

Eixo Temático ET-05-013 - Recursos Hídricos

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NAZARÉ, JI-PARANÁ, RONDÔNIA

Victor Nathan Lima da Rocha, Celso Augusto Guimarães Santos

Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Paraíba. E-mail: victornathan.eng@gmail.com

RESUMO

A Política Nacional dos Recursos Hídricos aborda a bacia hidrográfica como a unidade fisiográfica de gerenciamento, a referida Lei evidencia ainda a água como um bem essencial e finito, enfatizando a necessidade da sua gestão sustentável. E, é notável a forma crescente e desenfreada na qual a água vem sendo utilizada, comprometendo sua qualidade e quantidade. Assim, um conjunto de ferramentas utilizado para facilitar a compreensão e gestão da bacia é a sua caracterização morfométrica, que vem ganhando campo com o desenvolvimento de novas tecnologias de sensoriamento e geoprocessamento. Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi determinar e analisar as características físicas da bacia hidrográfica do rio Nazaré, na cidade de Ji-Paraná (RO), situada no Bioma Amazônia. Para tanto, foi utilizada imagem do radar SRTM, com resolução espacial de 90 metros; o processamento e obtenção das informações foram obtidos em ambiente SIG por meio do software ArcMap 10.2.2 versão trial. Como resultados, foram auferidos: uma área da bacia é de 97,78 km² e 53,37 km de perímetro; a bacia apresenta baixa susceptibilidade a enchentes e possui uma forma alongada, conforme indícios do seu coeficiente de compacidade e fator de forma; denota-se, conforme Strahler, uma bacia de 3^a Ordem; a bacia possui uma declividade média de 0,0437 m/m e seu curso d'água principal, o rio que lhe nomeia, uma declividade média de 0,0018 m/m. A metodologia se mostrou como uma ferramenta robusta e relativamente barata. Espera-se que a presente pesquisa possa contribuir em futuros estudos na área, uma vez que o objeto de pesquisa apresenta relevância ambiental, econômica e social para a localidade.

Palavras-chave: Geotecnologias; Recursos hídricos; Morfometria; SRTM; Amazônia Ocidental.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso inestimável a todos os organismos no planeta Terra. Intrínseca ao meio ambiente natural e artificial, participante em todas as vertentes dos seus processos ecológicos, sociais, culturais e econômicos. Em contrapartida, apesar da sua vital importância, a água não recebe sua vanglória merecida. Para Grassi (2001) “é verdadeiro afirmar que o baixo custo associado ao uso de enormes quantidades de água tem sido um dos pilares do desenvolvimento de nossa sociedade”, no entanto, esse recurso, inerente na participação do desenvolvimento econômico do mundo, é utilizado crescentemente de forma insustentável.

E, a melhor maneira para potencializar o uso da água é conhecer suas características naturais e a sua bacia hidrográfica, servindo de escopo para sua gestão integrada e sustentável, essas informações são substancialmente importante na

interpretação e avaliação dos aspectos quali-quantitativos da água e da compreensão do comportamento de sua dinâmica hidrológica.

Segundo Villela e Mattos (1975), “as características físicas de uma bacia são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico”. Nesta linha de pensamento, Antoneli e Thomaz (2007) realçam que “a análise de aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia, pode levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local”.

A Lei das Águas (BRASIL, 1997), Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, a qual institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos – PNRH, estabelece, por meio do seu quinto fundamento, a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SNGRH. Assim, a execução de estudos e gestão dos recursos hídricos utilizará a bacia hidrográfica como unidade fisiográfica de gerenciamento. Evidencia-se, portanto, a necessidade de se conhecer as características físicas de uma bacia como suporte à gestão sustentável dos seus recursos naturais.

OBJETIVO

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi elencar algumas características físicas importantes da Bacia Hidrográfica do Rio Nazaré como ferramenta de escopo ao planejamento e gestão sustentável.

METODOLOGIA

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Nazaré está situada no município de Ji-Paraná, Figura 1, localizada na porção centro-leste do estado de Rondônia, região Norte do Brasil, na Amazônia Ocidental.

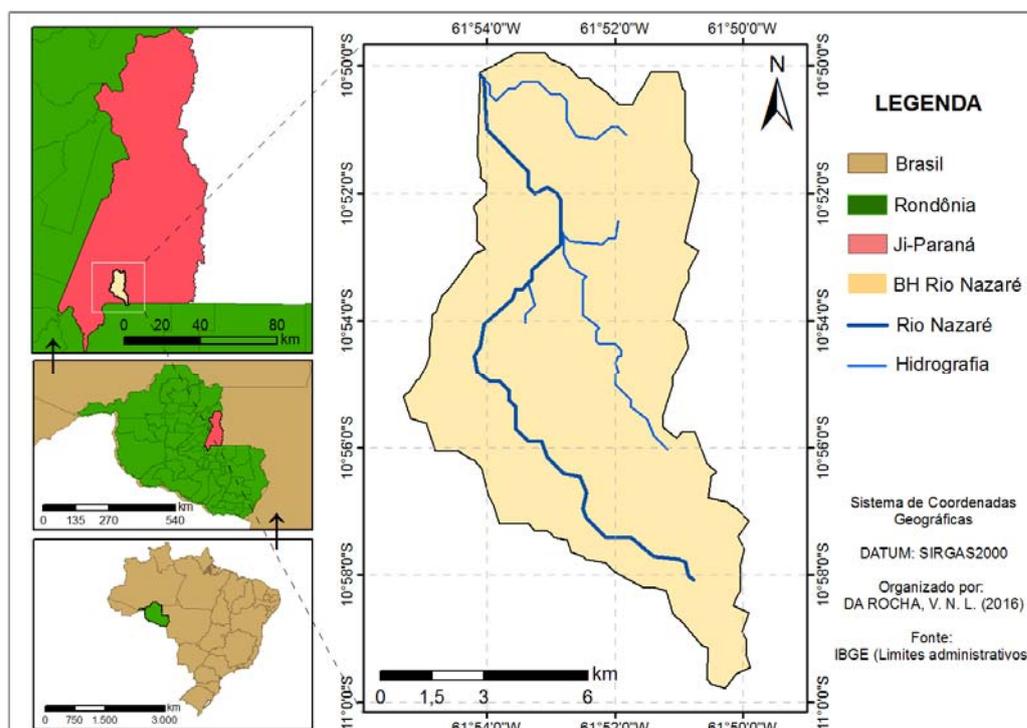


Figura 1 – Bacia Hidrográfica do Rio Nazaré, Ji-Paraná/RO, 2016.

A bacia engloba parte da zona urbana da sede municipal, em setores censitários recentes, com baixo grau de urbanização. Entretanto, a bacia apresenta perceptível relevância para o setor econômico local, sendo fonte de abastecimento de produtores rurais e de indústrias, tais como o frigorífico Tangará.

Aquisição de dados e geoprocessamento

A imagem de radar utilizada foi a folha SC-20-Z-A, com projeção DATUM WGS84, do Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com uma resolução espacial de 90 metros, adquirida gratuitamente no sítio eletrônico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.

Todas as etapas de geoprocessamento foram realizadas em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) no software ArcMap 10.2.2 versão *trial* do ArcGis (ESRI, 2013). Fora empregada manipulação, tratamento e análise digital da imagem, com extração das seguintes informações: delimitação da bacia, rede de drenagem, curvas de nível, declividade, hipsometria e outras informações com as ferramentas métricas do programa, que foram utilizadas para obtenção das características morfométricas.

Caracterização morfométrica

Para caracterização física da bacia hidrográfica em estudo, os parâmetros de análise foram: forma da bacia (coeficiente de compacidade e fator de forma), sistema de drenagem (ordem de Strahler, densidade de drenagem, extensão média de escoamento superficial e índice de sinuosidade) e as características do relevo (declividade, curva hipsométrica, elevação média da bacia e declividade do álveo). Para tanto, foram aplicados as fórmulas e índices destacados por Villela e Mattos (1975), apresentadas a seguir.

O coeficiente de compacidade (K_c), Equação 1, é encontrado pela relação entre o perímetro da bacia (P) e o comprimento da circunferência de um círculo de igual área (A) da bacia e raio (r), ambos expressos em (km).

$$K_c = \frac{P}{2 \pi r} \quad (\text{EQUAÇÃO 1})$$

O Fator de Forma (K_f) é a razão da largura média da bacia e seu comprimento axial, mensurado ao longo do canal principal. Ainda, como a largura média da bacia é obtida pela razão da sua área (A) pelo comprimento axial (L), pode-se determinar o Fator de Forma (K_f) por meio da Equação 2:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (\text{EQUAÇÃO 2})$$

A ordem da bacia de Strahler, modificada de Horton, consiste “numa classificação de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia” (VILLELA e MATTOS, 1975). Conforme Figura 2, todo trecho inicial recebe atributo “1” e o encontro de dois trechos de numeração igual gera um trecho de numeração maior, a ordem da bacia é o obtido em seu trecho final, no exutório.

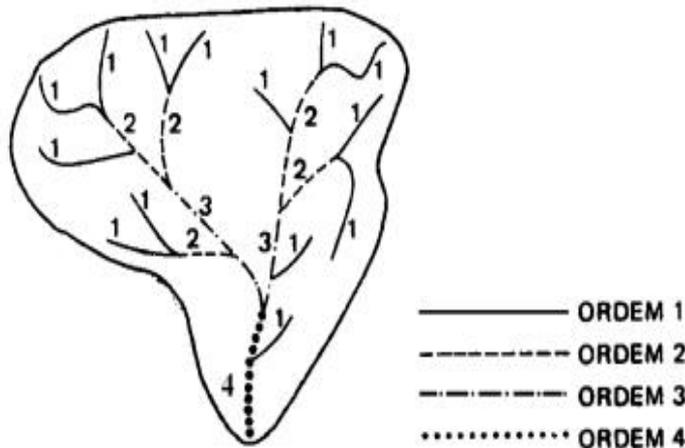


Figura 2 – Classificação de Strahler
 Fonte: Villela e Mattos (1975)

Para obter a extensão média de escoamento superficial (ℓ), conforme a Figura 3, a área da bacia é redistribuída num retângulo por equivalência de área, sendo um dos seus lados igual ao somatório dos cursos d'água na bacia, sendo ℓ a distância média do escoamento.

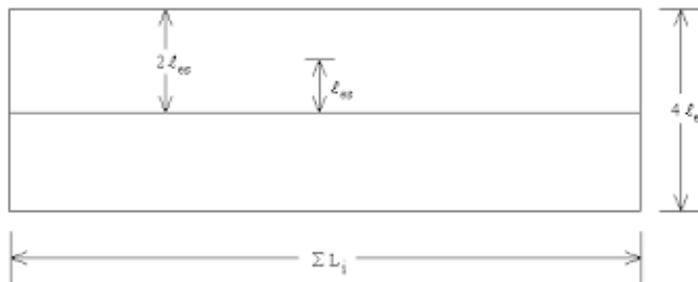


Figura 3 – Extensão média de escoamento superficial
 Fonte: adaptação de Villela e Mattos (1975)

É matematicamente definida como a razão da área (A) pelo quádruplo do comprimento total dos cursos d'água ($\sum L_i$), conforme Equação 3.

$$\ell = \frac{A}{4 \sum L_i} \quad (\text{EQUAÇÃO 3})$$

O índice de sinuosidade (Sin) representa o grau de sinuosidade do rio principal, dado parâmetro está relacionado com a razão entre o comprimento do rio principal (L_{rio}) e o comprimento do talvegue (L_t), segundo a Equação 4, como ambas variáveis possuem dimensão de espaço (km), o índice de sinuosidade é adimensional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

$$Sin = \frac{L_{rio}}{L_t} \quad (\text{EQUAÇÃO 4})$$

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Nazaré, Ji-Paraná (RO).

Características físicas	Resultados
Área	97,78 km ²
Perímetro	53,37 km
Coefficiente de compacidade (K _c)	1,51
Fator de forma (K _f)	0,27
Ordem de Strahler	3 ^a ordem
Sinuosidade	1,32
Extensão média do escoamento superficial (ℓ)	0,63 km
Declividade média da bacia	0,044 m/m
Altitude Máxima	243 m
Altitude Média	171,4
Altitude Mediana	170
Altitude Mínima	133 m
Perfil do Rio Nazaré:	
Declividade S ₁	0,0024 m/m
Declividade S ₂	0,002 m/m
Declividade S ₃	0,0018 m/m

Conforme dados apresentados, a bacia hidrográfica apresenta baixa susceptibilidade a eventos de enchentes, pois quanto mais próximo a uma unidade o valor do K_c estiver, mais sujeito a enchente é a bacia; e também quanto ao K_f a bacia apresenta característica mais alongada, reduzindo também essa propensão. A Figura 4 apresenta a classificação de ordem da bacia conforme metodologia de Strahler.

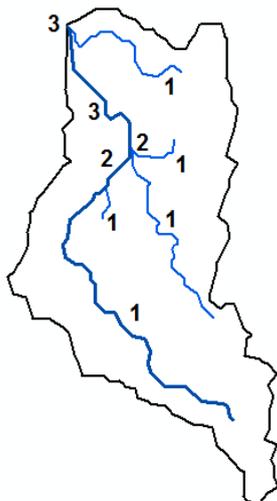


Figura 4 – Ordem da rede de drenagem segundo Strahler.

Ainda conforme a Tabela 1, o rio Nazaré possui uma sinuosidade superior a 32%, esse índice, aliado a outras variáveis, indica o comportamento hidráulico do canal, quanto maior o seu valor, espera-se uma menor carga energética do corpo hídrico,

relacionando por extensão ao transporte de sedimentos. Segundo Feitosa et al. (2011), valores entre 1 e 2 indicam formas transitórias, regulares e irregulares do canal.

A bacia possui uma extensão média de escoamento superficial (ℓ) igual a 0.63, consiste numa variável que representa “a distância média em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta desde onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d’água qualquer da bacia” (VILLELA e MATTOS, 1975).

Os valores de declividade e altitude da bacia e do rio principal, obtidos por processamento em SIG, foram extraídos com as informações da Figura 5.

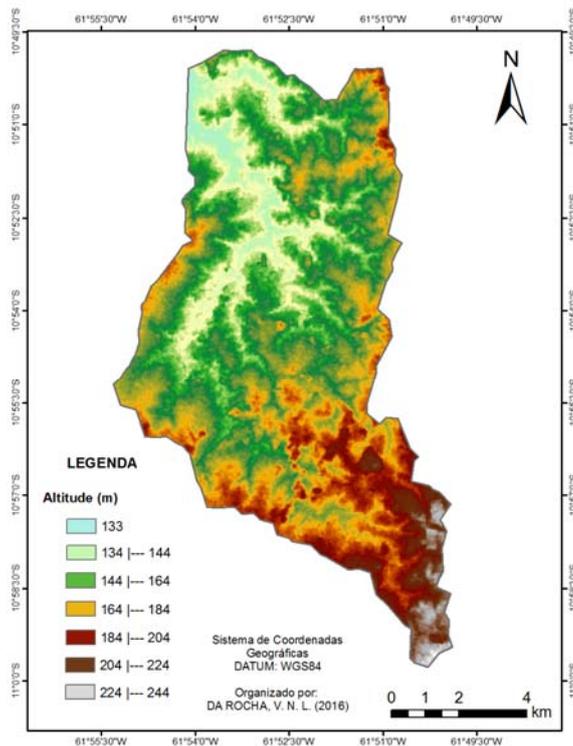


Figura 5 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica

Para construção da curva hipsométrica, Figura 6, os dados foram organizados em classes com intervalos pré-definidos, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição de altitudes na área de estudo.

Cota (m)		Área (km ²)				Col. 2 x Col. 3 (7)
Intervalo (1)	Ponto médio (2)	Entre curvas (3)	Acm. (4)	% (5)	% acm. (6)	
133 – 143	138	2,52	2,52	2,58	2,58	348,01
144 – 154	149	13,15	15,67	13,45	16,03	1959,13
155 – 165	160	23,69	39,36	24,23	40,26	3790,00
166 – 176	171	25,27	64,63	25,85	66,11	4321,02

Continuação... **Tabela 2** – Distribuição de altitudes na área de estudo.

Cota (m)		Área (km ²)				Col. 2 x Col. 3 (7)
Intervalo (1)	Ponto médio (2)	Entre curvas (3)	Acm. (4)	% (5)	% acm. (6)	
177 – 187	182	17,32	81,94	17,71	83,82	3151,35
188 – 198	193	8,99	90,93	9,19	93,01	1734,43
199 – 209	204	3,23	94,16	3,30	96,31	658,74
210 – 220	215	2,01	96,17	2,06	98,37	432,09
221 – 231	226	1,37	97,54	1,40	99,77	309,90
232 – 242	237	0,22	97,76	0,23	100	52,75
242 – 243	243	0,00	97,76	0,00	100	0,46
Total	-	97,76	-	-	-	16.757,87

Acm: acumulada; Col.: coluna

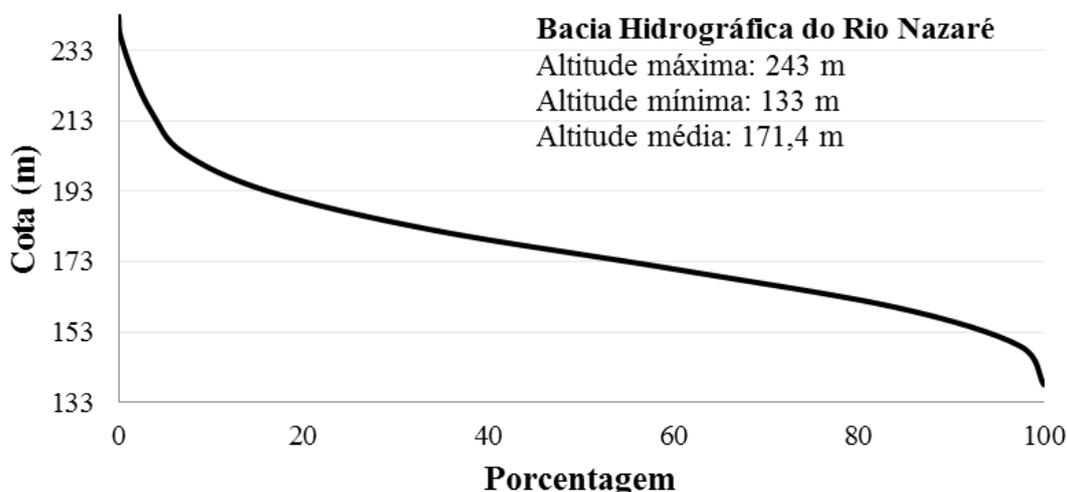


Figura 6 – Curva hipsométrica da bacia

Analisando a Figura 6 percebe-se uma distribuição relativamente boa dos valores de altitude, com o valor da mediana próximo à média. A curva hipsométrica é uma ferramenta importante na análise do comportamento do relevo da bacia, uma vez que uma curva muito acentuada é um indicativo de intensa discrepância nos valores de altimetria, com uma forte concentração de dados em poucas classes, indicando um relevo bem movimentado.

Na construção da curva de declividade foi realizado o mesmo procedimento de distribuição, como pode ser constatado na Tabela 3 e Figura 7.

Tabela 3 – Distribuição de altitudes na bacia hidrográfica do rio Nazaré.

Intervalo (1)	Número de ocorrências (2)	Porcentagem do total (3)	Porcentagem acumulada (4)	Declividade média intervalo (5)	do Coluna 2 x Coluna 3 (6)
0 – 0,327	42.805	41,29	100	0,01635	699,8617
0,327 – 0,0654	39.537	38,14	58,71	0,04905	1.939,2898
0,0654 – 0,0981	14.909	14,38	20,57	0,08175	1.218,8107
0,0981 – 0,1309	4.095	3,95	6,19	0,11450	468,8775
0,1309 – 0,1636	1.405	1,36	2,24	0,14725	206.8862
0,1636 – 0,1963	600	0,58	0,88	0,17995	107,9700
0,1963 – 0,229	233	0,22	0,30	0,21265	49,5474
0,229 – 0,2618	55	0,05	0,08	0,24540	13,4970
0,2618 – 0,2945	15	0,01	0,02	0,27815	4,1722
0,2945 – 0,3272	9	0,01	0,01	0,31085	2,7976
Total	103.663	100	-	-	4.011,8487

Declividade média = $4.011,8487 / 103.663 = 0.4545$ (m/m)

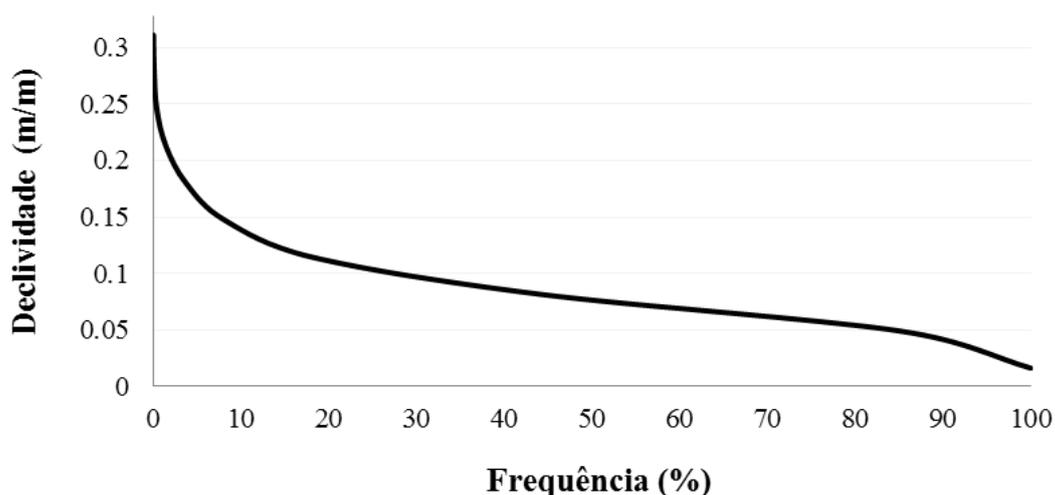


Figura 7 – Curva de distribuição da declividade (m/m)

A declividade também é outro meio robusto para análise do relevo de uma área, sendo um considerável aspecto no estudo do comportamento de escoamento das águas pluviométricas. Villela & Mattos (1975) frisam que essa variável controla boa parte do deflúvio, e por consequência o tempo que a água leva para alcançar os corpos hídricos superficiais, e por extensão, isso afeta a magnitude de picos de enchentes, parcela de água a ser infiltrada e capacidade de arraste de sedimentos.

Já o declive do canal principal, o rio Nazaré, é exposto na Figura 8.

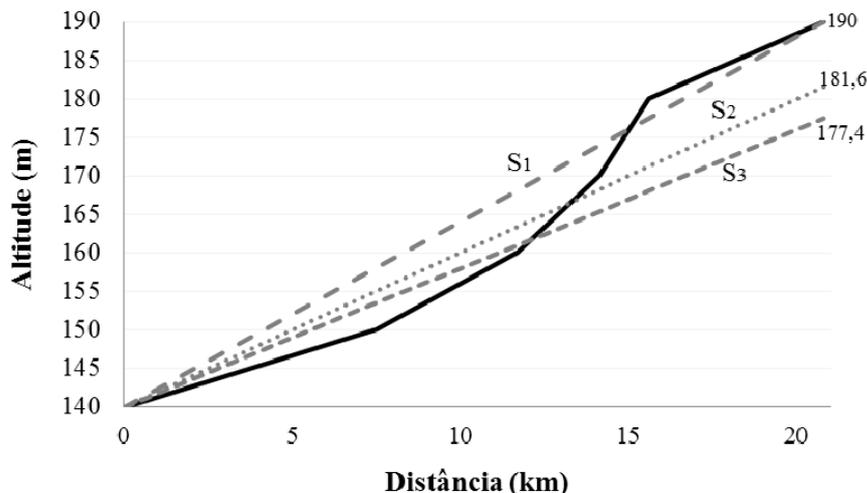


Figura 8 – Perfil longitudinal do rio Nazaré

Os valores de S1, S2 e S3, também apresentados na Tabela 1, são próximos porque a curva altimétrica do canal não aponta bruscas variações em relação à distância entre as curvas de nível. Dentre os valores de declividade do álveo, o S3 é o mais apurado, uma vez que levou em consideração durante sua obtenção o valor de declividade média de cada pixel ao longo do canal, tornando-o o valor mais fidedigno à realidade.

CONCLUSÕES

Por meio da caracterização física da bacia hidrográfica do rio Nazaré foi possível aferir a susceptibilidade a enchentes, analisar seu sistema de drenagem e suas características do relevo. A análise hipsométrica e de declividade permite, em conjunto com demais dados, compreender as informações relacionadas à hidrodinâmica da bacia. Evidenciando assim que as variáveis analisadas possuem intrínseca relação entre si e podem ser utilizadas em estudos mais específicos.

Espera-se que a presente pesquisa possa contribuir em futuros estudos na área, uma vez que o objeto de pesquisa apresenta relevância ambiental, econômica e social para a localidade. Insta destacar a importância dessas ferramentas para a gestão sustentável da bacia, e que sua obtenção é relativamente barata, corroborando para seu uso em distintas áreas de planejamento, tendo a bacia hidrográfica como a unidade fisiográfica.

REFERÊNCIAS

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Caminhos da Geografia**, v. 8, n. 1, p. 46-58, 2007.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, n. 29, 09 jan. 1997, Seção 1.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. **ArcMAP**, versão *trial*. Nova Iorque, 2016. Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis>>. Acesso em: 1 maio 2016.

FEITOSA, A.; SANTOS, B.; ARAÚJO, M. S. B. Caracterização morfométrica e identificação de áreas susceptíveis a erosão na bacia do rio Pajeú, PE: o estudo de caso da bacia do rio Pajeú/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 1, p. 820-836, 2011.

GRASSI, M. T. Cadernos Temáticos: As águas do planeta Terra. Química Nova na Escola, Ed. Especial, p. 31-40, 2001.

JUNIOR, C. B., BARBASSA, A. P. **Geoprocessamento e Recursos Hídricos**. São Carlos: EDUFSCAR. 2012. 257 p.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill Book. 1975. 245 p.