. In TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Edusp/ABRH.
- Soares, P. C., & Fiori, A. P. (1976). Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícia Geomorfológica*. 16, 71-104.
- Sousa, A. B. O. de. et al. (2014). *Hidrologia*. Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP. (Série Didática, 018), 457 p.
- Souza, C.R.G. (2005). Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 6(1), 45-61.
- Strahler, A. N. (1952). Dynamic basis of geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*. 63(2), 923–938. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[923:DBOG\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[923:DBOG]2.0.CO;2).
- Tang, G. et al. (2016) Statistical and Hydrological Comparisons between TRMM and GPM Level-3 Products over a Midlatitude Basin. *Journal Of Hydrometeorology*, 17 (1), p.121-137. *American Meteorological Society*. <http://dx.doi.org/10.1175/jhm-d-15-0059.1>.
- Teodoro, V. L. I., Teixeira, D., Costa, D. J. L. et al. (2007). O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara*. 20, 137-156. <http://dx.doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>.
- 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), 313-335. <http://dx.doi.org/10.33081/formacao.v27i51.6026>.
- Villela, S. M., & Mattos, A. (1975). *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil.