

## ANÁLISE DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS DA ALTA BACIA DO RIBEIRÃO DA BOA VISTA- CORUMBATAÍ (SP): SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL DE PAISAGEM RURAL EM ESCALA DE DETALHE

Melina de Melo Silva<sup>1</sup> 

Cenira Maria Lupinacci<sup>2</sup> 

### Destaques:

- Mapeamento morfométrico como importante ferramenta para o Planejamento Ambiental.
- A análise morfométrica do relevo permite reconhecer situações propícias ao desenvolvimento da erosão linear.
- Os terrenos com declives passíveis de mecanização agrícola são afetados por sulcos erosivos.
- O planejamento ambiental necessita de dados sobre condições de relevo suscetíveis a erosão.
- A utilização das geotecnologias contribui para a obtenção de dados morfométricos de qualidade.

**Resumo:** A morfometria, compreendida como a geometria do relevo, pode ser avaliada a partir de diversas técnicas de mapeamento. Estas se caracterizam como ferramentas que podem gerar dados importantes para a avaliação da potencialidade do relevo aos processos denudativos subsidiando o planejamento ambiental. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi analisar as variáveis morfométricas que compõem a energia do relevo da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP), posicionada na Depressão Periférica Paulista, a qual se caracteriza por elevada quantidade de feições erosivas. Para isso, foram utilizados dados das cartas de declividade, dissecação horizontal, dissecação vertical e energia do relevo. A análise dos dados permitiu constatar que os maiores índices de declive e de dissecação vertical convergiam com as maiores classes de energia do relevo, denotando o potencial erosivo no alto curso da bacia, onde se tem a presença de uma extensa voçoroca. Os demais setores da bacia apresentam energia do relevo menos intensa, contudo, as classes intermediárias de dissecação horizontal identificaram rampas longas, que combinadas aos altos declives, podem intensificar os processos de erosão e dificultar o uso e ocupação da terra.

**Palavras-chave:** Dissecação Horizontal; Dissecação Vertical; Declividade; Energia do Relevo; Feições erosivas lineares.

<sup>1</sup> Graduanda em Geografia pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP – Rio Claro). E-mail: melinamellosilva@gmail.com

<sup>2</sup> Docente da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP – Rio Claro). E-mail: cenira.lupinacci@unesp.br

## ANALYSIS OF MORPHOMETRIC VARIABLES OF THE HIGH BASIN OF RIBEIRÃO DA BOA VISTA- CORUMBATAÍ (SP): SUBSIDIES TO THE ENVIRONMENTAL PLANNING OF RURAL LANDSCAPE IN DETAIL SCALE

**Abstract:** Morphometry, understood as relief geometry, can be evaluated from various mapping techniques. These are characterized as tools that can generate important data for the evaluation of the potentiality of relief to denudative processes supporting environmental planning. In this sense, the objective of this study was to analyse the morphometric variables that compose the energy of the relief of the Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP), positioned in the Paulista Peripheral Depression, which is characterized by a high amount of erosive features. For this, data from the letters of slope, horizontal dissection, vertical dissection and relief energy were used. The data analysis showed that the highest rates of slope and vertical dissection converged with the largest energy classes of the relief, denoting the erosive potential in the high course of the basin, where there is the presence of an extensive gully. The other sectors of the basin present less intense relief energy, however, the intermediate classes of horizontal dissection identified long ramps, which combined with the high slopes, can intensify erosion processes and hinder the use and occupation of land.

**Keywords:** Horizontal dissection; Vertical dissection; Slope; Relief Energy; Linear erosive features.

## ANÁLISIS DE VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA PORCIÓN ALTA DE LA CUENCA DE RIBEIRÃO DA BOA VISTA- CORUMBATAÍ (SP): SUBSIDIOS A LA PLANIFICACIÓN AMBIENTAL DEL PAISAJE RURAL A ESCALA DE DETALLE

**Resumen:** La morfometría, entendida como geometría de relieve, se puede evaluar a partir de varias técnicas de mapeo. Estos se caracterizan como herramientas que pueden generar datos importantes para la evaluación de la potencialidad del alivio a los procesos desnudativos que apoyan la planificación ambiental. En este sentido, el objetivo de este estudio era analizar las variables morfométricas que componen la energía del relieve de la porción Alta de la Cuenca de Ribeirão da Boa Vista (SP), situada en la Depresión Periférica Paulista, que se caracteriza por una alta cantidad de características erosivas. Para ello, se utilizaron datos de las letras de pendiente, disección horizontal, disección vertical y energía de relieve. Para ello, se utilizaron datos de las letras de pendiente, disección horizontal, disección vertical y energía de relieve. El análisis de datos mostró que las tasas más altas de pendiente y disección vertical convergieron con las clases energéticas más grandes del relieve, lo que denota el potencial erosivo en el curso alto de la cuenca, donde existe la presencia de un barranco extenso. Los demás sectores de la cuenca presentan una energía de socorro menos intensa, sin embargo, las clases intermedias de disección horizontal identificaron rampas largas, que combinadas con las altas pendientes, pueden intensificar los procesos de erosión y obstaculizar el uso y ocupación de la tierra.

**Palabras clave:** Disección horizontal; Disección vertical; Pendiente; Energía del relieve; Características erosivas lineales.

## INTRODUÇÃO

A contribuição da Geomorfologia para o planejamento ambiental manifesta-se concretamente através da avaliação das formas de relevo, do

mapeamento de áreas dotadas de vulnerabilidades aos processos endógenos e exodinâmicos, de subsídios à conservação e proteção dos recursos naturais renováveis, na definição e delimitação de áreas de preservação ambiental e avaliação das condições para implantação da infraestrutura viária e na delimitação de sistemas ambientais (SOUZA, 2018).

Nesse sentido, Guerra (2018) entende que a ciência geomorfológica pode ser empregada para diagnosticar e prognosticar questões vinculadas à dinâmica do relevo, colaborando para o desenvolvimento sustentável de uma determinada área, com o planejamento adequado. Assim, considera-se a relevância da representação cartográfica do relevo como importante instrumento para a compreensão e avaliação dos processos naturais, servindo como subsídio ao planejamento rural e urbano.

Para Cunha (2001), o conhecimento do relevo a partir da cartografia geomorfológica caracteriza-se como uma importante ferramenta para a elaboração de um consistente planejamento ambiental. Dentre os documentos cartográficos gerados para a avaliação do relevo, evidenciam-se as cartas morfométricas, que se referem aos aspectos quantitativos do relevo, como as variáveis relacionadas a medidas de altura, comprimento, largura, superfície, volume, altura absoluta e relativa, inclinação, curvatura, orientação, densidade e frequência de suas formas (FLORENZANO, 2008).

Dentre as variáveis morfométricas, destacam-se a declividade, a dissecação vertical e horizontal, assim como a energia do relevo. Os dados sobre a declividade são imprescindíveis para a avaliação das possibilidades de ocorrência de processos de remobilização das formações superficiais (CUNHA, 2001). A dissecação vertical, que indica a altitude relativa entre os topos e o talvegue, mostra quanto o canal fluvial entalha verticalmente o relevo. Já a dissecação horizontal se caracteriza pela quantificação da distância que separa os talvegues das linhas de cumeada (MENDES, 1993), demonstrando espacialmente a atuação dos rios. Por meio da combinação das informações, obtidas com cartografia da declividade, da dissecação vertical e da dissecação horizontal, é possível obter a carta de energia do relevo (MENDES, 1993). Tal documento apresenta dados que permitem identificar os locais que apresentam maior propensão as a ações denudativas em bacias hidrográficas.

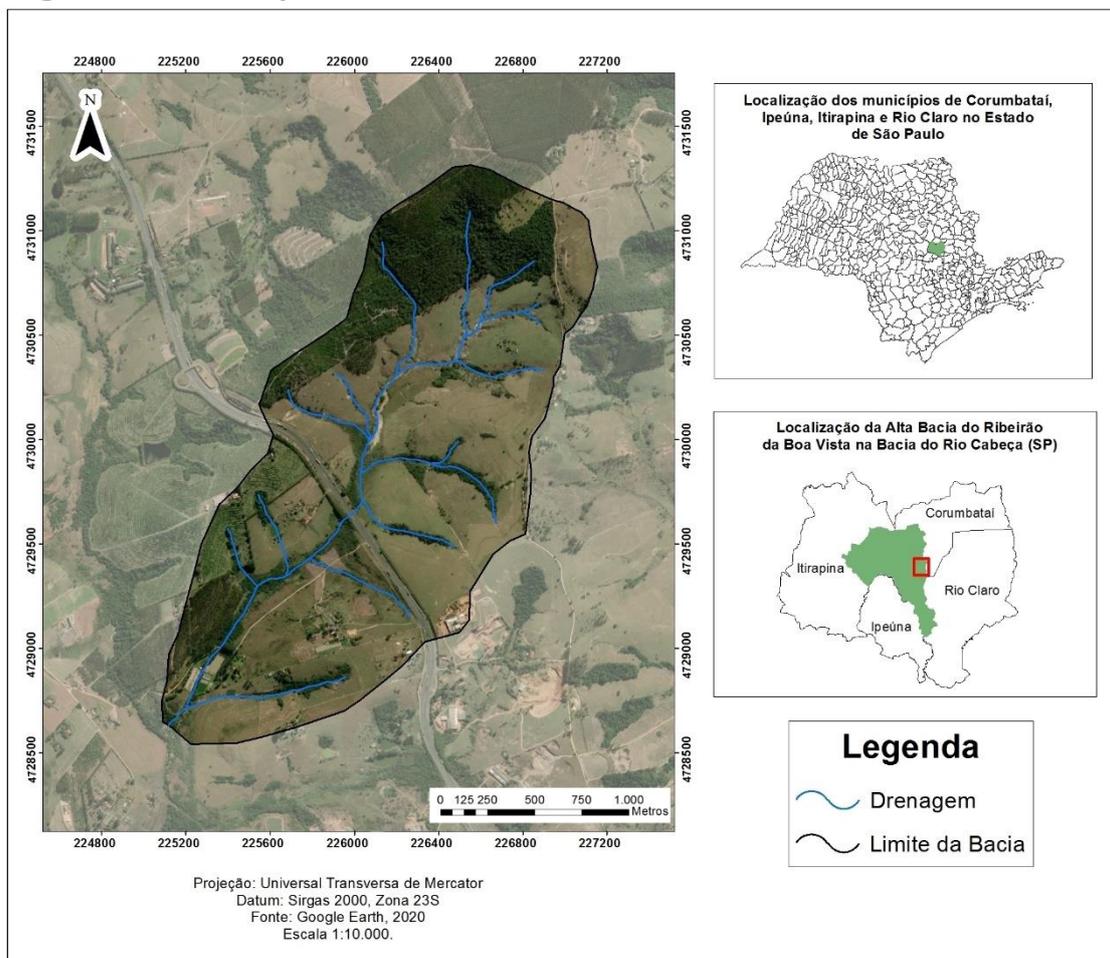
Dessa forma, considerando que a representação cartográfica dos atributos morfométricos constitui-se em importante subsídio para a compreensão da dinâmica do relevo, o objetivo do presente trabalho foi analisar as variáveis morfométricas que compõem a energia do relevo da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista, localizada no interior do estado de São Paulo. Esta área foi selecionada devido a elevada quantidade de feições erosivas lineares constatadas in loco. Esta dinâmica erosiva intensa tornou possível avaliar a influência da geometria do relevo sobre o desenvolvimento de tais feições.

A área selecionada representa um recorte do contexto geomorfológico no interior do estado de São Paulo, vinculado à depressão de borda de bacia sedimentar, na qual o relevo suavizado possibilita o uso agrícola das terras. Nesse sentido, espera-se que a referida pesquisa forneça subsídios para futuros estudos que visem o ordenamento territorial, bem como o planejamento ambiental em ambiente rural.

## **ÁREA DE ESTUDO**

A Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista localiza-se no setor noroeste da bacia hidrográfica do Rio Cabeça (SP) na região centro-leste do estado de São Paulo, contextualizada no município de Corumbataí (Figura 1).

**Figura 1-** Localização da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista-Corumbataí (SP)



Fonte: Os autores, 2020.

A Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista posiciona-se na Depressão Periférica Paulista, estando próxima ao seu limite oeste, no contato com as Cuestas Basálticas. Este compartimento de relevo foi esculpido sobre a Bacia Sedimentar do Paraná, (SANTOS et al., 2006), importante unidade geológica do continente sul-americano, preenchida por depósitos marinhos e continentais.

Sobre a Depressão Periférica Paulista, Ab'Saber (1949) considera que a sua origem deriva dos processos de circundesnudação que ocorreram na borda da Bacia Sedimentar do Paraná. Do ponto de vista geológico, destacam-se na área de estudo as unidades estratigráficas da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois) e da Formação Pirambóia (Grupo São Bento).

A Formação Pirambóia encontra-se sobreposta aos folhelhos e siltitos da Formação Corumbataí com ambos os contatos discordantes (CORTÊS; PERINOTTO, 2015), sendo composta por arenitos de granulação média a fina,

possuindo menor fração argilosa na parte superior, na qual ocorrem arenitos grossos e conglomeráticos (IPT 1981). A Formação Corumbataí é constituída por argilitos, siltitos e folhelhos arroxeados e marrom-avermelhados, às vezes esverdeados, com intercalações de arenitos, leitos carbonáticos e coquinas. “Seus espessos e contínuos pacotes lamíticos são alvos da intensa atividade de mineração, sendo cada vez mais explorada para fabricação de cerâmica vermelha” (ZAINÉ, 1994, p. 19).

Sobre os aspectos pedológicos, constata-se, a partir visita em campo e de dados levantados por Koffler et al (1992), o domínio do Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, assim como a presença de Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho Amarelo. No que tange ao clima da área de estudo, este é classificado segundo Köppen (1948) como do tipo Cwa, ou seja, clima tropical chuvoso, caracterizado por possuir temperatura média do ar no mês mais quente maior que 22°C, com duas estações bem definidas, sendo verão chuvoso e inverno seco.

Quanto ao uso e ocupação da terra, Silva e Lupinacci (2021), denotam que o predomínio de atividades associadas à pastagem (pasto limpo e pasto sujo) vinculadas aos terrenos de alta declividade da área de estudo, dificultam o avanço de outras culturas. Além disso, as autoras evidenciam localmente a presença de silvicultura ao norte da bacia e em menor extensão, o cultivo de cana-de-açúcar.

## **METODOLOGIA**

A base cartográfica utilizada para a elaboração dos produtos cartográficos foi gerada a partir da folha topográfica Corumbataí, n. 060/090 do ano de 1978, produzida pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC-SP), na escala de 1:10.000. Tais produtos foram elaborados com o uso do software ArcGIS versão 10.3.

### **Carta de declividade**

A carta de declividade foi elaborada segundo as orientações técnicas de De Biasi (1970, 1992) utilizadas para o estabelecimento das classes. Dessa forma, a elaboração da carta de declividade seguiu três principais etapas. A

primeira correspondeu à criação do Modelo Digital do Terreno (MDT) utilizando o método TIN (Triangular Irregular Networks). O modelo foi gerado a partir dos dados altimétricos da base cartográfica (curvas de nível e pontos cotados). Na segunda etapa, realizou-se à reclassificação das classes de altitude geradas automaticamente pelo programa, respeitando a equidistância de 5 metros de cada curva de nível. Na terceira etapa, a partir do MDT gerado, elaborou-se a carta de declividade, através da função Slope presente na opção Symbology do software ArcGIS versão 10.3.

As classes de baixa declividade foram elaboradas com base nos valores sugeridos por De Biasi (1970, 1992), bem como os critérios da Lei 6.766 (BRASIL, 1979) e da Lei 12.651 (BRASIL, 2012) (Quadro 1).

**Quadro 1-** Parâmetros para a definição de classes da carta de declividade da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP)

Declividade (%)	Parâmetros
≤ 2	Áreas sujeitas à inundação quando em fundos de vale e planície de inundação.
2   - 5	Limite urbano industrial, utilizado internacionalmente, quando próximo a cursos d'água, são regiões susceptíveis a enchentes e problemas de drenagem, representam áreas de terrenos planos muito suaves, tendo solo arável que suporta maquinaria pesada (DE BIASI, 1970).
5   -12	12% como limite máximo para o emprego de mecanização na agricultura (DE BIASI, 1992).
12   -30	30% como limite máximo para urbanização sem restrições (BRASIL, 1979).
30   - 45	45% como limite máximo de corte raso, a partir do qual a exploração só será permitida se sustentada por cobertura de florestas (BRASIL, 2012).
≥ 45	Acima dessa declividade não é permitida a derrubada de florestas, só sendo tolerada a extração de toras, quando em regime de utilização racional, que vise rendimentos permanentes (DE BIASI, 1970).

Fonte: De Biasi (1970-1992), Lei 12.651 (BRASIL, 2012) e Lei 6.766 (BRASIL, 1979). Organizado pelos autores, 2020.

Para minimizar alguns erros de processamento durante a formulação da carta de declividade pela triangulação automática do software, seguiu-se a proposta de Sanchez (1993), para adição de linhas com os valores médios de elevação nos fundos de vale e topos. Evidencia-se que este procedimento visa aproximar o modelo de declividade da realidade.

## **Carta de dissecação vertical**

A elaboração da carta de dissecação vertical baseou-se na metodologia de Spiridonov (1981), adaptada por Mauro et. al. (1991). Para isso, foi utilizada a técnica automatizada proposta por Ferreira et. al. (2015), a qual usa os limites das sub-bacias hidrográficas como unidade espacial de análise.

Com auxílio do software ArcGIS 10.3 foram gerados polígonos delimitados a partir de linhas de maior declive que conectam um ponto (definido pela intersecção da curva de nível com o canal fluvial) ao ponto mais próximo do limite das sub-bacias. Essas linhas dividem as subbacias, possibilitando identificar por trechos a altimetria relativa entre os terrenos e o canal fluvial.

As classes de dissecação vertical utilizadas (Tabela 1) foram definidas a partir da proposta de Spiridonov (1981). Dessa forma, as classes foram organizadas de 10 em 10m, agrupando-se a equidistância de duas curvas de nível.

**Tabela 1-** Classes de Dissecação Vertical da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP)

<b>Classes de Dissecação Vertical (m)</b>	<b>Legenda</b>
≤ 10	
10 ┆ 20	
20 ┆ 30	
30 ┆ 40	
40 ┆ 50	
≥ 50	

Fonte: Os autores, 2020.

## **Carta de dissecação horizontal**

Para a produção da carta de dissecação horizontal utilizou-se a metodologia de Spiridonov (1981), adaptada por Mauro et. al. (1991). Essa metodologia foi adaptada por Ferreira et. al. (2015), para o software ArcGIS.

Para o estabelecimento das classes de dissecação horizontal foram utilizadas as orientações de Spiridonov (1981). Para isso considerou-se a menor classe com valor igual ou inferior a 10 m por ser o menor segmento representativo na escala de trabalho (1:10.000). As classes seguintes foram estabelecidas pelo dobro da classe anterior, até a classe final com valor igual ou superior a 320m, que se constitui no valor limite, isto é, de maior distância representativa entre rios e limites de sub-bacia (Tabela 2).

**Tabela 2-** Classes de Dissecação Horizontal da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP)

Classes de Dissecação Horizontal (m)	Legenda
≤ 10	
10 - 20	
20 - 40	
40 - 80	
80 - 160	
160 - 320	
≥ 320	

Fonte: Os autores, 2020.

### **Carta de energia do relevo**

A carta de energia do relevo foi elaborada de acordo com a metodologia desenvolvida por Mendes (1993). Essa metodologia propõe unir as cartas de dissecação vertical, dissecação horizontal e de declividade para a obtenção e identificação das áreas de maior acúmulo de energia. A união dos dados quantitativos da geometria do relevo mapeado nas três cartas, a partir de parâmetros qualitativos, deve ser organizada de acordo com parâmetros específicos, com o interesse do usuário e com as características da área (MENDES, 1993). Além disso, empregou-se a técnica automatizada desenvolvida por Zanatta et al. (2016).

Antes do processamento da carta de energia, foi preciso utilizar um script de programação lógica no Python para identificar as classes da carta de dissecação vertical e de declividade a partir dessa linguagem. Após a inserção da

coluna com as respectivas classes das duas cartas referidas anteriormente, realizou-se o agrupamento das informações na carta de energia do relevo. Para isso, foi realizada a sobreposição dos arquivos vetoriais de cada carta, através da ferramenta Intersect. A seguir foi criada uma nova coluna do tipo text para a inserção da linguagem Python.

A combinação das classes (Tabela 3), escritas em linguagem Python, foi realizada considerando que a declividade e a dissecação horizontal constituem-se nos parâmetros mais importantes da dinâmica erosiva da área. Considera-se que a inclinação das vertentes atribui energia ao escoamento da água, dinamizando a erosão; assim como, interflúvios estreitos e, portanto, com alta dissecação horizontal, significam maior proximidade de rios, que traz intensa dinâmica de remobilização dos materiais e potencializa a atividade denudativa. Assim, a classe de energia mais intensa, foi definida considerando os valores mais altos desses parâmetros morfométricos.

A partir da classe forte, considera-se a dissecação vertical cujo mapa demonstra os setores de maior altitude relativa do relevo, os quais indicam áreas com maior potencial para processos gravitacionais. A combinação das classes posteriores se fez a partir da distribuição das demais classes dos três parâmetros morfométricos de forma equitativa, sem privilegiar nenhuma das variáveis mapeadas.

**Tabela 3-** Critérios estabelecidos para definir as classes de energia do relevo da área de estudo

Classes de Energia do Relevo	Declividade (%)	Combinação	Dissecação Horizontal (m)	Combinação	Dissecação Vertical (m)
Muito Forte	≥45	OU	≤ 10	-	-
Forte	30   -45	OU	10   -20	OU	≥ 50
Medianamente Forte	12   -30	OU	20   -40	OU	40   -50
	-	-	40   -80	-	-
Média	5   -12	OU	80   -160	OU	20   -40
Fraca	2   -5	OU	160   -320	OU	10   -20
Muito Fraca	≤ 2	OU	≥ 320	OU	≤ 10

Fonte: Os autores, 2020.

Ainda, apresentam-se dados do mapeamento das feições erosivas lineares, realizado a partir da interpretação das ortofotos digitais do ano de 2010 na escala de 1:25.000, concedidas pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA). Esses dados foram atualizados a partir das imagens

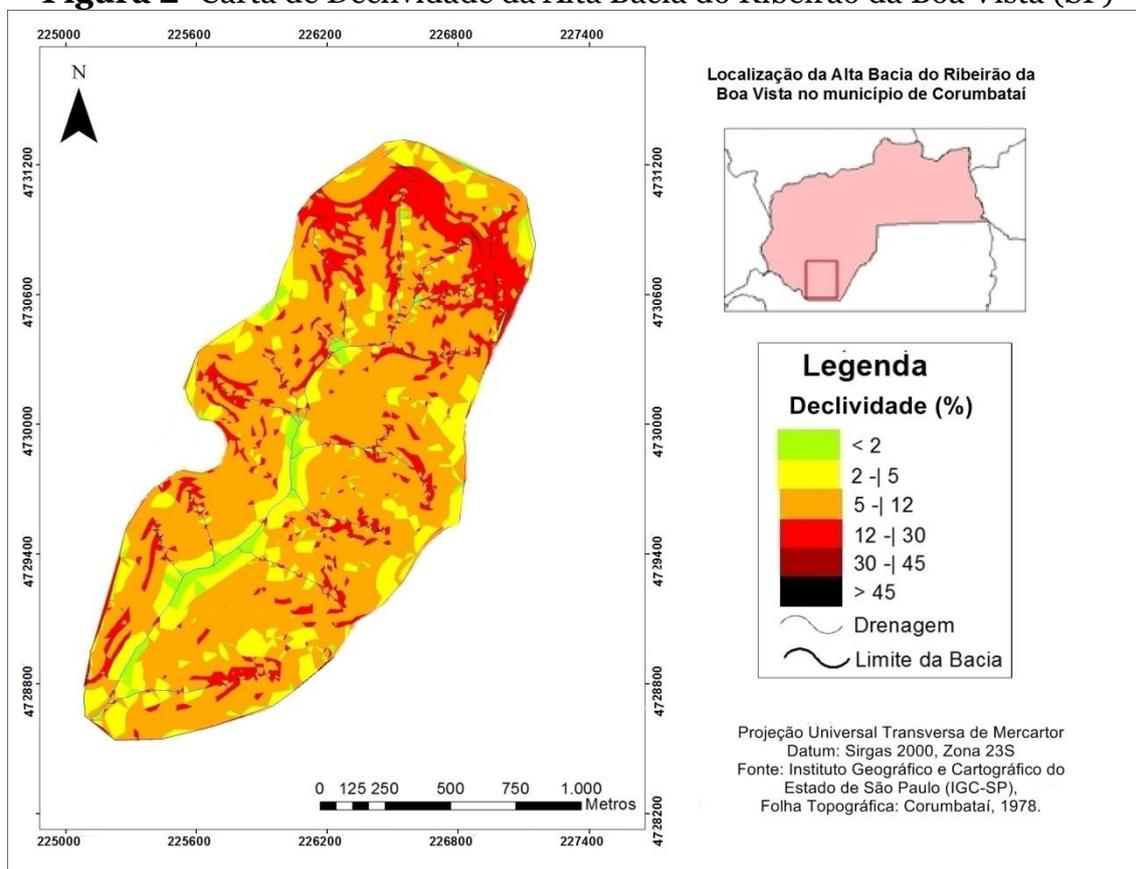
orbitais do Google Earth, do ano de 2020, e de trabalhos de campo realizados na área de estudo. A simbologia utilizada para o mapeamento das feições erosivas baseou-se em Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975). As feições erosivas identificadas foram sobrepostas ao mapeamento de energia do relevo a fim de avaliar sua ocorrência nas diversas classes mapeadas.

## RESULTADOS

### Aspectos Morfológicos

O setor norte da área de estudo possui as maiores inclinações, registradas entre 12-30% (Figura 2).

**Figura 2-** Carta de Declividade da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP)



Fonte: Os autores, 2020.

A partir da quantificação da área ocupada pelas classes de declividade (Tabela 4), constatou-se o domínio de terrenos com superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados (EMBRAPA, 2018).

**Tabela 4-** Área ocupada pelas classes de Declividade, em porcentagem e km<sup>2</sup> da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP)

Declividade (%)	Área	
	%	Km <sup>2</sup>
≤2	5,87%	1,86
2   - 5	11,28%	3,57
5   -12	45,92%	14,58
12   -30	34,70%	11,02
30   - 45	2,20%	0,7
≥ 45	0,03%	0,001
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>	<b>31,73</b>

Fonte: Os autores, 2020.

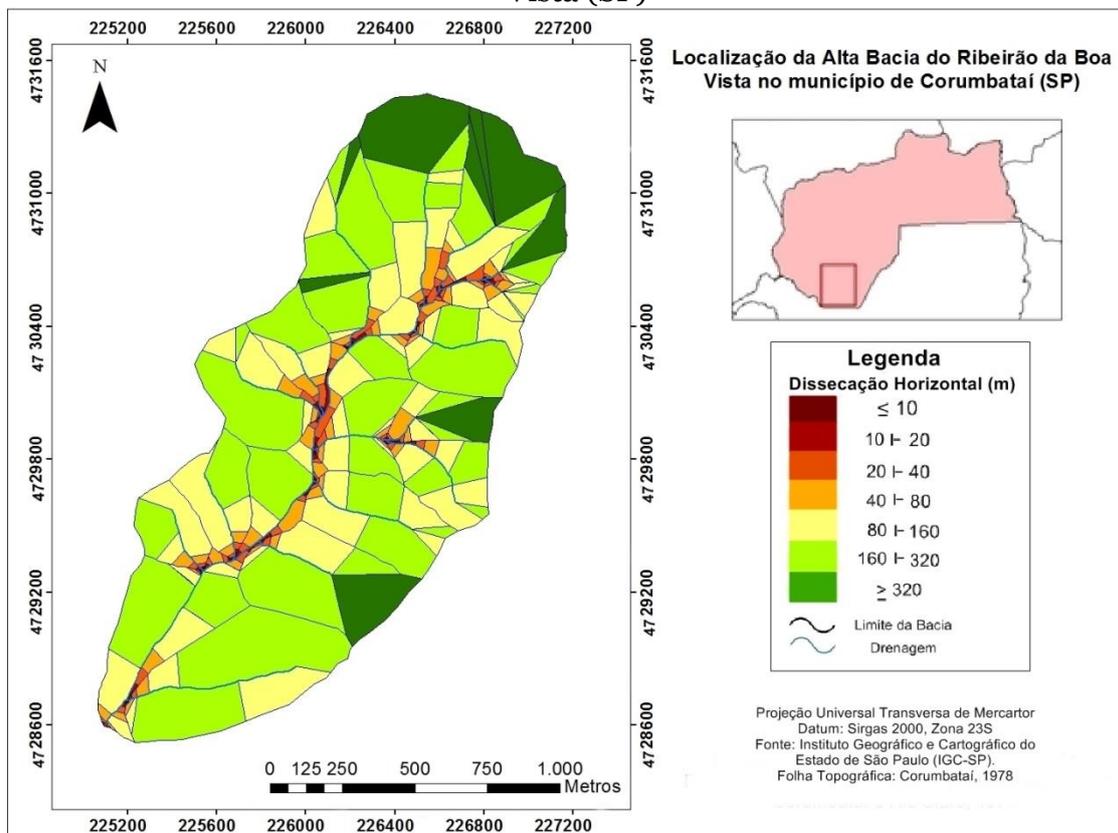
A classe de declividade de  $\leq 2\%$  é encontrada com pouca expressividade no quadrante central da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista. Já as classes de declives de 2+5% ocorrem nos setores de fundos de vale (Figura 3), podendo criar condições propícias à sedimentação e ao desenvolvimento de sinuosidades no curso principal.

As classes de 5+12% possuem maior abrangência na área de estudo, sendo caracterizadas por terrenos constituídos por um conjunto de colinas que apresentam declives moderados (EMBRAPA, 2018), necessitando, teoricamente, de controle erosivo. Sobre as classes que variam de 12+30%, nota-se que essas estão situadas principalmente no quadrante norte da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista, indicando ruptura topográfica abrupta pela mudança significativa dos declives nesse setor. Ainda, nessa área, estão localizadas as nascentes dos cursos fluviais, fato que propicia ao escoamento fluvial adquirir maior força já que percorre tais terrenos de alta inclinação.

A partir da análise da carta de declividade, é possível identificar que ocorrem diversas classes de declive ao longo da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista, seja pelo setor mais acidentado ao norte, próximo no sopé cuestasiforme, bem como em terrenos com inclinação menos evidentes, exemplificado no quadrante central e sul da bacia hidrográfica, onde predominam relevos planos a suavemente ondulados.

A carta de dissecação horizontal (Figura 3), demonstra o predomínio da classe de 160+320m que ocupa a maior parte da área (Tabela 5).

**Figura 3-** Carta de Dissecação Horizontal da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP)



Fonte: Os autores, 2020.

**Tabela 5-** Área ocupada pelas classes de Dissecação Horizontal, em porcentagem e km<sup>2</sup> na Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP)

Dissecação Horizontal (m)	Área	
	%	Km <sup>2</sup>
≤10	0,21%	0,06
10 - 20	0,50%	0,15
20 - 40	1,81%	0,57
40 - 80	4,82%	1,53
80 -160	28,30%	8,99
160 - 320	51,67%	16,40
≥320	12,69%	4,03
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>	<b>31,73</b>

Fonte: Os autores, 2020.

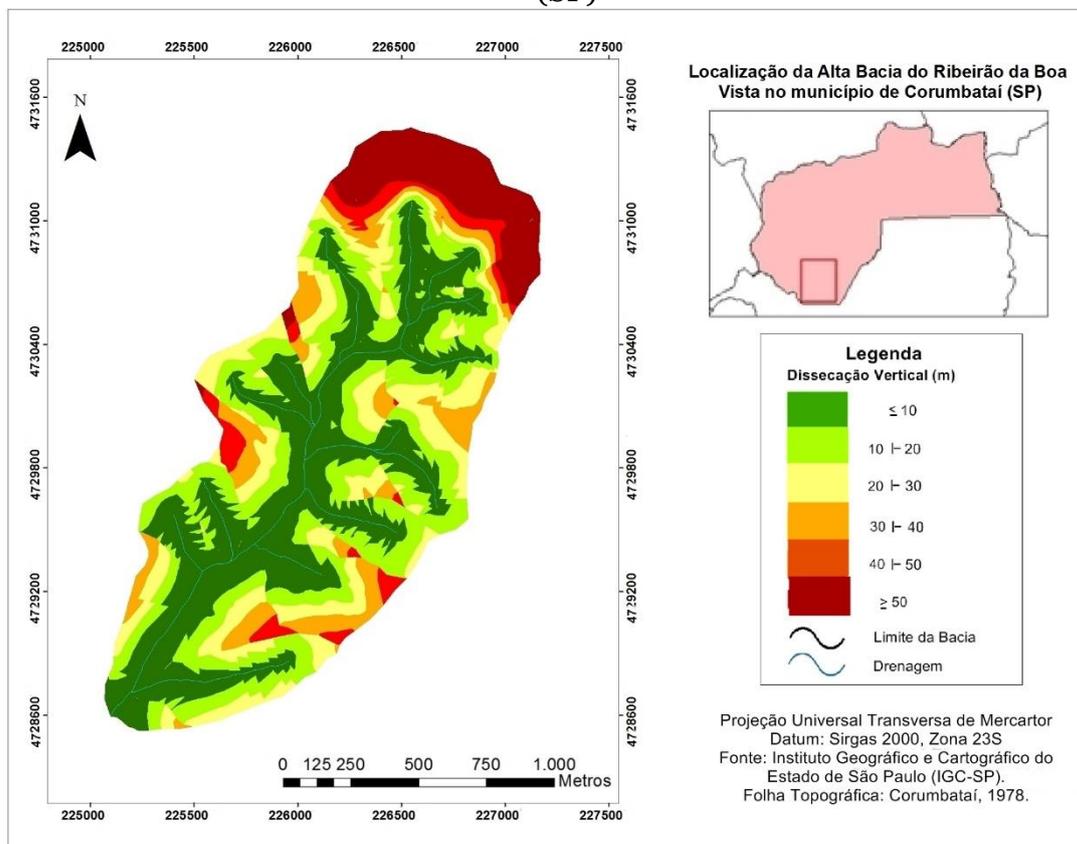
Com base na figura 4, constata-se que as classes  $\leq 10\text{m}$  e  $10\text{--}20\text{m}$  estão distribuídas ao longo de toda a bacia hidrográfica, apesar de ocuparem áreas restritas. Compreende-se que os referidos setores demarcam áreas nas quais ocorrem as confluências dos cursos fluviais com o canal principal, aspecto que implica em acúmulo do potencial erosivo ao longo do canal principal.

As classes de 20-40m e 40-80m localizam-se sobre diversos trechos da área analisada, nos quais a rede fluvial é mais densa, como também em setores nos quais ocorre a confluência dos canais. No que tange às classes de 80-160m essas se distribuem no entorno do canal principal da bacia, concentrando-se especialmente no médio e alto curso

A classe de 160-320m possui maior abrangência na Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista, concentrando-se tanto em áreas que apresentam topografia mais suavizada, quanto em sub-bacias que drenam diretamente para o curso principal. Por fim, a classe  $\geq 320$ m é observada predominantemente no quadrante leste da bacia, caracterizando terrenos que apresentam considerável distância entre rios, incluindo um afluente mais longo com diversos cursos fluviais que caracterizam relativa dissimetria do terreno da área de estudo.

No que concerne à carta de dissecação vertical (Figura 4), verifica-se que a menor classe é predominante na área de estudo (Tabela 6). Essas se encontram distribuídas no baixo, no médio e no alto curso, identificando setores que abarcam os fundos de vales fluviais.

**Figura 4-** Carta de Dissecação Vertical da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP)



Fonte: Os autores, 2020.

**Tabela 6-** Área ocupada pelas classes de Dissecação Vertical, em porcentagem e km<sup>2</sup> na Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP)

Dissecação Vertical (m)	Área	
	%	Km <sup>2</sup>
≤ 10	45,12%	14,31
10   - 20	29,04%	9,23
20   - 30	13,86%	4,39
30   - 40	6,14%	1,95
40   - 50	3,21%	1,02
≥ 50	2,63%	0,83
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>	<b>31,73</b>

Fonte: Os autores, 2020.

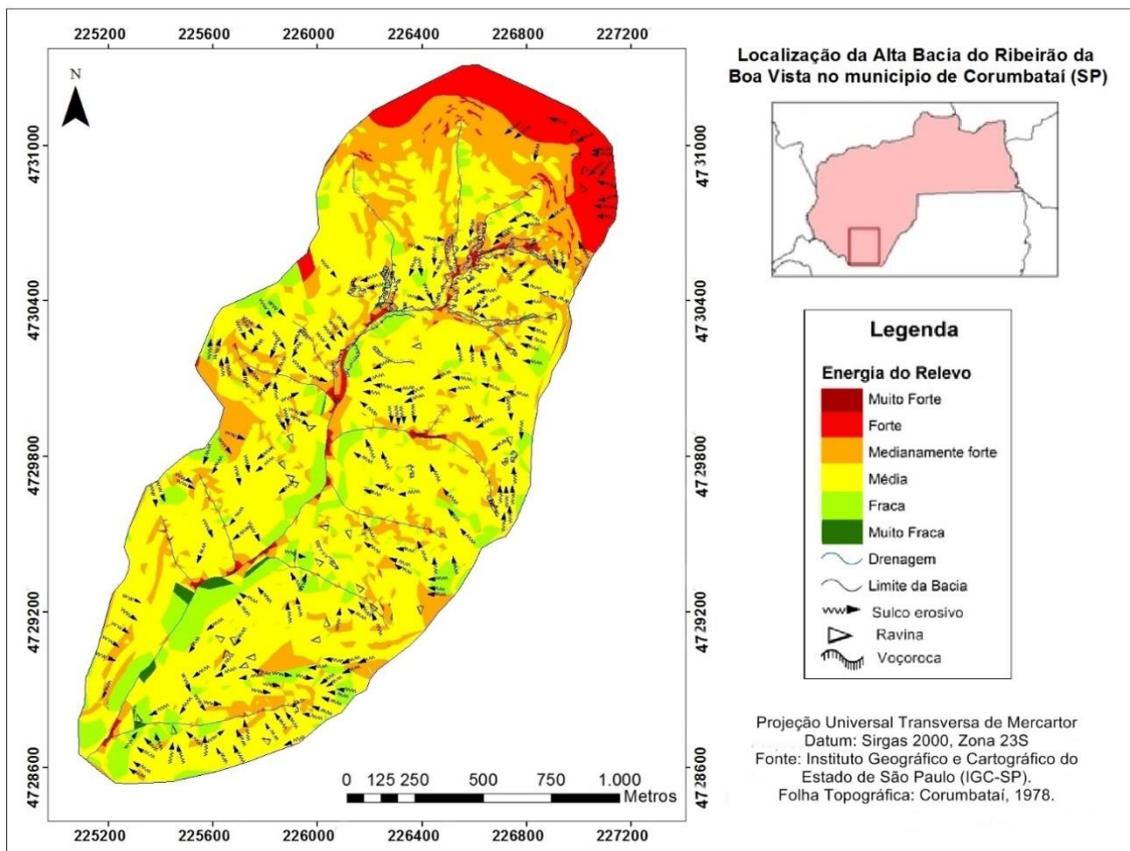
A segunda classe de dissecação vertical mais frequente na área de estudo distribuiu-se no entorno da classe mais baixa, apresentando também boa distribuição nos terrenos da bacia. As classes de 20+30m e 30+40m são identificadas nas extremidades a leste e oeste da bacia hidrográfica. No limite a leste, próximo à montante da bacia, as classes 30+40m caracterizam relevos mais suaves com a presença de alguns sulcos erosivos; no limite a oeste da

bacia, as classes 20+30m e 30+40m, localizam-se sobre vertentes nas quais se identificam maior comprimento da rampa, uma vez que são demarcados na carta de dissecação horizontal, pelas classes de 160+320m.

As classes que apresentam maiores valores de dissecação vertical, isto é, 40+50m e  $\geq 50m$  são pouco expressivas na área de estudo. Essas são observadas de modo restrito no quadrante norte da bacia, correspondendo às altas vertentes. Pontua-se que, além das classes de  $\geq 50m$  estarem dispostas no setor norte da bacia, verifica-se a presença dessas em proporções pequenas em alguns trechos. No setor oeste, a referida classe localiza-se na média bacia; já no setor leste, situa-se próximo à foz, caracterizando a dissimetria da área de estudo do ponto de vista da dimensão dos terrenos drenados, aspecto também observado na carta de dissecação horizontal.

Outro parâmetro morfométrico utilizado para avaliar as características geométricas do relevo foi à energia do relevo (Figura 5).

**Figura 5-** Carta de Energia do Relevo da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP)



Fonte: Os autores, 2020.

**Tabela 7-** Área ocupada pelas classes de Energia do Relevo, em porcentagem e km<sup>2</sup> da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista (SP)

Energia	Área	
	%	Km <sup>2</sup>
Muito Forte	3,25%	1,03
Forte	8,98%	2,85
Medianamente Forte	31,37%	9,95
Média	49,59%	15,74
Fraca	5,94%	1,89
Muito Fraca	0,87%	0,27
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>	<b>31,73</b>

Fonte: Os autores, 2020.

De forma geral (Figura 6), o quadrante norte da área de estudo apresenta os setores de mais forte energia do relevo e os de menor energia foram encontradas na baixa bacia.

A classe de energia do relevo mapeada como muito forte apresenta pouca expressividade na área de estudo, localizando-se em alguns trechos pontuais próximos à confluência dos canais. Esta classe é definida pelas classes superiores de dissecação horizontal (<10m) e pelos mais altos valores de declive (>45%).

A classe mapeada como forte, situa-se especificamente no quadrante norte da área de estudo, onde se encontram os maiores índices de declividade, de 12-30%, bem como as maiores classes de dissecação horizontal, demarcando, desta forma, o maior potencial ao escoamento superficial que torna a área mais susceptível à ação erosiva, evidenciada pela presença de sulcos erosivos.

A classe medianamente forte também se concentra predominantemente no quadrante norte. Entretanto, constata-se a presença da referida classe nas vertentes a oeste e leste, próximas ao limite da bacia. Essa classe abarca terrenos com declives entre 12 e 30%, dissecação horizontal entre 21 e 40m e dissecação vertical entre 40 e 50m.

A classe mapeada como média é predominante na área de estudo, distribuindo-se ao longo de toda a extensão da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista, o que coincide com declives de 5-12% também predominantes. Além desse parâmetro, a classe média é definida por dissecação horizontal entre 40 e 160m e dissecação vertical entre 20 e 40m.

A classe de energia do relevo fraca distribui-se nos setores leste e oeste, como também ao longo do canal principal na média e baixa vertente, caracterizando áreas com baixo declive  $\leq 2$  e  $2-5\%$ , como também locais com baixas classes de dissecação vertical, entre 10 e 20m. Nesse sentido, apresentam uma pequena ação gravitacional dos processos de escoamento de superfície em topografia mais suavizada.

Por fim, a classe de energia muito fraca localiza-se em quantidade bem exígua, em alguns setores pontuais, destacando-se na baixa bacia, nas proximidades do canal principal. Abarca terrenos com os menores índices de declividade, dissecação horizontal e vertical.

### **Implicações das variáveis morfométricas na dinâmica erosiva**

Diante dos dados obtidos através das cartas morfométricas somadas ao mapeamento das feições erosivas (Figura 5), constata-se a presença de voçorocas nos setores de confluência dos canais de primeira ordem, cujas nascentes encontram-se nos setores ao norte, de maior energia do relevo. Assim, a forte energia do relevo do setor norte dinamiza o escoamento fluvial de tais cursos, assim como o escoamento superficial, e na confluência desses canais desenvolvem-se extensas voçorocas, assim como algumas ravinas. Portanto, as confluências entre os canais, as quais apresentam elevada dissecação horizontal (Figura 3) e, portanto, energia do relevo muito forte, constituem-se em terrenos mais frágeis à ação erosiva no cenário analisado.

As ravinas encontram-se distribuídas predominantemente pela classe de média energia do relevo. Essa classe abarca os terrenos com declives entre 5 e 12% o quais são propícios ao uso e mecanização agrícola o que pode contribuir para o desenvolvimento dessas feições erosivas. Stefanuto e Lupinacci (2019), estudando setores de transição entre depressão e cuesta, também verificaram que as ravinas, assim como os sulcos erosivos, se distribuem predominantemente nessas classes de declive e atribuem tal fato ao uso agrícola intenso.

Os sulcos erosivos encontram-se distribuídos pelos mais diversos setores da bacia, envolvendo diferenciados graus de energia do relevo. Conforme apontam Pinton e Cunha (2015) e Stefanuto (2019), tais feições provavelmente se devem mais aos padrões de uso e cobertura da terra do que necessariamente

à morfometria do relevo, ou mesmo aos materiais que constituem o compartimento geomorfológico.

Comparando a distribuição espacial das feições erosivas (Figura 5) com cada parâmetro morfométrico (Figuras 2,3 e 4), verifica-se que nem sempre as classes mais altas destes parâmetros abarcam todas as feições erosivas identificadas na área. Assim, tem-se uma frequência maior de feições erosivas nos declives entre 5 e 12% devido ao uso agrícola. A dissecação horizontal mais intensa influencia diretamente a ocorrência das voçorocas, contudo, nas classes entre 80 e 320m, registram-se sulcos e ravinas, visto que nas vertentes mais longas tais processos são mais ativos. Fato semelhante ocorre com a dissecação vertical, sendo as feições comumente registradas nas classes superiores (entre 40 e 50m e acima de 50m), mas também na classe entre 10 e 20m por serem setores inferiores das vertentes, nos quais há escoamento superficial advindo dos setores de maior altimetria.

Esses fatos se refletem na avaliação da distribuição espacial entre as formas erosivas e as classes de energia do relevo (Figura 5). Assim, nas classes superiores de energia do relevo ocorrem feições erosivas dos mais variados tipos. Contudo, os sulcos e ravinas também ocorrem na classe média, que abarca setores de declives propícios ao uso agrícola e classes de dissecação intermediárias, que demarcam setores onde há atuação erosiva considerável devido ao acúmulo de energia do escoamento de superfície vindo dos setores superiores.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O relevo da Alta Bacia do Ribeirão da Boa Vista apresenta diversos graus de inclinação terreno, variados valores de comprimento e de altimetria relativa de suas rampas. Nesse sentido, a análise das informações morfométricas da área de estudo, permitiu apontar aspectos da geometria do relevo que indicam maior potencialidade para o desenvolvimento dos processos erosivos.

As voçorocas se encontram predominantemente em áreas de confluências de drenagem, marcadas por forte dissecação horizontal, sendo esse parâmetro definidor de energia do relevo muito forte. Já as ravinas e os sulcos erosivos, apesar de se serem registrados nas classes mais altas de dissecação horizontal e

vertical, também ocorrem em situações intermediárias em função da dinâmica de escoamento das vertentes. Além disso, os declives entre 5 e 12%, sobre os quais o uso agrícola ocorre, também são marcados por frequentes feições erosivas. Esses fatos levam a ocorrência de feições erosivas tanto nas classes superiores de energia do relevo como também na classe média, fato que deve ser considerado quando do manejo e planejamento ambiental desses terrenos.

Pontua-se ainda que a utilização das geotecnologias para o mapeamento da morfometria do relevo tem contribuído para a agilidade no processo de obtenção dos dados e, esses dados, podem auxiliar a compreender a morfodinâmica de áreas como a estudada, submetida a intensos processos erosivos, que geram feições lineares. Ainda, as geotecnologias tornam possível correlacionar tais dados com outras informações vinculadas a diversos aspectos da natureza (solos, litologia, condições climáticas) e da ação antrópica, contribuindo, portanto, para o planejamento ambiental.

## **AGRADECIMENTO**

À FAPESP Processo 2019/02338-5.

## **REFERÊNCIAS**

AB'SABER, A. N. Regiões de Circundesnudação Pós-Cretácea no Planalto Brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, v.1, n.1 p.03 - 21, 1949.

BRASIL. [Código Florestal(2012)].Constituição da República Federativa do Brasil.Brasília, DF: Presidência da República, [2012]. Disponível em:[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 29 ago. 2020.

BRASIL. [Lei Lehmann (1979)]. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Presidência da República, [1979]. Disponível em:[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm). Acesso em: 29 ago. 2020.

CORTÊS, A.; PERINOTTO, J. A. Fácies e associação de fácies da Formação Piramboia na região de Descalvado (SP). **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 15, n. 3-4, p. 23-40, 2015.

CUNHA, C.M.L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. Tese (Doutorado em Geociências) Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2001.

CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A.; e SANCHEZ, M. C. Técnicas de Elaboração, Possibilidades e Restrições de Cartas Morfológicas na Gestão Ambiental. **Geografia**, v. 28, n. 3, p.415-429, 2003.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: Os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**. São Paulo, n. 6, p. 45-60, 1992.

DE BIASI, M. Cartas de declividade: confecção e utilização. **Geomorfologia**. São Paulo, n. 21, p. 8-13, 1970.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2018. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro.

FERREIRA, M. V. et al. A cartografia da dissecação vertical para avaliação do relevo: proposta de técnica automática. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 6, n.67, p. 1231-1245, 2015.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GUERRA, A. J. T. Geomorfologia e Planejamento Ambiental: conceitos e aplicações. **Revista de Geografia**, Recife, v.35, n.4, p. 269-287, 2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; DIVISÃO DE MINAS E GEOLOGIA APLICADA. **Mapa geológico do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981.

KOFFLER, N. F.; MACHADO, M. L. de. A.; DAROS, E.; PROCHNOW, E. A.

**Solos da bacia do Rio Corumbataí.** Rio Claro: Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1992.

KÖPPEN, W. Climatologia. México. **Fundo de Cultura Econômica**, 1948.

MAURO, C.A. et al. Contribuição ao planejamento ambiental de Cosmópolis – SP – BR. In: **Encuentro de Geógrafos de América Latina**, 3,1991. Toluca. Memórias... Toluca: UAEM, v.4, p.391-419, 1991.

MENDES, I.A. **A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon – Araçatuba – SP.** Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MILANI, E. J. et.al. Bacia do Paraná. Rio de Janeiro: **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v.15, n. 2, p.265-287, 2007.

PINTON, L. de G.; CUNHA, C. M. L. O uso de Geoindicadores em paisagem rural: subsídios à análise das mudanças morfológicas antropogênicas da bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP). **Revista do Departamento de Geografia**. V. 29, p. 01-19, 2015.

SANCHEZ, M.C. O propósito das cartas de declividade. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA APLICADA, São Paulo **Anais [...]**, FFLCH, n.5, p. 311-314, 1993.

SANTOS, L. J. C. OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, p. 03-11, 2006.

SILVA, M.M.; LUPINACCI, C.M. Feições erosiva lineares em ambiente de Cuesta: estudo de caso no interior paulista. **Geografia (Londrina)**, v.30, n.1, p. 421-437, 2021.

SOARES, L.S; et.al. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 21, p. 82-100, 2016.

SOUZA, M. J. N. Geomorfologia e Planejamento Ambiental. **Revista Geografia**, Recife, v. 35, n.4, p. 380-393, 2018.

SPIRIDONOV, A. I. **Principios de la Metodologia de las investigaciones de Campo y el Mapeo Geomorfológico**. Havana: Universidad dI la Habana, v. 3, 1981.

STEFANUTO, E. B. **Análise da dinâmica erosiva linear e seu potencial evolutivo em ambiente agrícola**. Rio Claro: Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2019.

STEFANUTO, E. B.; LUPINACCI, C. M. Avaliação das características ambientais de ocorrências das feições erosivas lineares nos limites Depressão-Cuesta - Analândia (SP). **Caminhos da Geografia** (UFU. Online), v. 20, p. 367-384, 2019.

TRICART, J. **Principles y Méthodes de la Geomorphologie**. Paris: Maisson, 1965.

VERSTAPPEN, H. T.; ZUIDAN, R. A. van. ITC System of geomorphological survey. **Manual ITC Textbook**, Netherlands: Enschede, v. 1, chapter. 8, 1975

ZAINE, J. E. **Geologia da Formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP)**. Tese (Mestrado em Geociências) - Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 1994

ZANATTA, F. A. S.; LUPINACCI, C. M. ; BOIN, M. N. ; FERREIRA, M. V. . Carta de energia do relevo: Critérios e procedimentos. **Anais**. XI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2016, Maringá.

Recebido em 05 de Outubro de 2020  
Aceito em 14 de Maio de 2021