

## As variáveis geomorfométricas e a vulnerabilidade das paisagens na bacia hidrográfica do Educandos (Manaus-AM)

Geomorphometric variables and landscape vulnerability in the Educandos watershed (Manaus, AM, Brazil)

Variables geomorfométricas y vulnerabilidad del paisaje en la cuenca del Educandos (Manaus, AM, Brasil)

**Armando Brito da Frota Filho**

Professor de Geografia da SEMED-Manaus  
[armandofrota.filho@gmail.com](mailto:armandofrota.filho@gmail.com)

**Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira**

Professor Titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas  
[fabiovieira@ufam.edu.br](mailto:fabiovieira@ufam.edu.br)

### Resumo

O presente estudo tem por objetivo analisar a bacia hidrográfica do Educandos, situada na Zona Sul de Manaus (AM), com base em parâmetros morfométricos e geomorfológicos. A metodologia incluiu a delimitação da bacia em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), a geração de Modelo Digital de Elevação (MDE), a elaboração de mapas temáticos e o cálculo de índices consagrados na literatura (densidade de drenagem e hidrográfica, forma do relevo, entre outros descritos na metodologia). A bacia, classificada como de 3<sup>a</sup> ordem, possui uma área de 45,120 km<sup>2</sup> e perímetro de 36,800 km. A rede hidrográfica é composta por 86 canais, sendo o principal com 12,600 km de extensão, orientado no sentido noroeste-sudeste. O índice de sinuosidade (1,050) indica um curso d'água relativamente retilíneo, influenciado por estruturas geológicas regionais. A densidade de drenagem (1,613 km/km<sup>2</sup>) e a densidade hidrográfica (1,901 km/km<sup>2</sup>) revelam rede bem estruturada e escoamento significativo. A amplitude altimétrica é de 70 metros, com predominância de declividades entre 8% a 20% (39,67% da área) e entre 20% a 45% (35,22% da área), caracterizando relevo moderadamente dissecado. Os valores da relação de relevo (0,671), do índice de rugosidade (60,189 m), do coeficiente orográfico (62,609 m) e do coeficiente de massividade (1,177) apontam para superfície irregular. A forma alongada da bacia é evidenciada pelos índices de circularidade (0,419) e compacidade (1,545), que influenciam no tempo de concentração do escoamento. Os valores do comprimento de Hack (14,747 km) e do coeficiente de manutenção (620,347 m/km<sup>2</sup>) indicam uma rede de drenagem eficiente. Esses resultados oferecem subsídios valiosos para o planejamento territorial e a gestão dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** morfometria; geomorfologia; SIG; bacia urbana; ordenamento territorial.

### Abstract

This study aims to analyze the Educandos River Basin, located in the southern zone of Manaus (AM), based on morphometric and geomorphological parameters. The methodology included the delimitation of the basin in a Geographic Information System (GIS) environment, the generation of a Digital Elevation Model (DEM), the production of thematic maps, and the calculation of well-established indices in the literature (area, drainage density, hydrographic density, among others described in the methodology). The basin, classified as 3rd order, covers an area of 45.120 km<sup>2</sup> and has a perimeter of 36.800 km. The hydrographic network consists of 86 channels, with the main one

extending 12,600 km in a northwest-southeast orientation. The sinuosity index (1.050) indicates a relatively straight watercourse, influenced by regional geological structures. The drainage density (1.613 km/km<sup>2</sup>) and hydrographic density (1.901 km/km<sup>2</sup>) reveal a well-structured network and significant runoff. The altimetric range is 70 meters, with slopes predominantly between 8%–20% (39.67% of the area) and 20%–45% (35.22% of the area), characterizing moderately dissected relief. The values of relief ratio (0.671), roughness index (60.189 m), orographic coefficient (62.609 m), and massivity coefficient (1.177) point to an irregular surface. The elongated shape of the basin is evidenced by the circularity (0.419) and compactness (1.545) indices, which influence runoff concentration time. The Hack length (14.747 km) and maintenance coefficient (620.347 m/km<sup>2</sup>) values indicate an efficient drainage network. These results provide valuable support for territorial planning and water resource management.

**Keywords:** morphometry; geomorphology; GIS; urban basin; land-use planning.

## Resumen

El presente estudio tiene como objetivo analizar la cuenca hidrográfica del Educandos, ubicada en la zona sur de Manaus (AM), a partir de parámetros morfométricos y geomorfológicos. La metodología incluyó la delimitación de la cuenca en un entorno de Sistema de Información Geográfica (SIG), la generación de un Modelo Digital de Elevación (MDE), la elaboración de mapas temáticos y el cálculo de índices consolidados en la literatura (área, densidad de drenaje, densidad hidrográfica, entre otros descritos en la metodología). La cuenca, clasificada como de 3º orden, posee un área de 45,120 km<sup>2</sup> y un perímetro de 36,800 km. La red hidrográfica está compuesta por 86 canales, siendo el principal de 12,600 km de longitud, orientado en dirección noroeste-sureste. El índice de sinuosidad (1,050) indica un curso de agua relativamente rectilíneo, influenciado por estructuras geológicas regionales. La densidad de drenaje (1,613 km/km<sup>2</sup>) y la densidad hidrográfica (1,901 km/km<sup>2</sup>) revelan una red bien estructurada y un escurrimiento significativo. El rango altimétrico es de 70 metros, con predominio de pendientes entre 8%–20% (39,67% del área) y entre 20%–45% (35,22% del área), caracterizando un relieve moderadamente disectado. Los valores de la relación de relieve (0,671), índice de rugosidad (60,189 m), coeficiente orográfico (62,609 m) y coeficiente de masividad (1,177) apuntan a una superficie irregular. La forma alargada de la cuenca está evidenciada por los índices de circularidad (0,419) y de compacidad (1,545), que influyen en el tiempo de concentración del escurrimiento. Los valores de la longitud de Hack (14,747 km) y del coeficiente de mantenimiento (620,347 m/km<sup>2</sup>) indican una red de drenaje eficiente. Estos resultados ofrecen aportes valiosos para la planificación territorial y la gestión de los recursos hídricos

**Palabras clave:** morfometría; geomorfología; SIG; cuenca urbana; ordenamiento territorial.

## Introdução

As bacias hidrográficas configuram-se como células de análise ambiental e unidades espaciais de referência para o planejamento territorial e a gestão dos recursos hídricos. Sua compreensão exige a integração das dimensões sociais, culturais e econômicas de uma região, constituindo-se em base para a tomada de decisões orientadas ao desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, as bacias atuam como unidades para a avaliação dos impactos das atividades humanas, a gestão de ecossistemas e a formulação de políticas públicas e projetos integrados, que extrapolam o controle da disponibilidade hídrica e do uso do solo. Nesse contexto, a análise morfométrica revela-se instrumento essencial tanto

para o diagnóstico quanto para a elaboração de prognósticos, subsidiando estratégias de gestão territorial e ambiental.

Do ponto de vista morfogenético, as bacias hidrográficas constituem recortes naturais da paisagem com conjunto de terras drenadas por um rio principal, seus afluentes e nascentes delimitados por interflúvios, no qual as águas das chuvas escoam pelas vertentes se concentrando nas depressões longitudinais que são responsáveis pela organização dos fluxos hídricos superficiais e subterrâneos a partir de condicionantes geológicos, topográficos e climáticos (Christofeletti, 1980; Guerra e Guerra, 2010). Conforme observa Carvalho (2009), além de figurarem entre as principais unidades geomorfológicas, as bacias se consolidaram como domínios analíticos indispensáveis para compreender a espacialização das dinâmicas naturais e antrópicas. Essa centralidade é reforçada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/1997, que reconhece a bacia como unidade físico-territorial de planejamento e gestão, consolidando-a como referência nas políticas públicas de ordenamento e uso sustentável do território.

Nesse horizonte, a análise morfométrica constitui ferramenta fundamental para interpretar a bacia hidrográfica enquanto sistema hidrogeomorfológico que está permanentemente sujeito a transformações, em especial quando localizada em ambiente urbano. O exame de atributos como forma, declividade, densidade de drenagem e amplitude altimétrica permite reconhecer padrões de organização espacial e funcional, além de fornecer parâmetros objetivos para diagnósticos ambientais (Silva, Schulz e Camargo, 2003), dentre eles indicar áreas com vulnerabilidade intrínseca, denominadas por Grigio (2003) como vulnerabilidade natural que corresponde aos aspectos naturais da paisagem, como fatores geomorfológicos, geológicos e pedológicos.

Em contextos urbanos, esses indicadores assumem relevância adicional, uma vez que os processos de urbanização alteram as superfícies e por consequência a dinâmica hídrica e geomorfológica, transformando as relações socioespaciais com os rios, que deixam de exercer funções ecológicas e simbólicas e passam a ser tratados resultados de impactos ambientais urbanos (Fraxe, 2000; Sternberg, 2000).

Essas discussões adquirem materialidade no caso de Manaus, cuja rede de drenagem foi profundamente modificada ao longo do processo de urbanização. Tradicionalmente descrita por Ab'Saber (1953) como uma “cidade entre igarapés”, a capital amazonense vivenciou, nas últimas décadas, a descaracterização progressiva de sua rede hidrográfica, tanto nas áreas centrais quanto nas periferias. A bacia hidrográfica do igarapé do Educandos é exemplo desse processo: a urbanização acelerada, a ocupação irregular de Áreas de Preservação Permanente, a canalização, retificação e cimentação de leitos e a supressão das matas ciliares resultaram na degradação dos cursos d’água, com implicações diretas sobre a dinâmica hidroambiental e territorial.

Dados evidenciam um crescimento urbano de 108,25% na bacia hidrográfica do Educandos entre 1999 e 2017 (Frota Filho, 2021). Nesse mesmo período, a ocupação das APPs passou de 33,42% para 74,17%, indicando um processo contínuo de degradação das zonas ripárias sem a devida regulação ou intervenção estatal. Tais alterações comprometem a qualidade hídrica e a integridade física dos canais, favorecendo episódios recorrentes de alagamentos, aumento do escoamento superficial e perda da capacidade de regulação natural do sistema. Diante desse cenário, a análise morfométrica desponta como recurso estratégico para compreender as consequências da urbanização sobre a dinâmica da bacia hidrográfica e subsidiar ações de ordenamento e gestão territorial e ambiental mais eficazes.

Diante desse cenário, a análise de parâmetros geomorfométricos e da vulnerabilidade natural emerge como instrumento estratégico subsidiando a definição de áreas prioritárias para políticas públicas assertivas como recuperação de áreas ciliares e contribuindo para estratégias de ordenamento e planejamento territorial mitigação de impactos, mapeamento de áreas de risco e gestão ambiental integrada dos recursos hídricos.

Neste contexto, este trabalho tem como propósito analisar a bacia hidrográfica do Educandos, situada na Zona Sul de Manaus (AM), com base em parâmetros morfométricos e geomorfológicos (descritos na metodologia), com ênfase na compartimentação do relevo e na identificação dos diferentes níveis de vulnerabilidade natural da paisagem frente aos impactos decorrentes da urbanização.

## Área de estudo

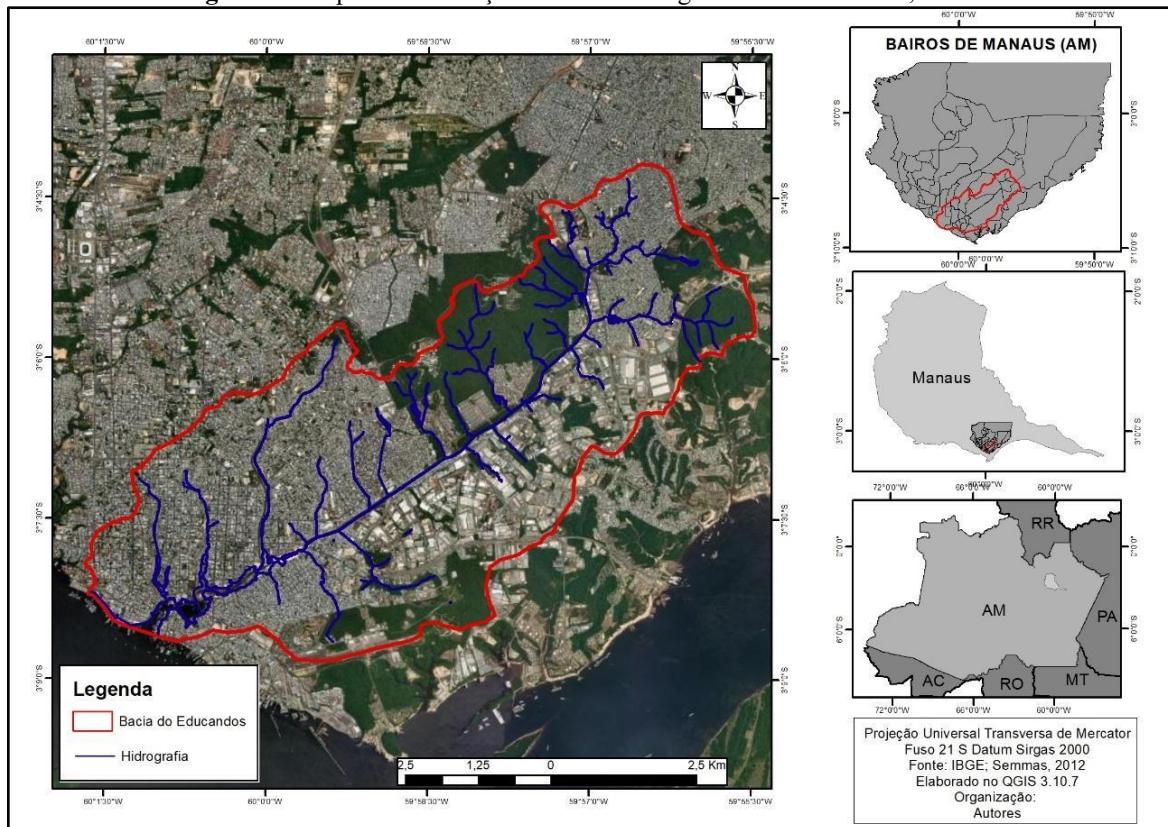
Compreende a bacia hidrográfica do Educandos, com 45,12 km<sup>2</sup>, localizada no perímetro urbano de Manaus, contendo parcial ou integralmente 26 bairros das zonas sul, centro-sul e leste da cidade (Figura 01). A cidade de Manaus está situada sobre a Formação Alter do Chão, componente da Bacia Sedimentar do Amazonas, que integra a Província Estrutural Amazônica, limitada pelos escudos das Guianas e Brasileiro.

A geomorfologia da cidade é controlada por feições estruturais resultantes de movimentos neotectônicos associados ao Mioceno, com falhas normais predominantes nas direções ENE-WSW e E-W, responsáveis pela orientação de drenagens e vales encaixados (Silva, 2005). A área urbana está inserida no Planalto Dissecado do Rio Negro/Uatumã, unidade que abriga colinas tabulares com cotas entre 50 e 100 metros, interflúvios estreitos e vales profundos, com dissecação acentuada sobre a Formação Alter do Chão (Ab'Saber, 1953; Silva, 2005; Vieira, 2008).

No que se refere aos aspectos hidrológicos, é importante destacar que a ocupação da **bacia hidrográfica do Educandos** remonta ao período anterior à década de 1950 (Oliveira, 2003). Desde

então, a rede de drenagem vem sofrendo sucessivas transformações, tanto na sua morfologia quanto na qualidade da água, no estado das margens e na condição dos leitos dos igarapés. Esses impactos, acumulados ao longo das décadas, alteraram profundamente o comportamento hidrológico da bacia. Contudo, para fins de análise morfométrica, considera-se o traçado original da rede hidrográfica, anterior às grandes intervenções promovidas pelo Prosamim.

**Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Educandos, Manaus – AM.**



Org: Autores, 2024.

Destaca-se o estudo de Pacheco e Santos (2003), realizado na sub-bacia do igarapé do Quarenta, porção média da bacia hidrográfica do Educandos, onde foi desenvolvida caracterização hidrológica em momento anterior ao início das obras de requalificação urbana (Quadro 1).

**Quadro 1:** Síntese das características do canal principal da bacia hidrográfica do Educandos.

Parâmetro	Características
Substrato e/ou habitat disponível	Baixa variedade por se tratar de um rio de baixa velocidade.
Regimes de velocidade/profundidade	Leito chato, apresentando mais de um talvegue, profundidade em seções do médio curso variando em torno de 1 metro
Deposição de sedimentos	Baixa deposição de sedimentos.
Estabilidade das margens	Margens estáveis pela vegetação
Proteção das margens pela vegetação	Margens protegidas por vegetação ciliar original
Características físicas da água	Cor de café/ chá fraco – (cor preta) (Classificação de Sioli, 1984)

Fonte: Pacheco e Santos, 2003. Org: Autores, 2021.

A cobertura vegetal da cidade de Manaus, originalmente composta por Floresta Ombrófila Densa, sofreu acentuada redução ao longo das últimas décadas, sobretudo em função da expansão urbana desordenada. Entre os anos de 1986 e 2004, houve uma perda de aproximadamente 96 km<sup>2</sup> de áreas verdes, com destaque para as zonas Leste e Norte, que apresentaram aumentos superiores a 80% na área desmatada (Vieira, 2008).

A análise da evolução do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Educandos, revela que entre 1999 e 2017 a área urbana cresceu 108,25%, pressionando de forma significativa a rede hidrográfica da bacia (Frota Filho, 2021). Esse avanço comprometeu diretamente a qualidade das nascentes e dos canais de primeira ordem, especialmente em razão da urbanização das faixas marginais. Em 1999, as APPs da bacia apresentavam 33,42% de ocupação urbana, percentual que saltou para 74,17% em 2017 (Frota Filho, 2021), evidenciando a omissão do poder público no controle do uso do solo nessas áreas sensíveis.

## Metodologia

No perímetro urbano de Manaus estão inseridas 18 bacias hidrográficas (Vieira, 2008) e, destas, a partir do Modelo Digital de Elevação – MDE, foi delimitado polígono em ambiente de SIG da bacia hidrográfica do Educandos, no qual foram obtidos automaticamente dados de área, perímetro, largura média e extensão do canal principal. Quanto ao comprimento da bacia hidrográfica, Christofolletti (1980) afirma que há várias formas de calcular o seu comprimento, o que acarreta uma diversidade de dados a serem obtidos. Dentre as maneiras propostas pelo autor, foi escolhida a distância medida em linha reta que acompanha paralelamente o rio principal. A largura foi medida em três pontos da bacia (montante, meio e jusante). O perímetro do polígono foi delimitado por meio dos divisores de água da bacia, pois trata-se de uma linha ao longo do divisor de águas (Christofolletti, 1980; Teodoro *et al.*, 2007).

Posteriormente, a compartimentação da área de estudo foi realizada por meio de critérios hidrográficos, como densidade hidrográfica, linha do divisor de águas e perfil longitudinal do rio principal. Assim, foram traçados também perfis topográficos transversais em três pontos da bacia (montante, meio e jusante). O MDE foi produzido para a obtenção da altimetria da área de estudo, servindo de base para a elaboração de um mapa com as declividades (em porcentagem).

Os índices e parâmetros sugeridos para o estudo analítico de uma bacia hidrográfica foram abordados em quatro (4) itens, conforme Schumm (1956), Tricart (1965) e Christofolletti (1969; 1980), sendo eles: hierarquia fluvial, análise areal, análise linear e análise hipsométrica. Para complementar a análise dos aspectos estruturais do relevo, utilizaram-se ainda os estudos de Porto *et al.* (1997), Silva *et al.* (2003), Jesus (2004), Borsato (2005), Sousa e Rodrigues (2012), Cardoso *et al.* (2012), Soares e Souza (2012), Landin Neto *et al.* (2014) e Menezes e Salgado (2018).

Esses dados foram utilizados para o cálculo de parâmetros morfométricos, tais como: Densidade de Drenagem (Dd), Densidade Hidrográfica (Dh), Extensão do Percurso Superficial (Eps), Índice de Sinuosidade (Isin), Coeficiente de Manutenção (Cman), Comprimento de Hack (Lh), Relação de Relevo (Rh), Gradiente do Canal Principal (G), Índice de Rugosidade (Ir), Coeficiente de Massividade (Cmas), Coeficiente Orográfico (Co), Relação de Alongamento (Re), Índice de Circularidade (Ic) e Índice de Compacidade (Ik). Os parâmetros morfométricos referentes à análise linear (Christofolletti, 1980), areal e hipsométrica da rede hidrográfica da bacia do Educandos foram calculados e interpretados com as equações específicas apresentadas no Quadro 2.

**Quadro 2:** Síntese dos parâmetros e cálculos usados para caracterizar a bacia hidrográfica do Educandos.

Parâmetros	Cálculo	Referência	Parâmetros	Cálculo	Referência
Área (A)	$A = L \cdot B$	-	L de Hack	$L=1,5 \cdot A^{0,6}$	Cardoso <i>et al.</i> , (2012)
Perímetro (P)	P	-	Variação	$(L-L_{\text{Hack}})/L$	
Comprimento do eixo da bacia (L)	L	-	Amplitude Altimétrica ( $\Delta a$ )	$\Delta a = H-h$	-
Largura (B)	B	-	Relação do Relevo ( $R_h$ )	$R_h = \Delta a / L$	Schumm (1956)
Número de canais da bacia	N	-	Gradiente dos Canal Principal (G)	$G = [(H-h)/L] \times 100$	Soares e Souza (2012)
Comprimento do canal principal	$L_b$	-			
Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = L_t / A$	Christofolletti (1980)	Índice de Rugosidade (Ir)	$Ir = H \times Dd$	Christofolletti (1980)
Densidade Hidrográfica (Dh)	$Dh = N / A$	Christofolletti (1980)	Coeficiente de Massividade (Cmas)	$Cm = Am / A$	Christofolletti (1980)
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	$Eps = 1 / 2Dd$	Christofolletti (1980)	Coeficiente Orográfico (Co)	$Co = Am \times Cm$	Christofolletti (1980)

Índice de Sinuosidade $I_{\sin}$	$I_{\sin} = L / Lt$	Souza e Soares (2012)	Relação de Enlongamento ( $R_e$ )	$R_e = 1,128 \cdot A^{0,5} \cdot L^{-1}$	Christofeletti (1980)
Coeficiente de manutenção ( $C_{man}$ )	$C_{man} = 1 / Dd \times 1000$	Christofeletti (1980)	Índice de Circularidade ( $I_c$ )	$I_c = 12,57 \cdot A \cdot P^{-2}$	Christofeletti (1980)
			Índice de Compacidade ( $I_k$ )	$I_k = 0,2821 \cdot P \cdot A^{-0,5}$	Christofeletti (1980)

Org. Autores, 2025.

A classificação da vulnerabilidade natural considerou dois procedimentos articulados. O primeiro foi o uso do Índice de Rugosidade (Ir), associado às formas de relevo, conforme a proposta de Sousa e Rodrigues (2012). O segundo partiu do mapa de declividade da bacia hidrográfica do Educandos, em que as classes de declividade foram relacionadas às categorias de relevo e aos níveis de suscetibilidade erosiva, seguindo a classificação de Ramalho Filho e Beek (1995) apud Sousa e Rodrigues (2012). Os resultados foram expressos em valores absolutos ( $km^2$ ) e relativos (%), o que permitiu evidenciar como a vulnerabilidade se distribui na área de estudo. Os resultados foram organizados em termos de valores absolutos ( $km^2$ ) e relativos (%), possibilitando avaliar a distribuição espacial da vulnerabilidade dentro da bacia hidrográfica.

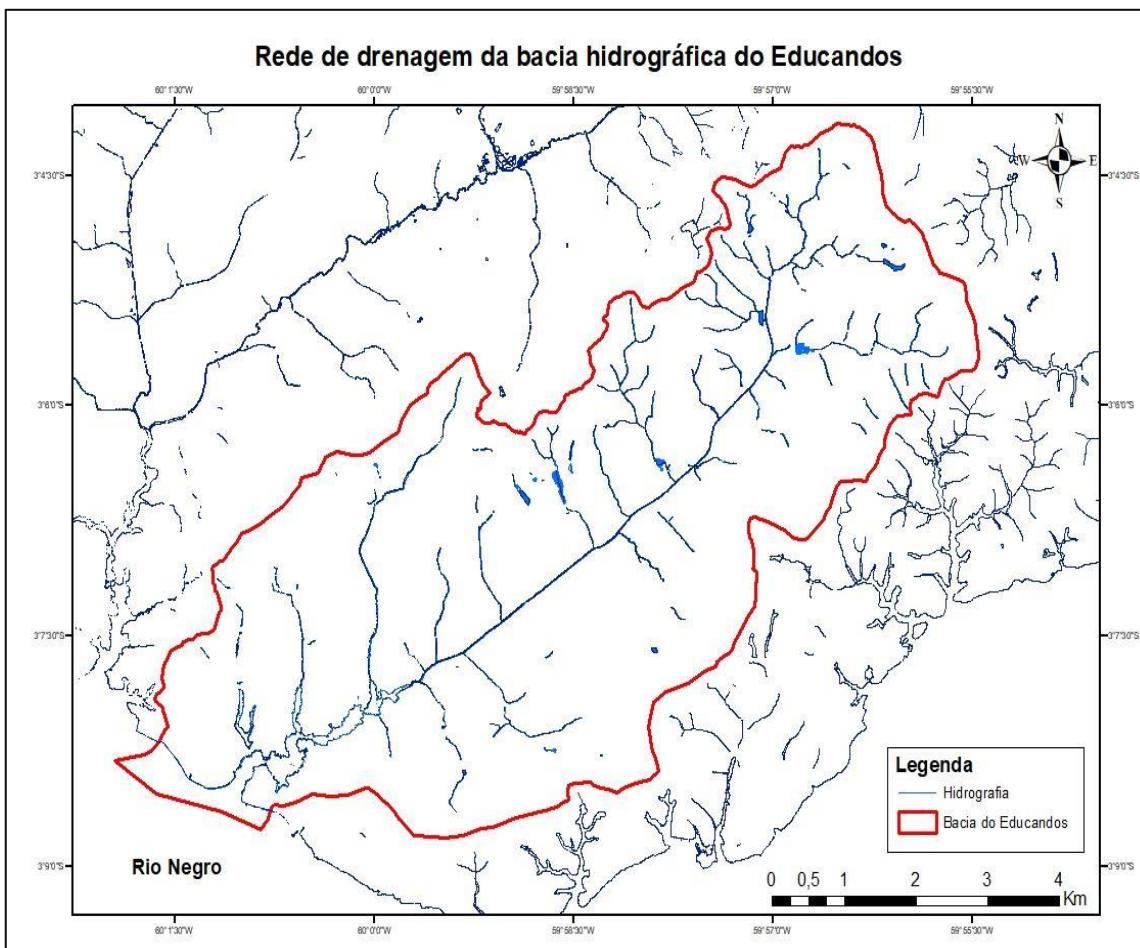
## Resultados e discussões

A análise de bacias hidrográficas, por meio de Padrão de Drenagem, Parâmetros morfométricos e de drenagem, Características morfológicas, e outros cálculos como a Lei de Hack e as Comparações com o Círculo possibilita a identificação de particularidades e de processos formadores dessa unidade do relevo.

### • Ordem da Bacia e Padrão de Drenagem

O canal principal e eixo da bacia hidrográfica possuem orientação NE-SW, diferindo sentidos predominantes dos cursos fluviais e vales na região (NW-SE), devido ao controle estrutural neotectônico. Contudo, como aponta Cunha (2000), rios retilíneos não são usuais, não ultrapassando 1 km, a menos que apresentem controle estrutural, e o curso principal da bacia, em especial o médio e baixo curso tende a ser mais retilíneo. Na Bacia hidrográfica do Educandos, o rio principal da bacia é de 3º ordem (Figura 2), classificado a partir do modelo de Strahler (1957).

**Figura 2 - Rede de Drenagem da bacia Hidrográfica do Educandos.**



Fonte: Semmas, 2016. Elaboração: Autores, 2025.

A bacia apresenta Padrão de Drenagem Dentrítico e, conforme Christofoletti (1980), é um padrão também conhecido como Arborescente. Neste tipo de padrão de drenagem, as junções dos canais fazem ângulos agudos com graduações variadas, sem chegar a ângulos retos (Figura 2). Nesse sentido a abordagem e análise deles segue a apresentação das Características Morfológicas, Parâmetros de Drenagem, Lei de Hack, Características Geomorfológicas e Relação com o Círculo (Quadro 3).

**Quadro 3:** Síntese dos parâmetros de morfométricos, Drenagem, Características e morfológicas da bacia hidrográfica do Educandos.

	Parâmetros	Valor		Parâmetros	Valor
Características Morfológicas	Área (A)	45,120 Km <sup>2</sup>	Lei de Hack	L de Hack	14,747 Km
	Perímetro (P)	36,800 Km		Variação	-0,343%
	Comprimento do eixo da bacia (L)	11,977 Km		Amplitude Altimétrica ( $\Delta a$ )	70m
	Largura (B)	4,361 Km		Relação do Relevo ( $R_h$ )	0,671
Parâmetros de Drenagem	Número de canais da bacia	86	Características Geomorfológicas	Gradiente dos Canal Principal (G)	0,638%
	Comprimento do canal principal	12,600 Km		Textura da Topografia (Tt)	0,451
	Densidade de Drenagem (Dd)	1,613 Km/Km <sup>2</sup>		Índice de Rugosidade (Ir)	60,189m
	Densidade Hidrográfica (Dh)	1,901 Km/Km <sup>2</sup>		Coeficiente de Massividade (Cmas)	1,177
	Extensão do Percurso Superficial (Eps)	0,310 Km		Coeficiente Orográfico (Co)	62,609m
	Índice de Sinuosidade $I_{sin}$	1,050		Relação de Enlongamento ( $R_e$ )	0,027
	Coeficiente de manutenção ( $C_{man}$ )	620,347 m/Km <sup>2</sup>		Índice de Circularidade ( $I_c$ )	0,419
				Índice de Compacidade ( $I_k$ )	1,545
Org.: Autores, 2025.					

#### • Características Morfológicas: Parâmetros de Drenagem

A bacia hidrográfica dos Educandos tem área de 45,12 km<sup>2</sup> pode ser classificada segundo Porto *et al.* (1997), como sendo de tamanho “médio”, fato confirmado por características morfométricas como Perímetro (36,80 Km), Comprimento do eixo da bacia (11,97 Km) e a Largura média (4,36 Km).

A densidade de drenagem (Dd) da bacia, calculada em 1,613 km/km<sup>2</sup>, enquadra-se na faixa considerada baixa, de acordo com a proposta de Christoforetti (1969). Nessa classificação, valores abaixo de 7,5 km/km<sup>2</sup> refletem redes de drenagem pouco desenvolvidas, enquanto valores superiores indicam maior ramificação. No caso da bacia analisada, essa densidade reduzida pode estar relacionada a fatores como a natureza dos solos, a cobertura vegetal ainda preservada em alguns trechos ou intervenções humanas que tenham alterado o fluxo natural da água. Esse dado revela como a topografia responde ao escoamento superficial, servindo como ponto de partida para entender os processos morfodinâmicos em curso na área.

Esse dado é pertinente pois apesar de o valor indicar uma drenagem pouco densa, a área revela uma forte dissecação do relevo, o que por sua vez sugere que a rede de drenagem é influenciada por outros fatores, como o uso e ocupação do solo e as intervenções de origem antrópica.

Na bacia hidrográfica do Educandos a Densidade Hidrográfica (Dh) é 1,908 Km/Km<sup>2</sup>. Villela e Mattos (1975 *apud* Menezes e Salgado, 2018) apontam que índices entre 0,5 e 3,0 Km/Km<sup>2</sup> são considerados “medianamente drenada”, e no caso mais específico da cidade Manaus, estudos de Vieira (2008) informam que nas bacias da cidade, os valores de Dh variam entre 1,32 a 11,45 Km/Km<sup>2</sup>. A bacia hidrográfica do Educandos apresenta 86 canais (Vieira, 2008), não muito extensos espalhados em uma bacia espacialmente grande (45,12 km<sup>2</sup>), o que reduz a densidade hidrográfica. Marcuzzo *et al.* (2012) definem que uma bacia é considerada bem drenada quando tem 01 (um) canal por km<sup>2</sup>.

O resultado do cálculo revela que a Extensão do Percurso Superficial (Eps) é de aproximadamente de 310 metros (0,31 km), um valor médio para a bacia. Sousa e Rodrigues (2012) apresentam uma forma de classificação do Eps que pode ser dividida em quatro categorias: baixa, para valores abaixo de 1 km; mediana entre 1 a 0,248 km; entre 0,24 a 0,142 km como alta, e acima de 0,142 km enquanto muito alta. Essa Eps caracterizada enquanto “mediana”, ou seja, espaçamento estreito entre os cursos d’água indica o escoamento rápido das águas pluviais para os canais que integram a bacia. Nesse sentido, Silva *et al.* (2003) afirmam que quando ocorre um espaçamento relativamente grande entre os canais fluviais, como no caso da Bacia do Educandos, é considerada com uma textura topográfica que tende “fina”.

O índice de Sinuosidade ( $I_{sin}= 1,05$ ) indica que os rios da bacia apresentam uma tendência para o padrão retilíneo, pois segundo classificação de Lana (2001 *apud* Landin Neto, *et al.*, 2014) a sinuosidade pode ser classificada em: próximos a 1,0 enquanto retilíneos; entre 1 e 2, como transicionais e superior a 2, como tortuosos. Canais principais com essa característica são considerados com pequena capacidade de acúmulo de sedimentos (Jesus, 2004; Soares e Souza, 2012).

O C<sub>man</sub> da bacia hidrográfica do Educandos foi de 163,398 m<sup>2</sup>/Km, assim na bacia há para cada quilômetro quadrado 1,639 metros de canal de drenagem, característica de relevo pouco ondulado a ondulado e com densidade de drenagem baixa.

- L de Hack

Cardoso *et al.* (2012) afirmam que a Lei de Hack é um bom estimador para bacias hidrográficas de tamanho inferior a 25 km<sup>2</sup>, pois apresenta alta correlação entre o valor calculado e o real comprimento do canal. No entanto, a variação entre esses dois parâmetros cresce progressivamente com o tamanho da bacia, pois segundo os autores, em uma bacia com 66 km<sup>2</sup> a variância entre os dois valores é de 18%. Enquanto na bacia hidrográfica do Educandos, o comprimento encontrado pela Lei de Hack foi de 14,74 km, foi um valor de variação negativa de 34,30%.

Esse valor, conforme Cardoso *et al.* (2012), representa um erro que ocorre devido ao processo de alongamento da bacia, pois tende a se alongar à medida que aumenta de tamanho, o que condiz com o formato alongado da bacia, contudo como ela tem uma bifurcação no terço superior, o canal tenderá a uma configuração na qual a rede de drenagem tenha seu consumo de energia minimizado (Borsato, 2005).

#### • Características Geomorfológicas

A bacia hidrográfica do Educandos apresenta valores baixos ( $R_h=0,671$ ), Borsato (2005) converteu os valores de Schumm (1956) para unidades métricas, na qual a variação de perda de sedimento anual é cerca de  $47,6 \text{ m}^3/\text{km}^2$  para uma Relação de Relevo de 0,1, e para valores de 0,6 apresenta relação de até  $1429,4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ . Devido à geomorfologia local a perda de sedimentos é naturalmente baixa, além disso, associa-se ao fato de que a bacia apresenta água de cores negras, associada a rios de baixa velocidade (Sioli, 1984). No que tange a bacia estudada foi encontrado um valor para o Índice de Rugosidade (Ir) de 60,189 m, e conforme o Quadro 04 a bacia de maneira geral apresenta um relevo Plano com declividade média até a 3%, que são indicativos de uma baixa vulnerabilidade natural a processos erosivos.

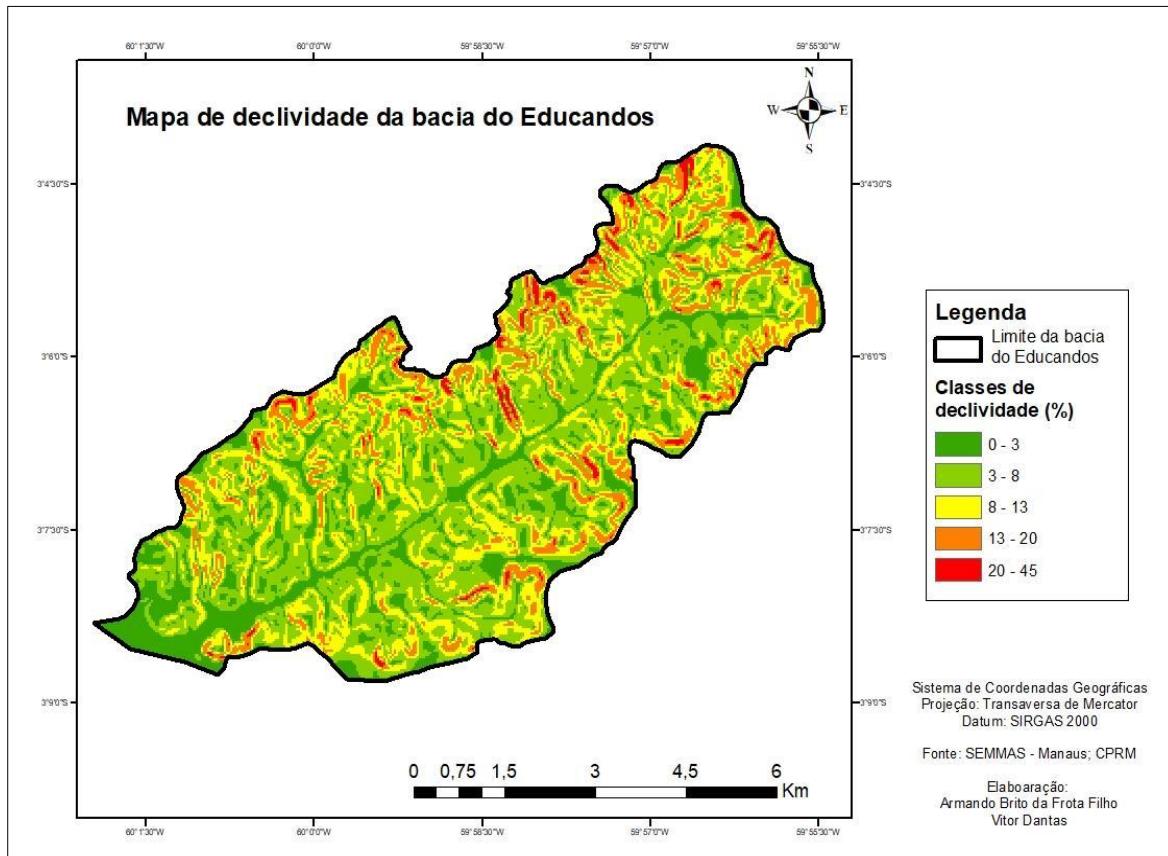
**Quadro 4:** Classificação do índice de rugosidade e sua relação com a forma de relevo

Classe	Valor	Forma de relevo
Fraca	0 - 150	Plano com declividade média até a 3%
Média	151 - 550	Suave ondulado com declividade média entre 3 e 8%
Forte	551 - 950	Ondulado, com declividade média entre 9 e 20%
Muito Forte	> 950	Forte ondulado a montanhoso a escarpado com declividade média superior

Fonte: Sousa e Rodrigues, 2012.

A partir desses dados, é possível interpretar, conforme a classificação proposta por Ramalho Filho e Beek (1995) *apud* Sousa e Rodrigues (2012), que declividades entre 0% e 8% correspondem classe suave ondulado, com suscetibilidade inexistente ou pouco susceptível. Declividades de 9% a 20% enquadram-se na classe ondulada, com suscetibilidade moderada a forte. O intervalo entre 21% e 45% é classificado como forte ondulado, com suscetibilidade muito forte, enquanto valores superiores a 45% pertencem à classe montanhoso à escarpado, com suscetibilidade severa (Figura 3).

**Figura 3** - Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica Educandos – AM.



Fonte: SEMMAS, 2013. Elaboração: Autores, 2019.

Há preponderância de declividades suaves a moderadas, o que corrobora os resultados obtidos por meio dos cálculos morfométricos (Figura 3). A análise indica que 61,37% da bacia encontra-se na classe suave ondulado (“não suscetível a pouco suscetível”), resultado na soma entre a faixa de declividade mais expressiva está entre 3% e 8%, abrangendo 42,54% da área total da bacia, e o intervalo de declividade de 0 a 3% (18,83% da bacia), tabela 1. 36,84% são classificados como classe ondulado, caracterizando predominância de áreas com suscetibilidade erosiva moderada a forte (Tabela 1).

A relação entre as categorias de relevo e suas classes de suscetibilidade erosiva, articulada ao mapeamento das declividades (Figura 3), permite avançar para uma leitura espacial da vulnerabilidade natural a processos erosivos da bacia hidrográfica do Educandos. Mais do que um exercício de sobreposição cartográfica, esse procedimento revela como determinadas combinações de formas do relevo e de declividades estruturam zonas de maior vulnerabilidade natural, onde os processos erosivos encontram condições propícias para se intensificar. Essa interpretação não se limita ao diagnóstico físico da área, mas oferece um quadro analítico que pode orientar o

planejamento territorial, a gestão das águas e a definição de áreas em que a conservação deve prevalecer sobre a ocupação.

**Tabela 1:** Classes de declividade, categorias de relevo e susceptibilidade erosiva, valores em área ( $\text{km}^2$ ) e porcentagem (%) na bacia hidrográfica do Educandos.

Declividade (%)	Área ( $\text{Km}^2$ )	Área (%)	Categoria de relevo	Susceptibilidade Erosiva
0-3	8,50	18,83	Suave ondulado	Não suscetível a pouco suscetível
3-8	19,20	42,54		Moderada a Forte
8-13	11,43	25,34	Ondulado	Muito Forte
13-20	5,18	11,49		Severa
20-45	0,81	1,78	Forte Ondulado	
>45	-	-	Montanhoso a escarpado	
Total	45,12	100	-	-

Fonte: Baseado na tabela adaptada de Ramalho Filho e Beek (1995) apud Sousa e Rodrigues (2012).  
Org.: Autores, 2025.

As porções mais susceptíveis localizam-se, sobretudo, nas bordas da bacia hidrográfica, com destaque para o terço superior, onde as declividades variam entre 20% e 45%, refletindo maior restrição ao uso do solo e à ocupação urbanisticamente desordenada.

Conforme Borsato (2005), valores que variam até 1,0 definem o valor da integral hipsométrica. Bacias que apresentam valores inferiores a 0,5 correspondem a bacias com distribuição de terras baixas; as de valores superiores correspondem a bacias com maior distribuição de terras altas.

O Coeficiente Orográfico (62, 60m) é relativamente alto devido aos valores de altitude média e do Coeficiente de Massividade. Os dados de *Cmas* e *Co* são semelhantes com os encontrados por Scheidegger (1987) apud Borsato (2005), logo, infere-se que é uma bacia geologicamente madura, devido a sua distribuição equilibrada de altitudes, a qual pode ser considerada uma bacia de média atividade de processos de degradação e formação.

Bras (1990) apud Borsato (2005) afirma que bacias hidrográficas com resultados semelhantes se encontram em equilíbrio, no qual a erosão atua de forma relativamente homogênea na redução do relevo. Entretanto, no caso da bacia do Educandos, apesar dos parâmetros geomorfológicos e morfométricos indicarem baixa vulnerabilidade à erosão, a intervenção antrópica contribui para o desenvolvimento e a aceleração dos processos erosivos.

O Gradiente do Canal Principal (G) indica o grau de inclinação do canal principal da bacia. A bacia hidrográfica do Educandos tem sua nascente a altitude de 100 e sua foz a altitude de 25 m, e apresenta um gradiente de 0,637%, que indica um desnível topográfico relativamente suave, o que confirma a análise do Índice de Rugosidade.

Como apontam Sousa e Rodrigues (2012) esse parâmetro analisado isoladamente, permite verificar a capacidade erosiva do rio principal. Em estudos dos referidos autores encontrou-se um índice de 0,53% considerado baixo, comparado com valor encontrado de 0,637% na bacia hidrográfica estudada. Pode-se considerar que este é um índice baixo com pouca erosividade no canal principal.

O Gradiente (G) varia de acordo com a seção da bacia, seja o curso superior, médio ou inferior do rio. Na bacia a concentração das declividades mais fortes ocorre na parte superior da bacia, e nas proximidades das bordas das voçorocas, onde localizam-se as maiores altitudes e também a maior fragilidade.

- **Comparações com o círculo**

De acordo com Schumm (1956) a Relação de Enlongamento ( $R_e$ ) revela a razão entre o diâmetro do círculo com a área da bacia, que pode variar de 0 a 1. Quanto mais próximo a 01 (um), mais semelhante ao formato de um círculo. A bacia hidrográfica do Educandos apresenta valor de 0,027 caracterizado como relativamente mais distante ao formato de um círculo, tanto que sua delimitação é mais alongada.

O Coeficiente de Compacidade ( $I_k$ ) mostra a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de área igual. Quanto mais irregular o formato da bacia, maior será o índice, variando de 1 ao infinito, sendo 1 o círculo perfeito. A bacia apresenta valor de 1,545, o que a caracteriza como mais longe ao círculo, em nível de comparação, a bacia Colônia Antônio Aleixo, na zona leste de Manaus, apresenta valor de 1,297, a qual efetivamente mais próxima do círculo.

A bacia hidrográfica do Educandos apresenta uma forma que se distancia do formato de um círculo, e tende a ser mais alongada. Além disso, há relação entre o formato da bacia com o Tempo de Concentração da água, desde a precipitação a sua saída pelo exultório, pois quanto menos circular, maior será esse tempo. Propiciando tendência de menos cheia no canal principal, em condições normais de geomorfologia.

A bacia hidrográfica apresentou o valor do Índice de Circularidade ( $I_c$ ) de 0,418, que segundo Schumm (1956) indica uma bacia circular favorável aos processos de escoamento. Visto que para os autores a razão de circularidade indica a forma da bacia e sua influência no escoamento. Valores inferiores a 0,51 caracterizam bacias alongadas, com menor risco de enchentes. O valor de 0,51

aponta escoamento moderado e baixa probabilidade de inundações rápidas. Já valores acima de 0,51 indicam bacias mais circulares, favorecendo a ocorrência de inundações.

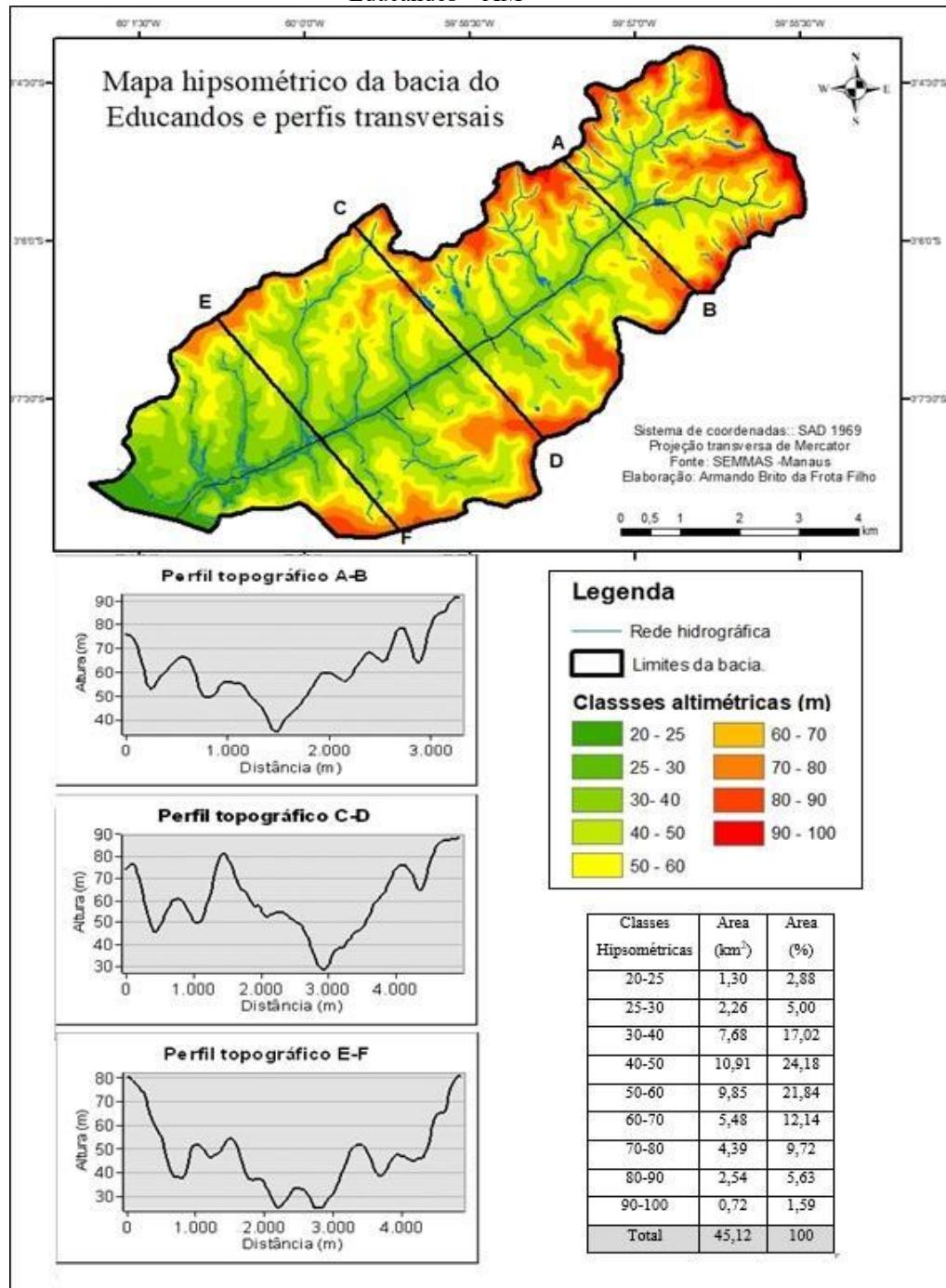
Com base nos dados da Relação de Enlongamento ( $R_e$ ), Coeficiente de Compacidade ( $I_k$ ) e Índice de Circularidade ( $I_c$ ), que representam as características geomorfológicas da bacia com base em comparações com o círculo em parâmetros morfométricos, a bacia hidrográfica do Educandos apresenta um caráter que tende mais ao escoamento, e baixa concentrações de enchente devido à quantidade de canais e a extensão do seu canal principal, contudo dois fatores são importantes nesta análise. Um deles diz respeito ao barramento hidráulico sofrido pela foz da bacia devido as cotas fluviais do rio Negro, que em épocas de cheias geram enchentes na foz da bacia, um evento completamente natural. Outro fator importante, de ordem antrópica diz respeito às obras do PROSAMIM, que ao retificarem e cimentarem trechos do canal principal aumentaram consideravelmente sua vazão, que na foz é barrada pelo rio Negro, intensificando o processo de barramento. Outro fator relacionado com a ação humana jaz na formação de bancos de areia e o processo de assoreamento.

#### • Caracterização Topográfica da Bacia Hidrográfica do Educandos

A análise da hipsometria da bacia hidrográfica do Educandos associada aos seus perfis Longitudinal e Transversal auxilia no estudo da forma e espacialização da área da bacia. Para isso, a equidistância escolhida foi a cada 10 metros, gerando 9 classes (Tabela 02 e Figura 4). Isso ocorre devido à pouca variação altimétrica apresentada na bacia. O ponto mais elevado está a 99 metros e o de menor altitude a 21 metros, o que resulta em uma amplitude altimétrica de 78 metros, que tem como cota média 52,1 metros.

A bacia teve como classe hipsométrica mais representativa o intervalo de 40 à 50 metros, o que corresponde a 20,71% da área da bacia. Em seguida, o intervalo de 40 a 50m com 24,18% da bacia. O intervalo com menor área foi de 90 a 100m, com 1,59 % localizado na região próxima às nascentes e as bordas da bacia a montante. A figura 4 apresenta a localização dos perfis topográficos (transversais) traçados na bacia. O perfil topográfico (longitudinal) é traçado no ponto mais elevado próximo da nascente à foz do rio principal.

**Figura 4** - Modelo Digital de Elevação com localização dos Perfis Topográficos da Bacia Hidrográfica do Educandos – AM



Fonte: SEMMAS, 2013. Elaboração: Vitor Dantas e Armando Brito da Frota Filho, 2019.

O perfil longitudinal do rio apresenta desnível altimétrico do terreno, com 45 metros de diferença entre a nascente, localizada a 57 metros de altitude, e a foz, a 12 metros (Figura 5). O curso d'água, com 12,56 km de extensão da nascente à foz, apresenta orientação noroeste-sudeste (NW-SE).

**Figura 5:** Perfil Longitudinal do rio principal da Bacia Hidrográfica do Educandos, Manaus-AM; em azul área de alcance da cheia (29,31m) de 2013.



Fonte: SEMMAS, 2013. Org: Armando Brito da Frota Filho, 2019.

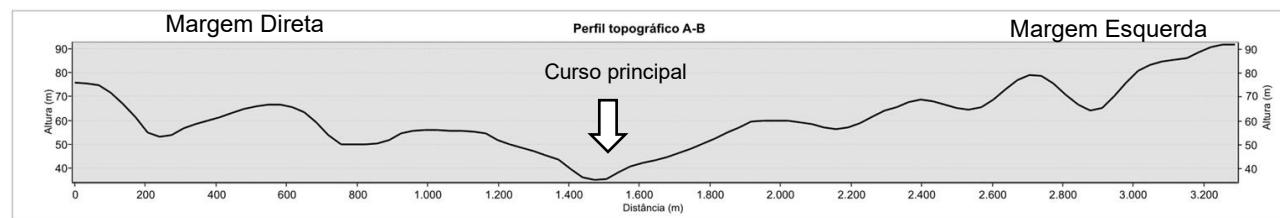
Em azul, destaca-se o trecho que sofreu represamento no canal principal da bacia hidrográfica do Educandos, levando em consideração a maior cheia registrada do rio Negro, que ocorreu em junho de 2013, tendo alcançado 29, 31m. Nesse sentido é possível que o barramento hidráulico dessa cheia em específico tenha resultado em um represamento de cerca de 6 km desde a foz até a cota superior à da cheia.

A dispersão hidráulica é maior na área do curso superior, com desníveis mais abruptos, que reduzem no curso médio com desníveis menos acentuados e reduzem drasticamente no curso inferior favorecendo vazão lenta na jusante em função da baixa altimetria neste trecho e ao barramento hidráulico causado pelo rio Negro.

Quanto aos perfis topográficos transversais, foram realizados 03 para a bacia dos educandos: um no curso superior da bacia denominado de A-B; um no curso médio denominado de C-D e outro no curso inferior da bacia denominado E-F.

O perfil topográfico transversal A-B (Figura 6), traçado no curso superior da bacia hidrográfica do Educandos, o qual apresenta 3,251 Km de extensão. O ponto A encontra-se em uma elevação aproximada de 77m, enquanto o ponto B encontra-se a 93m e apresenta desnível topográfico de 16 metros entre esses pontos. Ainda se nota que a margem direita apresenta um nível maior de dissecação quando comparada à margem esquerda.

**Figura 6:** Perfil Transversal A-B, localizado no curso superior da Bacia Hidrográfica do Educandos.



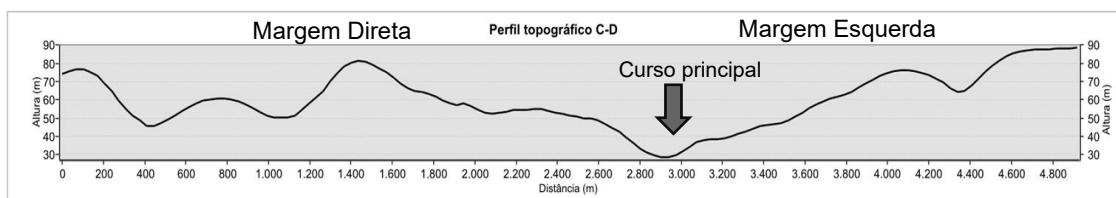
Fonte: SEMMAS, 2013. Org: Armando Brito da Frota Filho, 2019

No Perfil Transversal A-B, percebe-se que além da margem esquerda possuir as maiores altitudes, enquanto a margem direita apresenta as maiores declividades, como visto no mapa de

declividades, a bacia apresenta-se relativamente dissecada, em especial na direita, contudo, em ambos os lados os vales tendem a ser mais abertos, e menos encaixados, inclusive no canal principal. Isso também indica vulnerabilidade natural a processos erosivos maior nas encostas da margem direita.

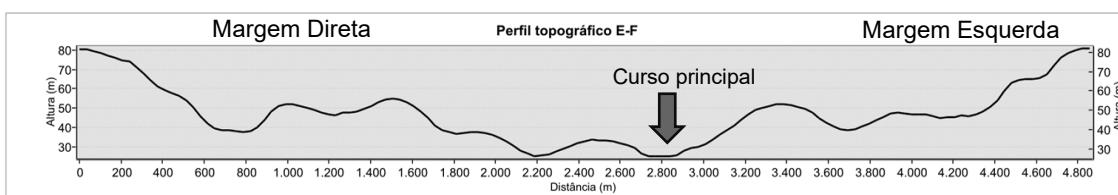
No perfil topográfico transversal C-D, traçado no curso médio da bacia hidrográfica do Educandos, tendo 4,943 Km apresenta o ponto C com uma altitude aproximada de 77m enquanto o ponto D está a 89m, com desnível topográfico aproximadamente de 12 metros entre eles (Figura 7). Entretanto, há a presença de platôs mais elevados na margem esquerda que chegam a 90m de altitude, enquanto na margem direita os pontos mais altos são de 80m. No perfil Transversal C-D, ambas as margens são dissecadas, seus vales em formato de “U” característicos de regiões de baixas declividades.

**Figura 7** -Perfil Transversal C-D, localizado no curso médio da Bacia Hidrográfica do Educandos.



Fonte: SEMMAS, 2013. Org: Armando Brito da Frota Filho, 2019.

O perfil transversal E-F (Figura 8) traçado no curso inferior da bacia tem 4,886 km de comprimento. Os pontos E e F estão em cotas de 80 metros, nesse sentido o desnível topográfico entre o topo e fundo do vale é de 58 metros. Neste ponto (baixo curso) da bacia, o nível de dissecação do relevo é ainda mais baixo se comparado com os trechos superiores, em ambas as margens, e apresenta grande quantidade de vales com formato em “U”, que resultam das baixas declividades, variando entre 0 e 8%, e tendo seu máximo nas bordas do trecho inferior da bacia, com 13%, ainda que incipiente.



Fonte: SEMMAS, 2013. Org: Armando Brito da Frota Filho, 2019.

Ao se ponderar as seções da bacia, perfis longitudinais e transversais e suas características geomorfológicas e topográficas é notável que a mesma apresenta um relevo muito dissecado, com altimetrias baixas, ainda se comparadas com bacias circum-adjacentes, e as declividades são igualmente baixas, característica de relevo plano a suave ondulado. Nesse sentido a bacia não apresenta susceptibilidade a processos erosivos de forma geral, todavia esta sofre com o processo de

ocupação humana que alterou significativamente o curso do canal principal e de tributários, além do aumento da carga sedimentar, tornando a bacia ainda mais vulnerável a processos de cheia.

Como apontado pelos padrões de forma da bacia (Relação de Enlongamento, Índice de Circularidade e Índice de Compacidade), esta tem uma forma mais alongada, que devido às próprias características morfológicas tende a um processo maior de escoamento, ou seja, poucos ou nenhum caso de enchentes. Contudo, esses parâmetros apesar de muito importantes e darem um panorama da bacia individualmente, não podem ser analisados fora do contexto geomorfológico maior, ou seja, sem considerar onde a bacia deságua, nesse caso no rio Negro, que em período de cheia extremas, causa o barramento hidráulico, como visto no perfil longitudinal do canal principal.

Assim, ainda que os parâmetros internos da bacia indiquem um comportamento geomorfológico com baixa propensão a inundações, a dinâmica local e regional altera profundamente essa condição. A cheia de 2013 é emblemática nesse sentido, tendo gerado o represamento de aproximadamente seis quilômetros do canal principal, com repercussões diretas sobre a ocupação urbana e a segurança ambiental local.

## Considerações finais

A pesquisa descreve a morfometria da bacia hidrográfica do Educandos, onde se observa dinâmica moderada do relevo e da drenagem, associada a baixa vulnerabilidade natural. Os parâmetros geomorfométricos (forma do relevo, declividade e coeficiente de manutenção) indicam uma rede de drenagem eficiente. Entretanto, fatores antrópicos como ocupação irregular, falhas na drenagem urbana e supressão da vegetação (especialmente em APPs) têm potencial para desencadear processos incomuns em condições naturais, intensificando a erosão em lençol e elevando a carga de sedimentos transportados pelo canal. A organização espacial da bacia reflete, assim, um conjunto complexo de relações entre atributos morfométricos, geomorfológicos e intervenções humanas. Apesar da baixa suscetibilidade natural à erosão, a ação antrópica tem contribuído para intensificar os processos erosivos.

A análise morfométrica mostra que a bacia possui forte controle litoestrutural sobre a rede de drenagem. O índice de sinuosidade ( $I_{sin} = 1,05$ ) indica tendência a padrões retilíneos, refletidos na forma alongada, na baixa densidade de drenagem ( $1,613 \text{ km/km}^2$ ) e nas declividades predominantemente suaves (0 a 8%). Essas características, em condições naturais, tenderiam a indicar baixa suscetibilidade a processos erosivos significativos. Contudo, a dissecação visível em algumas seções e a presença de áreas com maior energia potencial, sobretudo nas bordas e no curso superior, revelam uma dinâmica de relevo que não pode ser generalizada.

Essa interpretação exige cautela, pois variáveis como tipos de solo, cobertura vegetal e uso e ocupação da terra desempenham papel central na análise da bacia. Embora a morfologia contribua para dilatar o tempo de concentração do escoamento superficial, reduzindo a ocorrência de enchentes bruscas, perturbações como a substituição da vegetação por áreas impermeabilizadas intensificam o escoamento para os canais e elevam o volume de água no sistema.

Esse quadro se agrava com a influência direta do rio Negro, cuja oscilação de cotas, especialmente nos períodos de cheia, impõe um barramento hidráulico natural na foz da bacia hidrográfica do Educandos. Portanto, a compreensão desta bacia hidrográfica exige uma leitura para além dos números e índices isolados. Há necessidade de uma visão integrada e holística, na qual os aspectos hidrogemorfológicos sejam apreendidos juntamente com o funcionamento da rede de drenagem e como as transformações impostas pela urbanização se articulam nesta nova dinâmica fluvial urbana.

A análise dos parâmetros geomorfométricos tem caráter de caracterização e diagnóstico da vulnerabilidade natural da bacia, permitindo subsidiar o planejamento territorial, a definição de áreas prioritárias para ocupação ou não ocupação e a gestão dos recursos hídricos. Além disso, quando associada a mapas de uso e cobertura da terra, amplia-se o potencial de análise, possibilitando o mapeamento de áreas de risco e a proposição de estratégias de mitigação frente às pressões urbanas.

## Agradecimentos

À CAPES e FAPEAM pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

## Referências

- AB'SABER, A. N. A cidade de Manaus (primeiros estudos). **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, v. 15, p. 18-45, 1953.
- BORSATO, F. H. **Caracterização física das bacias de drenagem do município de Maringá e os postos de combustíveis como potenciais poluidores**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2005.
- CARDOSO, A. T.; GIGLIO, J. N.; KOBIYAMA, M.; GRISON, F. Morfometria de bacias embutidas na gestão de bacias hidrográficas – Rio Negrinho, SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 7., 2012, Criciúma. **Anais**[...]. Criciúma: ASBEA, 2012. v. 1. p. 1-10.
- CHRISTOFOLLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Campinas, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.
- CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 149 p.

CARVALHO, S. M. A. contribuição dos estudos em bacias hidrográficas para a abordagem ambiental na geografia. p. 201-218. In MENDONÇA, F.; LÖWEN-SAHR, C. L.; SILVA, M. (Orgs.). **Espaço e tempo**: complexidade e desafio do pensar e do fazer geográfico. Curitiba: Ademadam, 2009, v. 1. 740p.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, E. S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 337-379.

FROTA FILHO, A. B. da. **Ações modificadoras e seus impactos no ambiente fluvial do Igarapé do Educandos, Manaus (AM)**. 2021. 110 f. Monografia (Especialização) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE), Rio de Janeiro, RJ, 2021.

FRAXE, T. J. P. **Homens anfíbios**: etnografia de um campesinato das águas. 1. ed. São Paulo: Annablume, 2000. 192 p.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. 222 p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

GUERRA, A. J. T.; GUERRA, A. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 652 p.

JESUS, M. R. G. **Análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Cambuí no perímetro urbano de Campo Largo – PR**. 2004. 116 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2004.

LANDIM NETO, F. O.; GORAYEB; PEREIRA FILHO, N.S. Análise das condições hidroclimáticas, hidrogeológicas e morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Guaribas, Ceará, Brasil: subsídios para a gestão ambiental local. **Boletim Campineiro de Geografia**, v. 4, p. 285-303, 2015.

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. de L.; CARDOSO, M. R. D.; TSCHIEDEL, A. F. Detalhamento hidromorfológico da bacia do rio Paraíba. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 11., 2012, João Pessoa. **Anais[...]**. Porto Alegre: ABRH, 2012. v. 1. p. 1-20.

MENEZES, C. R.; SALGADO, C. M. Caracterização geomorfológica e de intervenções urbanas na bacia do rio Imboacu (São Gonçalo, Rj): contribuição ao estudo de inundações. **Formação** (online), v. 25, n. 44, 2018.

OLIVEIRA, J. A. de. **Manaus de 1920 a 1967**. A cidade doce dura em excesso. Manaus: Editora Valer; Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2003.

PACHECO, J. B.; SANTOS, Antonio dos. Microbacia do Igarapé do Quarenta em Manaus-AM: análise climatológica e hidrológica. In: OLIVEIRA, J. A.; ALECRIM, J. D.; GASNIER, T. R. J. (Org.). **Cidade de Manaus**: visões interdisciplinares. Manaus: EDUA, 2003. p. 49–80.

PORTO, R. L.; ZAHED FILHO, K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. Drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997. Cap. 21, p. 805-847. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 4).

SCHUMM, S. A. The evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956.

SIOLI, H. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses, and river types. In: SIOLI, H. (Ed.). **The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Dordrecht, 1984. v. 56, p. 127-165.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. 1. ed. São Carlos: RIMA, 2003. 138 p.

SILVA, C. L. **Análise da tectônica cenozoica da região de Manaus e adjacências**. 2005. 309 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2005.

SOARES, M. R. G. J.; SOUZA, J. M. S. Análise morfométrica da bacia do rio Pequeno em São José dos Pinhais - PR. **Geografia (Londrina)**, v. 21, p. 19-36, 2012.

SOUSA, F. A.; RODRIGUES, S. C. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 11, maio-ago. 2012.

STERNBERG, H. R. **A Água e o Homem na Várzea do Careio**. 2. ed. Belém: Fundação Museu Goeldi, 2000. 330 p. v. 2.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, n. 38, p. 913–920, 1957.

TEODORO, V. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, v. 20, p. 137-156, 2007.

TRICART, J. **Principles e Methodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson et Cie. Ed., 1965.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.