

Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do canela fina em Cruzeiro do Sul - Acre

Physiographic characterization of the canela fina hydrographic basin in Cruzeiro do Sul - Acre

Lucas Santiago Lima¹, Jefferson Vieira José², Moisés Damasceno Souza³, Livia Braz Pereira⁴, Kelly Nascimento Leite⁵, José Genivaldo do Vale Moreira⁶

RESUMO: O uso das ferramentas da geotecnologia conciliadas a delimitações de bacias hidrográficas fomenta estudos das características fisiográficas, fundamental no planejamento e tomadas de decisões para conservação, uso e ocupação do solo. O estudo objetivou delimitar a bacia hidrográfica Canela Fina para verificar se a mesma tem propensão a enchente. Com uso do software QGIS 3.18.1. Zürich as metodologias por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido da *Shutter Radar Terrain Mission* (SRTM) com resolução de 30 m. A bacia apresenta área de 116,50 km² e perímetro de 95,90 km. O fator de forma é de 0,31, índice de circularidade 0,15, coeficiente de compacidade 2,49, coeficiente de I-Pai-Wu 1,59 e densidade hidrográfica de 0,97 canais/km². A altitude máxima da bacia foi 244 m, mínima 180,66, com uma declividade máxima de 47,68% e média de 7,08%, com razão de relevo de 3,22 m/km. A bacia foi classificada como 4º ordem, padrão de drenagem dendrítica, índice de sinuosidade foi de 1,23 e com densidade de drenagem de 1,41 km/km². O uso e ocupação do solo entre os anos de 1985 à 2020, pastagem aumentou 35,60% a sua área e área urbanizada 12,64%, a formação florestal e campestres tiveram redução de 36,90% e 39,61%, respectivamente. Conclui-se que a bacia não possui susceptibilidade a enchentes.

Palavras-chave: Suscetibilidade de enchentes; Características morfométricas; QGIS; Modelo Digital de Elevação.

ABSTRACT: The use of geotechnology tools combined with the delimitation of watersheds encourages studies of physiographic characteristics, fundamental in planning and decision-making for conservation, use and occupation of the soil. The study aimed to delimit the Canela Fina watershed to verify if it is prone to flooding. Using the QGIS 3.18.1 software. Zürich the methodologies through the Digital Elevation Model (DEM) obtained from the Shutter Radar Terrain Mission (SRTM) with a resolution of 30 m. The basin has an area of 116.50 km² and a perimeter of 95.90 km. The form factor is 0.31, roundness index 0.15, compactness coefficient 2.49, I-Pai-Wu coefficient 1.59 and hydrographic density of 0.97 channels/km². The maximum altitude of the basin was 244 m, minimum 180.66, with a maximum slope of 47.68% and average of 7.08%, with a relief ratio of 3.22 m/km. The basin was classified as 4th order, dendritic drainage pattern, sinuosity index was 1.23 and drainage density was 1.41 km/km². The use and occupation of the soil between the years 1985 to 2020, pasture area increased by 35.60% and urbanized area by 12.64%, forest and grassland formation had a reduction of 36.90% and 39.61%, respectively. It is concluded that the basin is not susceptible to flooding.

Keywords: Flood Susceptibility; Morphometric Features; QGIS; Elevation Digital Model.

Autor correspondente: Lucas Santiago Lima
E-mail: lucas8_santiago@hotmail.com

Recebido em: 22/12/2022
Aceito em: 29/02/2021

¹ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical do Instituto Agronômico – IAC, Campinas (SP), Brasil.

² Docente no Centro Multidisciplinar (CMULTI) da Universidade Federal do Acre –UFAC, *Campus* Floresta, Cruzeiro do Sul (AC), Brasil.

³ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola da Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT, Tangará da Serra (MT), Brasil.

⁴ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical do Instituto Agronômico – IAC, Campinas (SP), Brasil.

⁵ Docente no Centro Multidisciplinar (CMULTI) da Universidade Federal do Acre –UFAC, *Campus* Floresta, Cruzeiro do Sul (AC), Brasil.

⁶ Docente do Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia da Universidade Federal do Acre – UFAC, Rio Branco (AC), Brasil.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural parte do planeta Terra, sendo a fonte da vida, pois a sobrevivência dos seres no planeta depende dela; a água doce como recurso natural, vem se tornando cada vez mais escassa em nosso planeta devido ao aumento da demanda frente ao crescimento populacional (Silva; Carvalho; Cardoso, 2019).

O aumento populacional leva a ampliação de ambientes urbanos, trazendo impactos ambientais como diminuição da cobertura vegetal e aumento de áreas impermeáveis, afetando a qualidade e disponibilidade da água, assim, é necessário a compreensão sobre os componentes do ciclo hidrológico (Britto; Baptista; Lima, 2019). A impermeabilização de bacias hidrográficas no perímetro urbano junto aos altos índices pluviométricos eleva o escoamento superficial das águas pluviais, aumentando o nível de rios (Taoufik *et al.* 2017).

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água da precipitação da chuva que faz convergir o seu escoamento para uma saída. Sendo composta por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem para um único leito, resultando no exutório (Tucci, 2009). A caracterização de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos a serem realizados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo esclarecer as várias questões com relação ao entendimento da dinâmica ambiental em escalas local e regional (Teodoro *et al.* 2007). É válido ressaltar ainda, que as formas de uso e ocupação do solo impactam diretamente nas dinâmicas hídricas, e que uma bacia não seja naturalmente propensa a ocorrência de inundações, a alteração nos padrões físicos de uma bacia pode torná-la um ambiente propício à ocorrência de tais fenômenos (Soares; Galvêncio, 2020).

O aumento da urbanização e desmatamento na região amazônica ocasiona um enorme risco ao ciclo hidrológico uma vez que o aumento da temperatura ocasiona maior taxa de transpiração das plantas, visto que, a floresta presta um papel crucial na evaporação e reciclagem da umidade, que faz com que grande parte desta evaporação retorne a região amazônica na forma de chuva (Case, 2006; Barbosa, 2015; Marengo; Souza Junior, 2018). E em solos sem a presença de vegetação, o processo de interceptação vegetal é prejudicado, este sendo uma importante ação na regulação de processos hídricos, aumento da infiltração d'água no solo, diminuição do escoamento superficial e erosivo (Rodrigues, *et al.* 2015).

Mediante o que foi exposto, o estudo tem como objetivo delimitar bacia hidrográfica do Rio Canela Fina (BHCF) e obter a caracterização fisiográfica através de parâmetros físicos, geométricos, de relevo e a rede de drenagem. E avaliar as modificações do uso e ocupação do solo ao longo de 35 anos (1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Canela Fina está localizada entre os municípios de Cruzeiro do Sul, no estado do Acre (7°37'37"S; 72°40'30"W), e Guajará (7°32'45"S; 72°35'02"W), no estado do Amazonas, ambos inseridos na bacia hidrográfica do Alto Juruá (Figura 1).

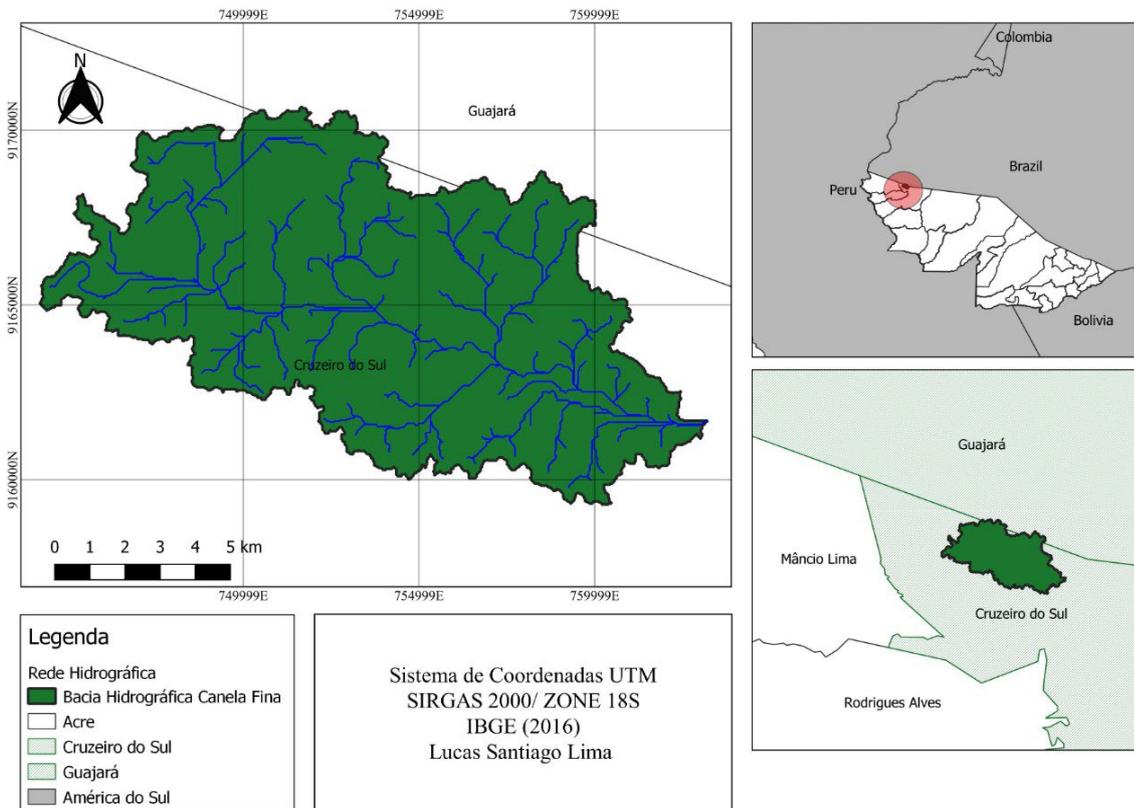


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica Canela Fina

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

O clima predominante onde está localizada a bacia hidrográfica é o subtipo Equatorial quente superúmido subseca, onde os menores volumes pluviométricos compreendem entre os meses de julho e agosto (Bento *et al.*, 2021). A vegetação do local é caracterizada como vegetação natural fechada, denominada Floresta Amazônica, predominando palmeiras, cipós, árvores de grande porte e folhas largas (Giglio; Kobiyama, 2013).

2.2 OBTENÇÃO DE DADOS

A delimitação e caracterização fisiográfica da BHCF ocorreu com uso do sistema de informação geográfica (SIG), a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido com o *Shutter Radar Terrain Mission* (SRTM) com resolução de pixel de 30 x 30 m, utilizando os softwares de geoprocessamento QGIS versão 3.18.1 e o *System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA). O MDE pertence a base de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), sendo adquirido na plataforma *Earth Explorer*. A projeção cartográfica foi definida em Datum SIRGAS 2000 e o sistema de coordenadas UTM Fuso 18 S.

O processamento de dados sobre uso e cobertura do solo da BHCF foi totalmente automatizado e integrado em nuvem utilizando algoritmos de inteligência artificial com a plataforma *Google Earth Engine* (GEE). Utilizou-se a imagem do satélite Landsat 5, 7 e 8 para geração de mapas por meio da coleção 6 (MAPBIOMAS 6) (Souza *et al.* 2020). Desta forma, por meio da ferramenta *Code Editor* do GEE pode-se programar e executar a rotina elaborada do MapBiomias 6, recortando a área de interesse, nesse caso a BHCF por meio de um arquivo vetorial (*Shapefile* -.shp) e o processamento dos 8 mapas (1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020) no formato raster (GeoTIFF -.Tiff).

2.3 PROCESSAMENTO DE DADOS

O pré-processamento do MDE foi dividido em três etapas: correção de valores negativos (“*Raster calculator*”), preenchimento de pixels sem dados (“preencher sem dados”) e remoção de depressões espúrias (“*Fill sinks*”) (Santos, 2020a; Santos, 2020b; Santos, 2020c). O processamento para 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, 2020d), geração da grade de bacias para a área de estudo (“*Drainage Basins - channel network and drainage basins*”) e delimitação do limite da bacia (“*Upslope area*”) (Santos, 2020e).

2.4 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA

A caracterização fisiográfica da BCHF possui como base os índices Área (A), perímetro (P), comprimento total dos cursos dos rios (Lt) e comprimento do rio principal (Lc). Também foram usadas as equações de diferentes variáveis de forma, geometria, relevo e drenagem para a bacia a fim de complementar a caracterização fisiográfica conforme (Strahler, 1952; Santos *et al.* 2012; Nardini *et al.* 2013; Sousa *et al.* 2014; Batista *et al.* 2017; Silva *et al.* 2018).

O coeficiente de compacidade (Kc) é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a área da bacia, e foi calculado utilizando a Equação 1.

$$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

em que: Kc – Coeficiente de compacidade, adimensional (adm); P – Perímetro, km; A – Área, km².

O coeficiente de I-Pai-Wu (F) é a razão entre o comprimento axial da bacia (L) e o comprimento axial de uma bacia circular de área igual da bacia (L'), sendo substituído pela expressão: $L' = 2 \cdot r$ e $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow L' = 2 \cdot \sqrt{A/\pi}$. Obtém-se Equação 2.

$$F = \frac{L}{2 \times \sqrt{\frac{A}{\pi}}} \quad (2)$$

em que: L – Comprimento axial da bacia, km.

O Fator de forma (Kf) é dado pela razão entre a área e o comprimento axial da bacia. O fator de Horton (Kf) foi calculado através da Equação 3.

$$K_F = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

em que: Kf – Fator de forma, adm.

O Índice de Circularidade (IC) é a relação entre a área da bacia e a área de um círculo, com circunferência igual ao perímetro da bacia, calculada através da Equação 4.

$$IC = \frac{12,57 \times A}{p^2} \quad (4)$$

em que: IC – Índice de Circularidade, adm; P – Perímetro da bacia em km.

A densidade de drenagem (Dd) é calculada dividindo-se o comprimento total dos cursos d'água com a área total da bacia, ambos em km, Equação 5.

$$Dd(\text{km}/\text{km}^2) = \frac{L_t}{A} \quad (5)$$

em que: Dd – densidade de drenagem, km/km²; L_t – comprimento total dos canais, km.

A declividade média simples (I_s) é simplesmente a razão entre a diferença de cota entre a nascente e a foz, e o comprimento do talvegue. O coeficiente foi calculado através da Equação 6.

$$I_s = \frac{\text{Cota nascente} - \text{Cota foz}}{L_c} \times 100 \quad (6)$$

em que: Cota nascente em m; Cota foz em m; L_c - comprimento do rio principal, km.

O índice de sinuosidade (Si) é o comprimento do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois extremos do canal principal, calculado através da Equação 7.

$$Si = \frac{L_c}{L_v} \quad (7)$$

em que: Si – Índice de sinuosidade, adm; L_v – Comprimento vetorial do rio principal em km.

A Relação de relevo (Rr) é a relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal principal. Em que foi calculada através da Equação 8.

$$Rr = \frac{H_m}{L_c} \quad (8)$$

em que: Rr – Relação de relevo, em m/km; H_m – Amplitude Altimétrica, em m; L_c – Comprimento do rio principal, em km.

A densidade hidrográfica (Dh) é a relação dos canais ou rios de primeira ordem com a área da bacia. Sendo calculada pela Equação 9.

$$Dh = \frac{N_1}{A} \quad (9)$$

em que: Dh – Densidade hidrográfica, canais/km²; N₁ – Número de canais ou rios de primeira ordem.

A hierarquia fluvial é uma técnica utilizada para mensurar a nomenclatura dos cursos de água, dando número a eles. Deste modo visando determinar números a cada curso e assim os separando em ordens e grandezas diferentes.

2.5 VAZÃO

A vazão de máxima no exutório da bacia hidrográfica foi estimada em função do uso e ocupação do solo, classe e declividade do solo para os anos de 1985 e 2020 (Sousa *et al.* 2014). Considerando a chuva intensa de duração igual ao tempo de concentração da bacia e os períodos de retorno de 2, 5, 10 e 25 anos. Para estimativa da chuva intensa média, utilizou-se a Equação de IDF (intensidade, duração e frequência) proposta por Albrigo *et al.* (2021) para cidade de Cruzeiro do Sul – Acre, conforme Equação 10.

$$i = \frac{615,9604 \times T^{0,3268}}{(t + 9,9131)^{0,7685}} \quad (10)$$

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 pela Equação Johnstone, por Silveira (2005), recomendada para bacias hidrográficas com área de 64,75 até 4206,14 km^2 .

$$T_c = 0,462 \times L_v^{0,5} \times I_s^{-0,25} \quad (11)$$

em que: T_c – Tempo de concentração, em horas (h); I_s – Declividade média simples do rio principal, em m/m ; L_v – Comprimento vetorial do rio principal em km.

A vazão de pico é um método racional desenvolvido para estimar vazões de escoamento de pequenas bacias. Representada pela Equação 12.

$$Q_p = \frac{C \times i \times A}{360} \quad (12)$$

em que: Q_p – Vazão de pico de escoamento superficial, $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$; C – Coeficiente de escoamento superficial, adm; i – Intensidade média da chuva de duração igual ao tempo de concentração, mm.h^{-1} ; A – Área de contribuição, ha.

Para complementar a Equação 11, foi considerada os valores de área da bacia correspondente a sua cobertura, tipo de solo e declividade para quantificar o C para os anos de 1985 e 2020.

Tabela 1. Coeficiente de Escoamento superficial “C”.

Cobertura	Solo	Declividade (%)	C
Floresta	Argiloso	0 a 5	0,4
Floresta	Argiloso	5 a 10	0,5
Floresta	Argiloso	10 a 20	0,6
Pastagem	Argiloso	0 a 5	0,4
Pastagem	Argiloso	5 a 10	0,55
Pastagem	Argiloso	10 a 20	0,6

Fonte: Adaptado de Sousa *et al.* (2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do Igarapé Canela Fina (BHCF) apresentou uma área de 116,50 km² e perímetro de 95,90 km. O comprimento total dos canais presentes na BHCF foi de 164,17 km, enquanto o rio principal (Lc) obteve comprimento de 23,40 km, o comprimento axial (L) foi de 19,34 km e vetorial (Lv) de 19,08 km (Tabela 2). O BHCF apresentou Fator de forma (Kf) de 0,31 (Tabela 2). Santos e D'Esquivel (2022) encontraram Fator de Forma (0,25) próximo ao da BHCF, em que, lhe atribuíram formato alongado e com menor risco de enchentes.

Tabela 2. Características fisiográficas da bacia hidrográfica Canela Fina.

Área de Drenagem	Unidade	Canela Fina
Área (A)	km ²	116,50
Perímetro (P)	km	95,90
Forma da Bacia		
Fator de Forma (Kf)	-	0,31
Índice de Circularidade (IC)	-	0,15
Fator de forma de I-Pai-Wu (F)	-	1,59
Coefficiente de compacidade (Kc)	-	2,49
Relevo da Bacia		
Declividade média simples (Is)	m/m	0,0012
Declividade Máxima	%	47,68
Declividade Média	%	7,08
Declividade Mínima	%	0
Altitude Máxima	m	244
Altitude Média	m	207,06
Altitude Mínima	m	180,66
Razão de Relevo (Rr)	m/km	3,22
Amplitude Altimétrica (Hm)	m	62,33
Sistema de Drenagem		
Ordem Strahler	-	4ª Ordem
Densidade de Drenagem (Dd)	km/km ²	1,41
Padrão de Drenagem	-	Dendrítica
Índice de Sinuosidade (Si)	-	1,23
Comprimento total dos canais (Lt)	km	164,17
Comprimento vetorial do rio principal (Lv)	km	19,08
Comprimento do rio principal (Lc)	km	23,40
Comprimento axial da bacia (L)	km	19,34
Densidade hidrográfica (Dh)	canais/km ²	0,97
Número de canais de primeira ordem (N ₁)	-	114

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Quanto ao índice de I-Pai-Wu, foi visto que em bacias que possuem $F > 1$, mais estreita ela será e terá uma menor susceptibilidade a picos de cheia (Sousa *et al.*, 2014). Na BHCF o valor apresentado pelo fator de forma de I-Pai-Wu foi 1,59, mostrando que a mesma não possui susceptibilidade a picos de cheia (Tabela 2). O coeficiente de compacidade (Kc) apresentou valor de 2,49, sendo assim, a bacia não apresenta susceptibilidade a picos de enxurradas. Segundo Sousa *et al.* (2014) o Kc mostra uma relação de que quanto mais estreita for uma bacia, menos suscetível será a enxurradas, por isso possuirá um valor de $Kc > 1$. No estudo de Silva *et al.* (2018) o índice de circularidade encontrado foi de 0,11, sendo lhe atribuído uma bacia de formato alongado. O índice de circularidade (IC) na BHCF foi próximo ao do estudo citado, com valor de 0,15, assim, a bacia apresenta um formato alongado (Tabela 2). A bacia hidrográfica Canela Fina quanto a sua forma apresentou de acordo com as variáveis apresentadas acima, um formato mais alongado e estreito reduzindo a susceptibilidade a enchentes.

A configuração geomorfológica de uma bacia hidrográfica exerce influência significativa sobre a sua capacidade de reter água pluvial, é observado que quanto mais próxima da circularidade for a forma da bacia, maior será a sua capacidade de retenção hídrica, o que, por sua vez, pode intensificar a susceptibilidade às enchentes. Esta relação se estabelece em virtude da associação entre a morfologia da bacia e a ocorrência de tempestades curtas e de elevada intensidade. Este fenômeno precipitativo, conhecido como precipitação convectiva, é distintivamente observado na bacia amazônica (Nobre *et al.* 2009; Brubacher; Oliveira; Guasselli, 2011; Penna; Borga; Zoccatelli, 2013).

A declividade é uma importante variável no planejamento em bacias hidrográficas já que uma maior declividade conduz uma maior velocidade de escoamento, por consequência, menores quantidades de água que são retidas no solo resultando em enchentes e a deterioração da bacia hidrográfica (Tonello *et al.* 2006). Na BHCF verificou-se uma declividade máxima de 47,68% e média de 7,08% em sua área. Segundo classificação de Santos *et al.* (2018) a declividade média que a bacia possui é característica de relevo ondulado, apresentando declives suaves, variáveis de 3% a 8%. A razão de relevo é uma importante variável quando se trata da análise de característica do relevo (Soares; Galvínio, 2020). Na BHCF foi encontrada uma razão de relevo de 3,22 m/km, que estabelece a seguinte relação, na bacia ocorre um desnível de 3,22 metros no relevo a cada 1,0 km. Na BHCF o índice de sinuosidade (Si) encontrado de 1,21 sugere um canal principal de formas transicionais com tendência a retilíneo, uma vez que valores próximos a 1 indicam canal retilíneo, e valores superiores a 2 sinuosos, conforme encontrou Coliado *et al.* (2022) com Si de 1,24 indicando canal de forma transicional.

A densidade hidrográfica encontrada na BHCF foi de 0,97 canais/km², ou seja, existe um canal de drenagem para aproximadamente 1,02 km². E segundo classificação de Strahler (1956), a densidade hidrográfica é considerada baixa. Com relação a sua altitude, a bacia apresentou altitude mínima de 180,66 metros e máxima 244 metros, assim, teve uma altitude média de 207,06 metros (Tabela 2 e Figura 2). A rede de drenagem da BHCF foi considerada como de 4ª ordem, pelo método de ordem Strahler, Figura 2. O padrão de drenagem exibe características similares ao padrão Dendrítico, conforme observado no estudo de Mesquita *et al.* (2017) e na classificação de Christofolletti (1980), como ilustrado na Figura 2.

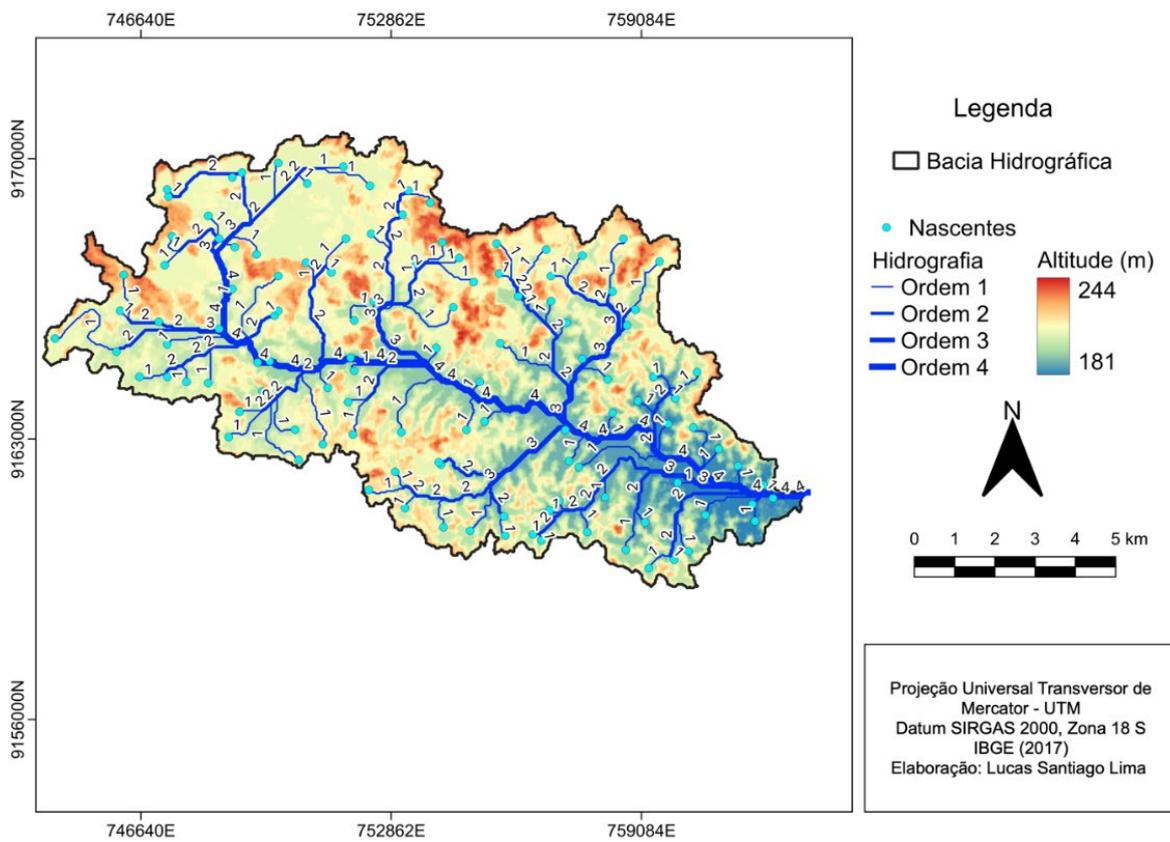


Figura 2. Ordem dos cursos d'água e altitude da bacia hidrográfica Canela Fina

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

O tempo de concentração (T_c) da BHCF foi de 10,80 horas (Tabela 3), sendo este o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua com volume de água dos pontos mais longevos até o exutório. Para Mamédio, Castro e Corseiul (2018) as comparações com outras bacias é necessária, pois, entende-se que as equações empíricas subestimam os valores de TC e apresentam erros que chegam a 90%, assim, a bacia hidrográfica Taboão que possui área, comprimento do rio principal e declividade do rio principal semelhantes à do estudo teve um tempo de concentração próximo a 8,31 horas.

Tabela 3. Quantificação empírica de Vazão na Bacia hidrográfica Canela Fina.

T_c	T	i	C		Q	
			adimensional		$(m^3 s^{-1})$	
horas	anos	$(mm h^{-1})$	1985	2020	1985	2020
10,81	2	5,27			0,85	0,90
	5	7,10			1,15	1,22
	10	8,91	0,50	0,53	1,44	1,53
	25	12,01			1,94	2,06

T_c – Tempo de concentração em horas; T – Tempo de retorno em anos; i – Intensidade média das chuvas de duração igual ao tempo de concentração em $mm.h^{-1}$; C – Coeficiente de escoamento superficial; Q – Vazão de pico de escoamento em $m^3.s^{-1}$.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A vazão de pico entre os anos de 1985 e 2020 demonstra que o escoamento depende da vegetação presente na bacia e principalmente da declividade, visto que, durante esse tempo a vegetação da bacia teve

grandes alterações (Figura 3). Ao longo de 35 anos a vazão de pico para o ano de 2020 com os tempos de retorno 2, 5, 20 e 25 anos, respectivamente, mostraram-se maiores em relação as vazões obtidas para o ano de 1985. Segundo Rodrigues e Blanco (2018) o aumento da vazão pode estar atrelado a impermeabilização do solo e a redução da cobertura vegetal. Observa-se na Figura 3 que na BHCF a redução Florestal nestes 35 anos foi bastante significativa.

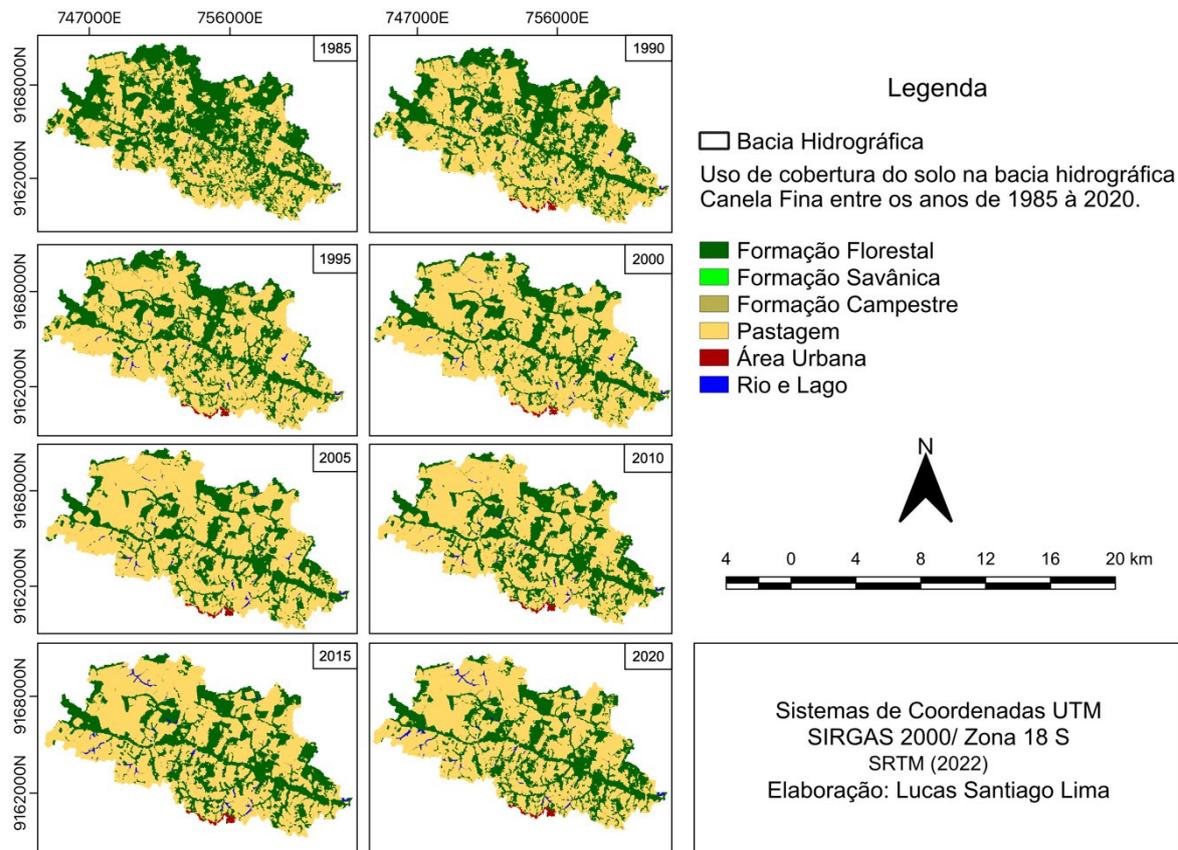


Figura 3. Uso e ocupação do solo na Bacia hidrográfica Canela Fina.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

As áreas ocupadas por Formação Florestal entre os anos de 1985 e 1990 tiveram uma diminuição significativa na BHCF, esta Formação Florestal ocupou 49,30% da área, em período de 10 anos, sua ocupação diminuiu para 39,09%. Enquanto a Pastagem, em 1985 ocupava uma área de 48,94%, teve um crescimento significativo dentre os outros usos do solo na BHCF, em que a mesma chegou a 70,05% de ocupação num período de 20 anos (2005).

A redução da Formação Florestal na área da BHCF chegou a compreender 36,90% na BHCF, sendo 2005 sua menor área percentual na bacia (28,19%), a classe Pastagem teve seu pico em 2005 com (70,05%) da área da bacia (Figura 3). Embora o desmatamento contribua para a redução da Formação Florestal, em 2005 devido à seca extrema no estado do Acre, teve a ocorrência de grandes incêndios contribuindo com 350.880 ha de florestas queimadas (Silva, 2017). No período de 2005 a 2010 a Formação Florestal teve um aumento da sua área. Silva *et al.* (2014) cita em seu trabalho, que a regeneração da Formação Florestal ocorreu após um período extremamente seco, que ocorreu no Estado do Acre no ano de 2005. O desmatamento da região de estudo está muito ligado a áreas de produção (roçados) e pastagens, ainda presente em médias e pequenas propriedades, com significativa redução de grandes desmates (Acre, 2017).

A área urbanizada que no ano de 1995 tem suas primeiras áreas ocupadas, contudo, a mesma se manteve estável nestes 30 anos observados, sempre ocupando área de ($\pm 0,50\%$). Assim como as outras

ocupações (Rio e Lagos, Formação Campestres e Savânica), que durante o período analisado suas áreas ocupadas não demonstraram um crescimento expressivo em comparação a outras áreas de ocupação na BHCF. Segundo Alves e Homma (2020) a vegetação Campestre e Savânica, no cerrado brasileiro por serem habituados a ocorrência de queimadas, se adaptaram a tais condições, com os arbustos apresentando tronco de cascas grossas e com gramíneas com sistema radicular adaptado à frequência do fogo.

Ainda segundo Alves e Homma (2020), mesmo com a evolução tecnológica, por falta de recurso os agricultores e pecuaristas da Amazônia mantém a tradição de utilizar o fogo no preparo de área para plantio e renovação de pastagem. E com o período de pousio cada vez mais curto, junto com solos de baixa fertilidade, permite a formação de vegetações arbustivas e gramíneas de massas volumosas para a estiagem, características das Formações Savânica e Campestre, respectivamente (Alves; Homma, 2020; Embrapa, s.d.).

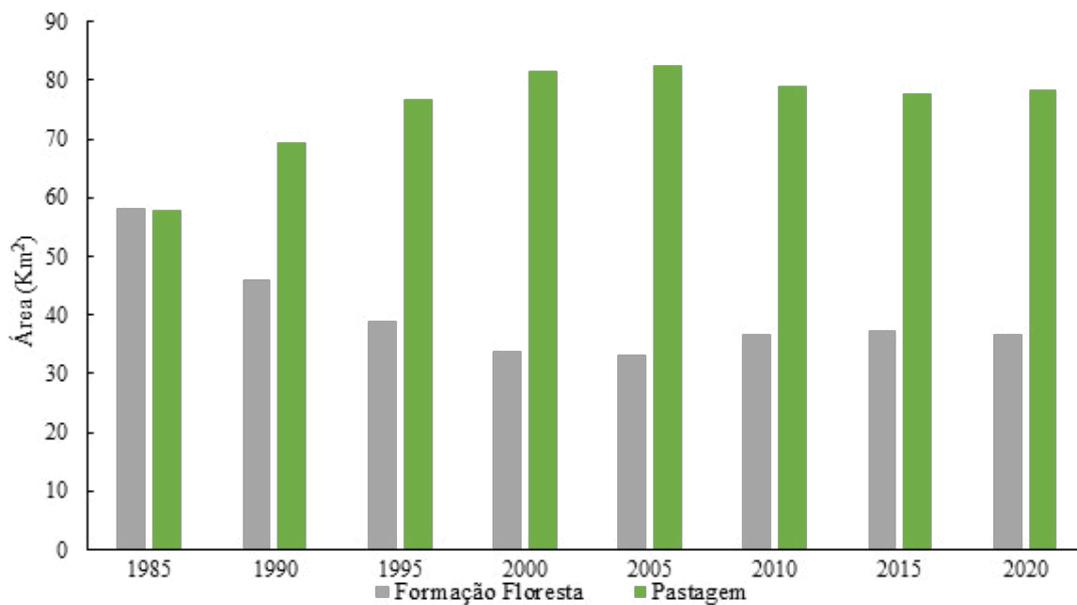


Figura 4. Relação das áreas de Formação Floresta e Pastagem presente na Bacia hidrográfica Canela Fina entre 1985 à 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

As áreas de Formação Florestal e Pastagem na BHCF através dos períodos analisados demonstram uma relação de crescimento e diminuição entre as mesmas, como é visto na Figura 5, esta relação antagonista entre as classes evidência que na área da bacia, o crescimento da Pastagem está atrelado com o desmate da Formação Florestal. A correlação de desmatamento com áreas de pastagem se estende por outros estados da Amazônia, embora alguns municípios da Amazônia apresentam redução desta correlação, visto que, já não desmatam, ou desmatam pouco, apresentam menos incentivo para desmatar, assim, buscando manejo mais sustentável das pastagens, além de buscar a recuperação de áreas já degradadas, Áreas de Preservação Permanente e Áreas de Reserva Legal (Souza *et al.* 2021; Leite, 2021). Levando a compreender a redução da curva das áreas de Pastagem a partir do ano de 2005 (Figura 5).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A BHCF por meio das variáveis geométricas como Coeficiente de compacidade, Fator de forma, Fator de forma de I-Pai-Wu e Índice de Circularidade, 2,49, 0,31, 1,59 e 0,15, respectivamente, apresenta forma mais alongada, e em condições normais de pluviosidade não há risco de enchentes.

A declividade média de 7,08%, capacidade de drenagem mediana junto a razão de relevo demonstrou-se que há condições de uma menor infiltração da água de precipitação para os lençóis freáticos e maior escoamento superficial, favorecendo a erosão na bacia. Sendo embasado pela vazão de pico que para os anos analisados (1985 e 2020) demonstrou-se um aumento da vazão na bacia ao longo destes 35 anos analisados.

O uso e ocupação do solo entre os anos de 1985 a 2020, a Pastagem teve um aumento de 35,60% de sua área na bacia, Formação Florestal uma diminuição da área de 36,90%, Formação Campestres com redução de 39,61%, Rios e Lagos obtiveram 900,72% de aumento da área, enquanto a Área urbanizada com 12,64% de aumento, com sua área só aparecendo em 1990.

O software QGIS, foi extremamente importante, por ser uma alternativa sem custos, viável, preciso e minimizando o tempo, utilizando os dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) para obtenção das características fisiográficas da bacia.

REFERÊNCIAS

ACRE. **Dinâmica do desmatamento em 2017 no Estado do Acre – Prodes**. Rio Branco – Acre, 2018. Disponível em: http://semapi.acre.gov.br/wp-content/uploads/sites/20/2020/06/Relatorio-Desmatamento-PRODES-2017-FINAL_20181015_Revisado_20200413.pdf. Acesso em: 11 nov. 2022.

ALBRIGO, N. dos S. *et al.* Determination of the intensity-duration-frequency curve of the municipality of Cruzeiro do Sul – Acre. *Ciência E Natura*, v. 43, e30. 2021. <https://doi.org/10.5902/2179460X38301>.

ALVES, R. N. B.; HOMMA, A. K. O. O FOGO NA AGRICULTURA DA AMAZÔNIA. In: ALVES, R. N. B. *et al.* **Roça sem fogo: da tradição das queimadas à agricultura sustentável na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, p. 35-40. 2020.

BARBOSA, P. H. D. **Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia Brasileira**. 97 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2015.

BATISTA, D. F. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica o Ribeirão Santo Antônio – GO. **Revista Geoambiente On-line**, n. 29, p. 15-35. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i29.50882>.

BENTO, V. R. da. *et al.* Interpretando a diversidade climática do Acre através da leitura de climogramas. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGGEO**, v. 03, n. 02, p. 96-111. 2021. DOI: <https://doi.org/10.29327/268458.3.2-6>.

BRITTO, M.; BAPTISTA, G. M. de M.; LIMA, E. A. de. O estudo dos componentes do ciclo hidrológico desde métodos tradicionais até o uso de sensoriamento remoto: uma revisão. **Paranoá, [S. l.]**, n. 23, p. 127–146. 2019. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.11.

BRUBACHER, J. P.; OLIVEIRA, G. G.; GUASSELLI, L. A. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011. **Anais...** São José dos Campos: INPE.

CASE, M. **Climate change impacts in the Amazon**: review of scientific literature (World Wildlife Fund – WWF). 8th Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. 20-31 March, Curitiba, Brazil. 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher, 2a. edição, 1980.

COLIADO, P. H. dos S. *et al.* ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CARAPIRANGA EM REGISTRO (SP), BRASIL, POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO. **Revista AIDIS De Ingeniería Y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo Y práctica**, v. 15, n. 2, p. 981-1000. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.80073>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Vegetação. [s.d.]. Disponível em: <http://cmbbc.cpac.embrapa.br/vegetacao.htm>. Acesso em: 18 nov. 2022.

GIGLIO, J. N.; KOBAYAMA, M. Interceptação da Chuva: Uma Revisão com Ênfase no Monitoramento em Florestas Brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 2, p. 297-317, 2013.

LEITE, C. R. G. **Evolução da agropecuária e suas consequências sobre o desmatamento: uma análise da eficiência agropecuária dos municípios do Brasil com foco na Amazônia Legal**. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

MAMÉDIO, F. M. P.; CASTRO, N. M. dos R.; CORSEIUL, C. W. Tempo de concentração para Bacias Rurais Monitoradas na Região do Planalto Basáltico o sul do Brasil. **REGA**, Porto Alegre, v. 15. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rega.v15e1>.

MARENCO, J. A.; SOUZA JUNIOR, C. **Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia**. São Paulo: Alana; APIB (Articulação dos Povos Indígenas do Brasil); Artigo 19; Conectadas Direitos Humanos; Engajamento; Greepeace; Instituto Socioambiental; Instituto de Energia e Ambiente; Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental Universidade de São Paulo; Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) para Mudanças Climáticas Fase 2, 2018.

MESQUITA, A. R. *et al.* Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Manhuaçuinho, Minas Gerais. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 14, n. 25, p. 22. 2017.

NARDINI, R. C. *et al.* Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga**, v.18, n. 4, p. 687-699. 2013. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n4p687>.

NOBRE, C.A *et al.* Características do Clima Amazônico: Aspectos Principais. **Amazonia and Global Change**, p. 149–162. 2009.

PENNA, D.; BORGA, M.; ZOCCATELLI, D. 7.9 Analysis of Flash-Flood Runoff Response, with Examples from Major European Events. **Treatise on Geomorphology**, v. 7, p. 95–104. 2013. DOI:10.1016/b978-0-12-374739-6.00153-6.

RODRIGUES, L. L.; BLANCO, C. J. C. Vazão de pico em uma bacia hidrográfica com diferentes níveis de urbanização em Santarém/PA. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.7, p.62-75. 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0007>.

RODRIGUES, V. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; TARJUELO, J. M.; SARTORI, M. M. P.; CANALES, A. R. AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO E INTERCEPTAÇÃO DA ÁGUA DAS CHUVAS. **IRRIGA**, v. 1, n. 1, p. 01–13, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v1n1p01>.

SANTOS, A. R. Vídeo (11:28 min). **Aula 18 - Pré-processamento - Etapa 03: Correção de valores negativos do MDE SRTM de 30m no QGIS**. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020a. Disponível em: <<https://youtu.be/h75zqJMMs9A>>. Acesso em: 10 maio 2022.

SANTOS, A. R. Vídeo (10:56 min). **Aula 19 - Pré-processamento - Etapa 04: Preencher Pixels Sem Dados do MDE SRTM de 30m no QGIS**. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020b. Disponível em: <<https://youtu.be/w5oD56xmWh8>>. Acesso em: 10 maio 2022.

SANTOS, A. R. Vídeo (15:08 min). **Aula 20 - Pré-processamento - Etapa 05: Remoção de Depressões Espúrias do MDE SRTM de 30m no QGIS**. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020c. Disponível em: <<https://youtu.be/1J2TR50tZU>>. Acesso em: 10 maio 2022.

SANTOS, A. R. Vídeo (32:06 min). **Aula 24 - Delimitação de uma bacia hidrográfica de referência no SAGA com o QGIS**. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020d. Disponível em: <<https://youtu.be/j2QeqMnzXS4>>. Acesso em: 11 maio 2022.

SANTOS, A. R. Vídeo (37:12 min). **Aula 23 - Delimitação de bacias hidrográficas no SAGA com o QGIS**. Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020e. Disponível em: <<https://youtu.be/IM5PS6kiW3U>>. Acesso em: 11 maio 2022.

SANTOS, H. G. dos. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed., rev. e ampl. — Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, J. de J.; D'ESQUIVEL, K. S. Avaliação de características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Peruípe (BA). **Iniciação Científica CESUMAR**, v. 24, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9192.2022v24n1e10873>.

SANTOS, M. S. *et al.* Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p.195-211. 2012. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.945>.

SILVA, E. R. da. *et al.* Caracterização física em duas bacias hidrográficas do Alto Juruá, Acre. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, n. 7, p. 714–719. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000700007>.

SILVA, F. P. da; CARVALHO, C. V. de A.; CARDOSO, A. M. GESTÃO DA ÁGUA: A Importância de Políticas Públicas para a Implementação do Reuso de Água no Brasil. **Revista Episteme Transversalis**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 309-320. 2019.

SILVA, G. C. da. *et al.* Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do riacho Rangel-Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n. 28; p. 244. 2018. DOI: [10.18677/EnciBio_2018B22](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018B22).

SILVA, S. S. **Dinâmica dos incêndios florestais no Estado do Acre**. 130p. Tese de Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais, Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA & Universidade Federal do Acre, 2017.

SILVEIRA, A. L. L. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, vol. 10, n. 1. 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v10n1.p5-29>.

SOARES, G. A. S.; GALVÍNIO, J. D. Uso do LiDAR para avaliar os padrões hídricos de bacias em áreas urbanas: Caracterização fisiográfica da bacia do Io Beberibe- PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 07, p. 3659-3674. 2020. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3659-3674>.

SOUSA, A. B. O. de. *et al.* **Hidrologia**. Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP. (Série Didática, 018), Piracicaba, p. 457, 2014.

SOUZA et. al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 1-27. 2020. DOI: 10.3390/rs12172735.

SOUZA, G. H. de O. *et al.* CORRELAÇÃO ENTRE A DINÂMICA DO DESMATAMENTO E PASTAGEM NOS MUNICÍPIOS PRIORITÁRIOS DO BIOMA AMAZÔNIA DO ESTADO DO PARÁ. In: IV Seminário de Agroecologia e III Seminário de Educação do Campo do IFPE, 2021. IV Seminário de Agroecologia e III Seminário de Educação no Campo do IFPE, 2021. p. 1-4. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Henrique-De-Olanda-Souza/publication/357812320_CORRELACAO_ENTRE_A_DINAMICA_DO_DESMATAMENTO_E_PASTAGEM_NOS_MUNICIPIOS_PRIORITARIOS_DO_BIOMA_AMAZONIA_NO_ESTADO_DO_PARA/links/61e0b2775779d35951a7ab2d/CORRELACAO-ENTRE-A-DINAMICA-DO-DESMATAMENTO-E-PASTAGEM-NOS-MUNICIPIOS-PRIORITARIOS-DO-BIOMA-AMAZONIA-NO-ESTADO-DO-PARA.pdf. Acesso em: 18 nov. 2022.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosin al topography. **Geological Society of America Bulletin**. v. 63, n. 10, p. 1117-1142, 1952. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2).

STRAHLER, A. N. Quantitative Slope Analysis. **Geological Society of America Bulletin**. v. 67, n. 5, p. 517-596, 1956. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[571:qsa\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[571:qsa]2.0.co;2).

TAOFIK, O. K. *et al.* A Comparative Analysis of Drainage Morphometry on Hydrologic Characteristics of Kereke and Ukoghor Basins on Flood Vulnerability in Makurdi Town, Nigeria. **Journal Hydrology**, v. 5, n. 3, p. 32-40. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.11648/j.hyd.20170503.11>.

TEODORO, V. L. I. *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n. 20. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>.

TONELLO, K. C.; *et al.* Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 849–857. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000500019>.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, ABRH, 2009. 943 p.