

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CARAPIRANGA EM REGISTRO (SP), BRASIL, POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Pedro Henrique dos Santos Coliado ¹
Liliane Moreira Nery ²
* Vanessa Cezar Simonetti ²
Darllan Collins da Cunha e Silva ³

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE CARAPIRANGA RIVER BASIN IN REGISTRO (SP), BRAZIL, USING GEOPROCESSING TECHNIQUES

Recibido el 2 de agosto de 2021. Aceptado el 21 de febrero de 2022

Abstract

The hydrographic basins are of great importance in environmental studies, as their components are interconnected and the alteration in any of them can generate a great impact in the region in which it is located. Therefore, this research aimed to analyze morphometrically the Carapiranga river watershed, located in the municipality Registro (SP), Brazil, using geoprocessing techniques to obtain physical data of the watershed that support management and planning actions. For this, the geoprocessing techniques used topographic maps provided by the Geographical and Cartographic Institute (GCI) to perform the morphometric analysis. The results showed that the watershed covers an area of 68.88 km², a perimeter of 75.71 km, has a more elongated, and less circular shape, and the watercourse presents up to the 4th order. The parameters of circularity index (0.17), compactness coefficient (2.39), and sinuosity index (1.24) demonstrated that the basin has good drainage, as it has medium permeability and high infiltration. It is noteworthy that the roughness coefficient indicates that a large part of the basin is suitable for agriculture, main economic activity of the region, especially banana production, as this basin does not have areas with steep slopes, which attenuates water erosion.

Keywords: agriculture, geotechnology, morphometry, slope.

¹ Engenharia de Pesca, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus de Registro, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Brasil.

³ Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Brasil.

*Autor correspondente: Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba. Av. Três de Março, 511 - Alto da Boa Vista, Sorocaba, São Paulo. CEP 18087-180. Brasil. Email: va_simonetti@hotmail.com

Resumo

As bacias hidrográficas têm grande importância em estudos ambientais, pois seus componentes estão interligados e a alteração em algum deles pode gerar grande impacto na região em que se localiza. Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo analisar morfometricamente a bacia hidrográfica do rio Carapiranga, localizada no município de Registro (SP), com o uso de técnicas de geoprocessamento para obtenção de dados físicos da bacia hidrográfica que subsidiem as ações de gestão e planejamento. Para isso, utilizaram-se de cartas topográficas disponibilizadas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) que serviram de subsídio para a análise morfométrica. Os resultados mostraram que a bacia hidrográfica abrange uma área de 68.88 km² e um perímetro de 75.71 km, tem uma forma alongada, e o curso d'água apresenta até a quarta ordem de ramificação. Os parâmetros de índice de circularidade (0.17), coeficiente de compacidade (2.39) e índice de sinuosidade (1.24) demonstraram que a bacia tem uma boa drenagem, pois possui média permeabilidade e alta infiltração. Ressalta-se que o coeficiente de rugosidade indica que grande parte da bacia está apta para agricultura, principal atividade econômica da região, com destaque para a bananicultura, uma vez que esta bacia não possui áreas com declividades acentuadas, o que atenua a erosão hídrica.

Palavras chave: agricultura, declividade, geotecnologia, morfometria.

Introdução

A água é um recurso de extrema importância para o desenvolvimento da maioria das atividades humanas, sendo o seu gerenciamento, de forma holística, um desafio complexo (Batey e Kim, 2021). Nesse sentido, a Política Nacional de Recursos Hídricos define a bacia hidrográfica como uma unidade territorial para a gestão dos recursos hídricos, de forma descentralizada, para proteger e preservar a água (Brasil, 1997), uma vez que, os limites físicos e territoriais das bacias hidrográficas não coincidem com os limites político-administrativos das unidades municipais, estaduais ou federais (Joia *et al.*, 2018).

Sendo assim, bacias hidrográficas são consideradas unidades espaciais, de gestão e de planejamento, relevantes para estudos ambientais (Faustino *et al.*, 2014; Joia *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2020). Contudo, a gestão adequada de bacias hidrográficas envolve a análise de diversos fatores (Nery *et al.*, 2019; Sales *et al.*, 2021; Simonetti *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2021). Fatores morfométricos e referentes aos tipos de usos e ocupações do solo podem orientar o desenvolvimento dos estudos ambientais para o direcionamento de ações gerenciais (Silva e Medeiros, 2017), de forma que a caracterização física das bacias hidrográficas é uma importante ferramenta para o diagnóstico ambiental (Costa *et al.*, 2019).

A análise morfométrica é capaz de elucidar a influência dos aspectos físicos no comportamento hidrológico da bacia hidrográfica (Alves *et al.*, 2020), representando informações que podem auxiliar no planejamento, uso e gestão dos recursos hídricos (Cunha e Bacani, 2016). A utilização de técnicas e cálculos para quantificar e caracterizar parâmetros morfométricos tornam-se subsídios que auxiliam no planejamento e manejo dessas áreas com a finalidade de conservar o

meio ambiente e realizar tanto a manutenção da quantidade de água, bem como a sua qualidade (Rocha e Kurtz, 2001; Alves *et al.*, 2020; Coliado *et al.*, 2020).

A avaliação morfométrica envolve uma variedade de parâmetros quantitativos, de modo que os seus resultados possuem ampla aplicação, como por exemplo, a determinação da intensidade de processos erosivos, proteção do meio ambiente (Berila e Isufi, 2021), avaliação do comportamento hidrológico e sua estreita compatibilidade quanto à minimização ou maximização dos impactos no meio ambiente (Santos *et al.*, 2012). Assim, essas informações podem nortear a formulação de projetos de prevenção, defesa e contenção contra eventos hidrológicos extremos, tais como enchentes ou estiagens que ocorrem nas bacias hidrográficas (Campos *et al.*, 2015; Coliado *et al.*, 2020).

O gerenciamento de bacias hidrográficas envolve um conjunto de fatores que representa a relação homem-meio ambiente, com a necessidade de trabalhar em diferentes escalas (Asgari, 2021). Dentro desse contexto, a análise de parâmetros morfométricos com o auxílio de Sistema de Informações Geográficas (SIG), tem se mostrado viável para o estudo de bacias hidrográficas (Rai *et al.*, 2017).

O SIG, por possuir funções efetivas, como o gerenciamento de dados, cálculo e análise, fornece apoio para uma investigação quantitativa, sendo capaz de armazenar, recuperar, analisar e exibir dados espaciais que apoiam a tomada de decisão quanto ao gerenciamento de bacias hidrográficas, otimizando os cálculos e a análise de índices morfométricos (Asgari, 2021; Berila e Isufi, 2021), de modo que o SIG é considerado uma ferramenta eficaz, econômica e precisa para esse gerenciamento (Rai *et al.*, 2017), permitindo, por exemplo, a análise e a manipulação de diferentes parâmetros e dados espaciais relacionados com bacias hidrográficas (Berila e Isufi, 2021).

Dentro desse contexto, diferentes estudos têm utilizado o SIG para obter informações morfométricas de bacias hidrográficas e estabelecer uma relação entre essas informações com a conservação ambiental, demonstrando a aplicação desses dados como instrumento norteador para os tomadores de decisão (Fraga *et al.*, 2014; Moreli *et al.*, 2014; Campos *et al.*, 2015; Ferreira *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2016; Coliado *et al.*, 2020; Toniolo *et al.*, 2021).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo analisar morfometricamente a bacia hidrográfica do rio Carapiranga, localizada no município de Registro, no estado de São Paulo, por meio de técnicas de geoprocessamento, para obtenção de dados físicos da bacia hidrográfica que subsidiem as ações de gestão e planejamento.

Metodologia

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Carapiranga, objeto deste estudo, está totalmente inserida no município de Registro, o qual pertence ao Vale do Ribeira, localizada na região sul do Estado de São Paulo (SP), no Brasil (SIGRH, 2019) (Figura 1). A principal atividade econômica da região é a produção agrícola, onde se destaca a bananicultura, sendo o município responsável por 60% da produção de banana do estado de São Paulo (Angelo *et al.*, 2017).

Segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2020, o município de Registro possui uma população estimada de 56393 habitantes e uma extensão territorial de 722.20 km² (Coliado *et al.*, 2020; IBGE, 2021).

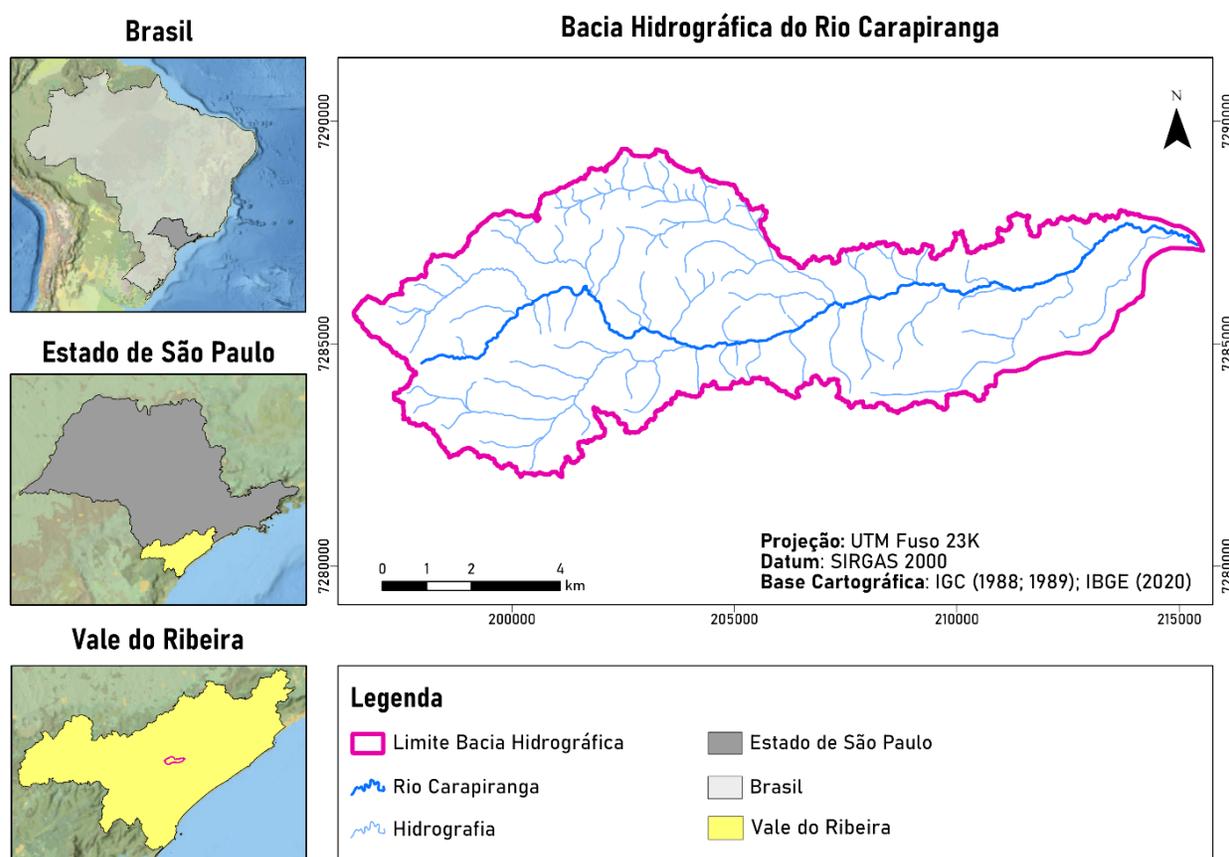


Figura 1. Localização da área da bacia hidrográfica do rio Carapiranga (SP).

O clima subtropical úmido é predominante na bacia hidrográfica, possuindo quatro estações bem definidas ao longo do ano, com temperaturas, no inverno, em torno de 13°C, e nos verões, temperaturas em torno de 29°C. A pluviosidade anual oscila entre 1700 e 1800 mm com temperatura média anual próxima dos 23°C (Dias e Oliveira, 2015; Coliado *et al.*, 2020).

Na bacia hidrográfica há presença de culturas agrícolas, com destaque para a bananicultura, área urbanizada e áreas com presença de florestas. O rio Carapiranga deságua no rio Ribeira de Iguape, o qual é o principal rio da região e que deságua no Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape-Cananéia (Dias e Oliveira, 2015; SIGRH, 2019).

Procedimento metodológico

A área de estudo foi delimitada através das cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), na escala de 1:10000, com a vetorização da hidrografia e as curvas topográficas presentes nas cartas. A partir da vetorização, foram determinados os parâmetros dimensionais da bacia hidrográfica, como a área (A), representando a área total da bacia hidrográfica delimitada pelos divisores de água; e o perímetro (P), que se refere ao comprimento total da linha dos divisores de água que circundam a bacia hidrográfica. Também foram determinados: o comprimento do rio principal (Cp), que se refere ao tamanho do perfil longitudinal do rio principal, desde sua nascente até a sua foz; e o comprimento total da rede de drenagem (Cd), representando o tamanho do rio principal e dos tributários (Coliado *et al.*, 2020; Simonetti *et al.*, 2022).

Obtendo esses valores, foi possível calcular indicadores morfométricos como: o coeficiente de compacidade (Kc); e o índice de circularidade (Ic). O Kc varia de forma independente do tamanho da bacia hidrográfica, estando relacionado com a sua forma, de modo que, quanto mais irregular for a bacia hidrográfica, maior será o seu coeficiente de compacidade. Além disso, quanto mais próximo de 1 for o valor desse coeficiente, mais circular é a bacia hidrográfica, estando, assim, mais sujeita a enchentes. O Kc foi determinado a partir da Equação (1), sendo o seu resultado um número adimensional (Coliado *et al.*, 2020).

$$Kc = \frac{0,28 \times P}{\sqrt{A}}$$

Equação (1)

Onde:

P é o comprimento da bacia hidrográfica (m);

A é a área de drenagem da bacia hidrográfica (m²).

Quanto ao Ic, esse parâmetro está diretamente relacionado com a forma da bacia hidrográfica, pois, quão mais próximo for o Ic de 1, mais a bacia hidrográfica se aproxima da forma circular, de modo que, o Ic diminui à medida que a forma da bacia hidrográfica se torna mais alongada. Dessa

forma, o índice de circularidade representa a relação entre a área de uma bacia hidrográfica (A), com a área de um círculo de mesma dimensão que o perímetro da bacia hidrográfica (P) (Machado e Torres, 2012; Coliado *et al.*, 2020). Para determinar o I_c foi utilizada a Equação (2).

$$I_c = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Equação (2)

Para a caracterização da rede de drenagem da bacia hidrográfica, foram verificadas: a ordem da bacia hidrográfica; a densidade de drenagem; o gradiente de canais; a extensão do percurso superficial da enxurrada; o coeficiente de manutenção; e o índice de sinuosidade dos canais.

A classificação da rede drenagem da bacia hidrográfica do rio Carapiranga, com a identificação e quantificação de todos os canais fluviais para a determinação da ordem da bacia hidrográfica (W), foi obtida através da utilização dos critérios propostos por Strahler (1952), o qual define que os cursos d'água sem afluentes são classificados como de primeira ordem. Já cursos d'água que tem sua origem através da convergência de dois cursos d'água de primeira ordem são classificados como de segunda ordem, e assim, sucessivamente (Strahler, 1952). Dessa forma, a ordem da bacia hidrográfica foi determinada pelo curso de água de maior ordem presente na área de estudo. Para tanto, o processo de classificação hierárquica fluvial foi realizado a partir da vetorização das cartas topográficas planialtimétricas do IGC com estabelecimento das ordens dos cursos d'água de forma manual.

A relação entre o comprimento total da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Carapiranga (L_t) e sua respectiva área de drenagem (A), corresponde a densidade de drenagem (Dd), sendo determinada pela Equação (3) (Coliado *et al.*, 2020). Valores de densidade de drenagem próximos de 0.5 km/km², representam bacias hidrográficas com drenagem pobre, enquanto valores de densidade de drenagem próximos ou maiores que 3.5 km/km², representam bacias hidrográficas bem drenadas (Villela e Mattos, 1975).

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

Equação (3)

Quanto ao gradiente de canais (G_c), esse parâmetro possibilita a identificação da declividade dos cursos d'água (Horton, 1945), de acordo com a Equação (4).

$$G_c = \frac{AM}{C_{cp}} \times 100$$

Equação (4)

Onde:

G_c é o gradiente de canais em %;

AM é a altitude máxima em m;

C_{cp} é o comprimento do canal principal em m.

A representação da distância média percorrida pelas enxurradas na bacia hidrográfica, antes de encontrar um canal permanente, é dada pelo parâmetro denominado extensão do percurso superficial da água de enxurrada (Eps) (Christofolletti, 1969), de acordo com a Equação (5).

$$Eps = 0.5 \times Dd \times 1000$$

Equação (5)

Onde:

Eps é a extensão do percurso superficial da água de enxurrada em km;

Dd é a densidade de drenagem em km/km².

O coeficiente que trata da manutenção dos canais (Cm) é obtido pelo inverso da densidade de drenagem (Dd) (Schumm, 1956), de acordo com a Equação (6). Esse coeficiente é expresso em m²/m, demonstrando a área de drenagem (m²) necessária para manter um quilômetro linear de canal de drenagem, de modo que sua magnitude aumenta conforme a área de contribuição aumenta (Coliado *et al.*, 2020).

$$Cm = 1/Dd$$

Equação (6)

A relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial (comprimento em linha reta) do canal principal, é dado pelo índice de sinuosidade (Is), que foi calculada através da Equação (7). Canais que tendem a ser retilíneos, possuem valores de Is próximos de 1, e canais que tendem a ser tortuosos possuem valores de Is superiores a 2 (Lana *et al.*, 2001).

$$Is = Ccp/dv$$

Equação (7)

Onde:

Ccp é o comprimento do canal principal em km;

dv é a distância vetorial em km.

Quanto às características relacionadas diretamente com o relevo da área de estudo, foram determinados: a amplitude altimétrica; a razão do relevo; a estratificação da declividade; e o coeficiente de rugosidade. A diferença entre a maior e a menor altitude presentes na bacia hidrográfica representa a amplitude altimétrica da área estudada (Coliado *et al.*, 2020).

A razão entre a diferença das altitudes máximas e mínimas da bacia hidrográfica (H) e o comprimento axial (C) é denominado razão de relevo (Rr) (Schumm, 1956), demonstrado na Equação (8). Através da razão de relevo é possível confrontar a altimetria das diversas regiões presentes na bacia hidrográfica do Carapiranga, mostrando que, quão maior for esse valor mais acidentado é o relevo predominante nesta região, de modo que, maior também será o escoamento superficial das águas pluviais e, por conseguinte, haverá uma menor infiltração e um maior risco de erosão (Coliado *et al.*, 2020).

$$Rr = H/C$$

Equação (8)

Para realizar o cálculo desses atributos foi utilizada a calculadora de campo da tabela de atributos no módulo do *software* QGis (versão 3.14), que possibilita executar cálculos baseados em valores de atributos existentes ou funções definidas.

A classificação da declividade foi estratificada em seis intervalos, considerando a classificação proposta pela Embrapa (2006). As seguintes classes de declividades (em %) foram adotadas nesse estudo: de 0 a 3%, relevo Plano; de 3 a 8%, Suave Ondulado; de 8 a 20%, Ondulado; de 20 a 45%, Forte Ondulado; de 45 a 75%, Montanhoso; e maior que 75%, Escarpado.

O produto da declividade média (D), encontrada em cada ponto (pixel) pelo valor numérico da densidade de drenagem (Dd), como pode ser visto na Equação (9), é denominada coeficiente de rugosidade (RN).

$$RN = D \times Dd$$

Equação (9)

Considerando que, quanto maior for o valor do RN, maior será a suscetibilidade à erosão, Rocha e Kurtz (2001) estabeleceram quatro classes de aptidão de uso do solo: Agricultura; Pastagem/Pecuária; Pastagem/Formação Florestal e Formação Florestal, considerando o potencial de uso do solo e determinando áreas de conflito. No presente estudo, as classes de aptidão do uso do solo foram calculadas através do intervalo de classe (IC), conforme a Equação (10), por meio da razão da diferença do maior e do menor valor de RN, verificados na área em estudo e obtidos através da Equação (9), pelo número de classes de aptidão, conforme a metodologia de Rocha e Kurtz (2001).

$$IC = \frac{(RN_{\text{maior}} - RN_{\text{menor}})}{4}$$

Equação (10)

Onde:

RN_{maior} é o maior valor de RN encontrado na bacia hidrográfica;

RN_{menor} é o menor valor de RN encontrado na bacia hidrográfica.

Dessa forma, de acordo com os valores de IC obtidos, quatro intervalos iguais foram definidos, de modo que o primeiro intervalo IC representa uma menor suscetibilidade do solo à erosão, apresentando um uso potencial do solo apto para a Agricultura, e o último intervalo IC representa uma maior suscetibilidade do solo à erosão, não apresentando aptidão para uso na Agricultura, para Pastagem/Pecuária, ou para o uso Pastagem/Formação Florestal, sendo recomendado o uso apenas para Formação Florestal.

Portanto, esse estudo procurou avaliar conflitos de uso do solo entre o uso atual do solo na bacia hidrográfica do rio Carapiranga e as classes de aptidão estabelecidas pelos intervalos IC. Para isso, o intervalo de classe (IC) foi espacializado na área de estudo, representado de forma gráfica pelas classes de aptidão estabelecidas por Rocha e Kurtz (2001), e sobrepostos com o mapeamento do uso atual do solo para a bacia hidrográfica, que foi obtido através de dados disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomass), ano 2019 (MapBiomass, 2019).

O procedimento metodológico para análise do relevo foi apoiado em Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do *software* QGis versão 3.14. O modelo digital de elevação (MDE) foi gerado a partir das curvas de nível vetorizadas, utilizando o módulo GRASS, sendo gerado o *raster* de altitude com pixel de saída de 30 m de resolução espacial para confrontar com o mapa de uso do solo. A partir do MDE, com a ferramenta de análise de dados *raster*, foi gerado o plano de informação referente à declividade que, por sua vez, foi reclassificada a partir do algoritmo *r.reclass* do módulo GRASS, de acordo com a classificação da Embrapa (2006). O coeficiente de rugosidade (RN) foi calculado pelo algoritmo derivado do utilitário GDAL DEM, do Qgis, enquanto as classes de aptidão do uso do solo foram estimadas na calculadora *raster*. A sobreposição dos planos de informação concernentes aos conflitos de uso do solo e as classes de aptidão estabelecidas pelos intervalos IC foi realizada por meio da ferramenta de sobreposição de vetor.

Resultados

Os parâmetros morfométricos obtidos para a área em estudo são apresentados na Tabela 1. A área de drenagem é uma das características mais importantes de uma bacia hidrográfica, assim como a determinação da ordem da bacia hidrográfica (Cunha e Bacani, 2016). A área da bacia hidrográfica do rio Carapiranga é de 68.88 km², seu perímetro é de 75.71 km, e sua ordem dos cursos d'água é de quarta ordem.

Ao todo, a bacia hidrográfica apresenta 167 canais, conforme observado na Tabela 2, dos quais 50.86% são classificados como de primeira ordem, que correspondem aos canais com presença de nascentes e sem afluentes, 25.71% são de segunda ordem, 11.43% são de terceira ordem, e, por fim a de quarta ordem representa 12.00% dos canais.

O índice de compacidade calculado (Kc) apresenta o valor de 2.39, um valor alto, o que significa que a bacia não está sujeita a ocorrência de grandes enchentes. Já o índice de circularidade apresentado (Ic) é de 0.17, representando um nível moderado de escoamento. O estudo realizado na cidade próxima de Registro, na bacia hidrográfica do rio Pariquera-Açu, localizada nos municípios de Iguape e Pariquera-Açu, apresentou índice de compacidade de 1.35, sendo esse valor considerado mediano, não propiciando enchentes (Coliado *et al.*, 2020), enquanto na bacia

hidrográfica do rio Verdinho em Goiás, Alves *et al.* (2020) obtiveram um valor de índice de compacidade e circularidade, respectivamente, de 2.86 e 0.12, considerando a bacia hidrográfica do rio Verdinho alongada e pouco propensa a ocorrência de eventos graves de enchentes. Sendo assim, a bacia hidrográfica do rio Carapiranga, por apresentar um índice de circularidade muito baixo, também apresenta uma forma mais alongada e pouco circular, uma vez que bacias hidrográficas que possuem I_c com valores menores que 0.51, tendem a ser mais alongadas, favorecendo o processo de escoamento (Alves *et al.*, 2020), não contribuindo para a concentração de águas que possibilitem cheias rápidas (Miller, 1953; Schumm, 1956), no entanto, podem favorecer o desenvolvimento de processos erosivos em virtude da promoção do escoamento da água (Cunha e Bacani, 2016).

Tabela 1. Parâmetros dimensionais morfométricos da bacia hidrográfica do rio Carapiranga em Registro (SP).

Parâmetros Dimensionais Morfométricos	Unidade	Valores
Área (A)	km ²	68.88
Perímetro (P)	km	75.71
Ordem da bacia (W)	-	4 ^a
Índice de circularidade (I_c)	-	0.17
Coeficiente de compacidade (Kc)	-	2.39
Comprimento do rio principal (Cp)	km	22.15
Comprimento total de rios da bacia (Lt)	km	132.14
Densidade de drenagem (Dd)	km/km ²	1.92
Extensão do percurso superficial da água de enxurrada (Eps)	km	960.00
Gradiente de canais (Gc)	%	1.50
Coeficiente de manutenção (Cm)	m ² /m	521.26
Índice de sinuosidade (Is)	km/km	1.24
Razão de Relevo (Rr)	%	22.63
Coeficiente de rugosidade (RN)	-	25.71
Intervalo de Classe (InC)	m	58.51

Tabela 2. Classificação dos canais da bacia hidrográfica do rio Carapiranga em Registro (SP).

Ordem	Número de canais	Extensão (km)	% de número de canais
1 ^a	89	78.52	50.86
2 ^a	45	27.02	25.71
3 ^a	20	12.67	11.43
4 ^a	21	13.93	12.00

Contudo, apesar dos coeficientes K_c e I_c indicarem baixa probabilidade de ocorrência de enchentes, fatores associados a cobertura e uso da terra devem ser considerados. Mudanças na cobertura e uso da terra alteram o ciclo hidrológico, diminuem as taxas de infiltração e aumentam o escoamento superficial (Santos *et al.*, 2018; Wang e Chen, 2019), de modo que essas modificações no meio natural podem contribuir para aumento de vazões de cheias promovendo picos de enchentes (Simonetti *et al.*, 2022).

A densidade de drenagem (D_d) na área em estudo é de 1.92 km/km^2 , possuindo uma drenagem mediana, pois, segundo Villela e Mattos (1975), bacias hidrográficas com densidade de drenagem igual a 0.5 km/km^2 são consideradas pobres em drenagem, e bacias hidrográficas com densidade de drenagem igual ou maior que 3.5 km/km^2 , são consideradas excepcionalmente bem drenadas. Alves *et al.* (2020), verificaram em seu estudo um valor mediano para a densidade de drenagem na bacia hidrográfica do rio Verdinho, justificando esse valor pela presença de material geológico e pedológico poroso na região em estudo. Portanto, a permeabilidade da bacia hidrográfica está diretamente associada com o processo de infiltração, que pode ser facilitado, ou não, por sua constituição física (Cunha e Bacani, 2016).

O canal principal apresenta 22.15 km , sendo que a distância entre os extremos do canal é de 17.90 km , resultando em um índice de sinuosidade (I_s) de 1.24 km/km . O valor de I_s calculado indica que o canal tem formas transicionais, próximo ao retilíneo, pois valores de I_s próximos a 1 indicam canais retilíneos, valores de I_s superiores a 2 indicam canais sinuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais (Nardini *et al.*, 2013).

Canais extensos estão relacionados com a topografia, de modo que esses se desenvolvem em regiões em que o relevo é mais suave, pouco acidentado (Kanth e Hassan, 2012), fato que ficou evidente na área em estudo, uma vez que as classes de declividade, segundo a Embrapa (2006) (Figura 2), revelaram que o relevo Plano e Suave Ondulado contemplam 41.40% , a classe Ondulado 33.75% e Forte Ondulado 22.64% , enquanto as classes que representam as áreas de relevo mais movimentado, como Montanhoso e Escarpado, somaram apenas 2.22% do relevo presente na área. Além disso, o gradiente de canais (G_c), mede em porcentagem a declividade do curso d'água, sendo que a bacia hidrográfica do rio Carapiranga possui valor de G_c igual a 1.5% , dessa forma é possível concluir que o relevo da área possui baixa declividade (Horton, 1945).

A extensão do percurso superficial da água de enxurrada (E_p) na bacia hidrográfica do rio Carapiranga é de 960 km , e o coeficiente de manutenção (C_m) é de $521 \text{ m}^2/\text{m}$. Declividade, E_p e C_m orientam o caminho da água no solo, de modo que o valor de E_p indica se a distância percorrida pela enxurrada é longa ou não, refletindo no tempo de concentração e na infiltração (Alves *et al.*, 2020). O C_m também é um índice relevante no sistema de drenagem, pois representa a área mínima necessária para manter perene cada quilômetro de canal de drenagem. Dentro

desse contexto, a bacia hidrográfica em estudo, apresenta uma longa distância para o escoamento da enxurrada, favorecendo a infiltração e aumentando o tempo de concentração. Quanto ao Cm, esse apresenta um valor intermediário, de modo que não há necessidade de uma área extensa para a formação de um canal com fluxo perene.

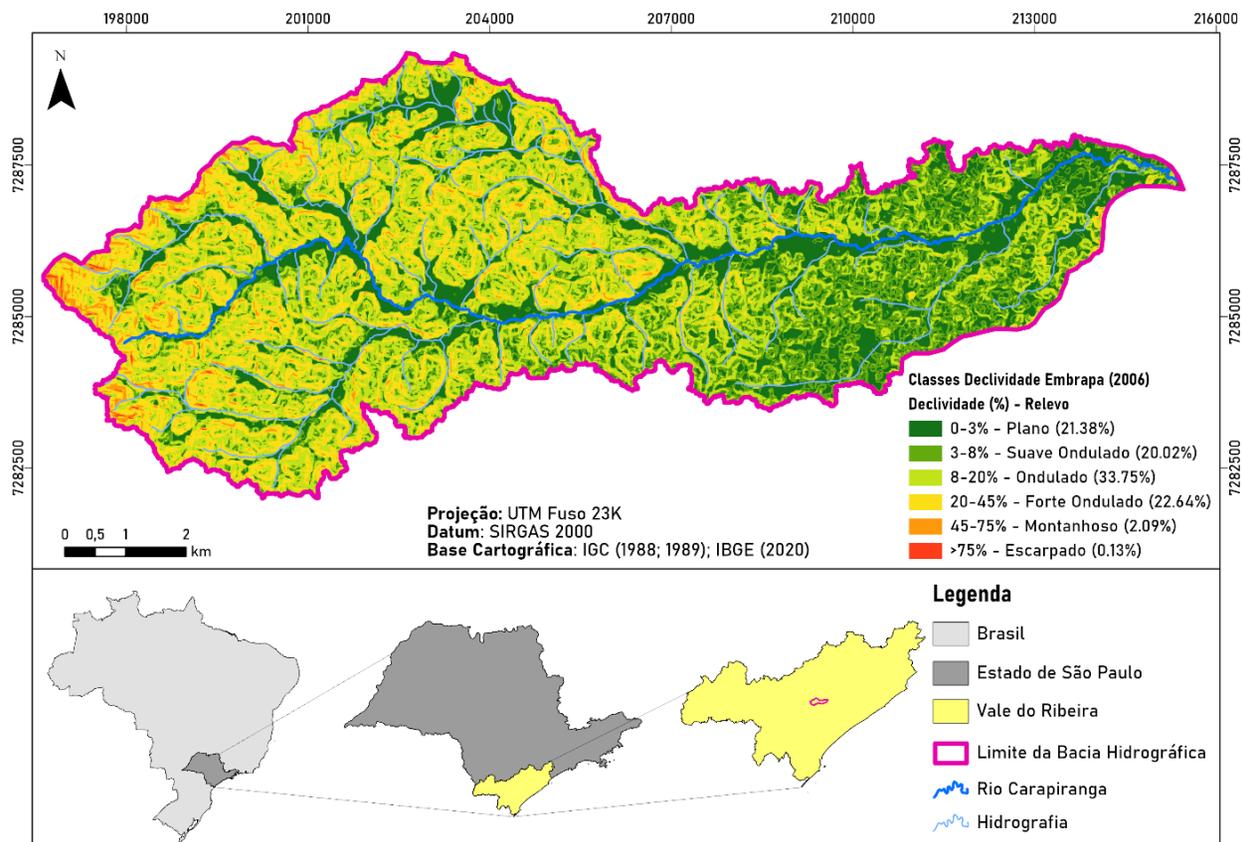


Figura 2. Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Carapiranga (SP).

Alves *et al.* (2020), identificaram na bacia hidrográfica do rio Verdinho um coeficiente de manutenção igual a 1587.30 m²/m. Já Coliado *et al.* (2020), em seu estudo na bacia hidrográfica do rio Pariquera-Açu, identificaram um coeficiente de manutenção igual a 584 m²/m. Portanto, a bacia hidrográfica do rio Carapiranga, quando comparada com as referidas bacias hidrográficas, demanda de uma área menor para a manutenção de um canal de forma perene.

Conforme a Figura 3, é possível observar a distribuição do coeficiente de rugosidade (RN) na área da bacia hidrográfica do rio Carapiranga. O RN pode ser utilizado como uma ferramenta para

avaliar o risco de degradação ambiental em bacias hidrográficas (Oliveira *et al.*, 2013), visto que esse coeficiente está associado com a aptidão do uso do solo. Desse modo, a variação do RN permitiu convencionar a bacia em quatro classes de aptidão de uso, apresentados na Figura 4. Nesse estudo, as áreas aptas para agricultura possuem o menor valor de RN, em um intervalo de 0 a 58.50; as áreas aptas para Pastagem/Pecuária possuem um valor de RN maiores que 58.50 até 117.01; áreas aptas para Pastagem/Florestamento possuem um valor de RN maiores que 117.01 até 175.52; e áreas apropriadas para Florestamento, possuem valores maiores que 175.52.

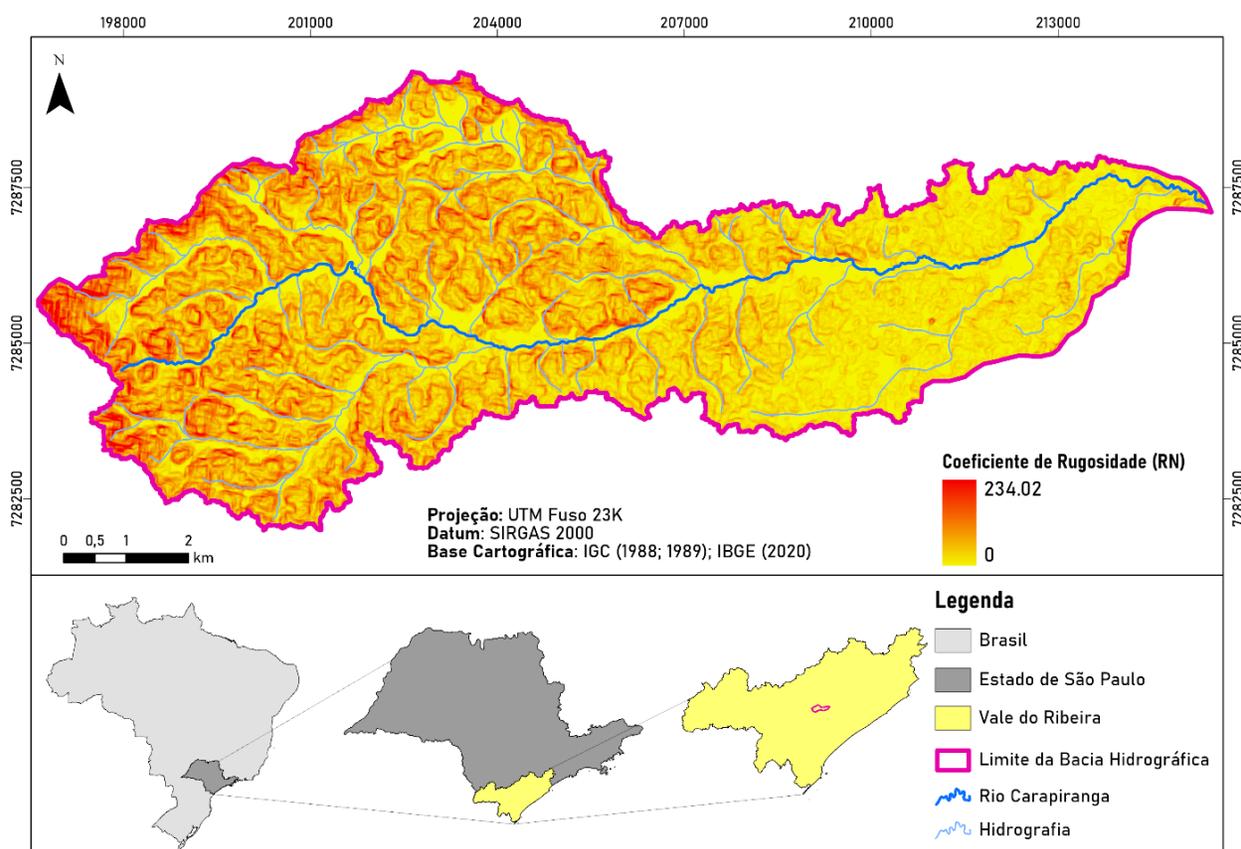


Figura 3. Coeficiente de Rugosidade na bacia hidrográfica do rio Carapiranga (SP).

Conforme pode ser observado na Figura 4, a classe de aptidão do uso do solo de maior representatividade na área em estudo é a agricultura (90.26%), seguido da pecuária (9.29%). A classe de aptidão para formação florestal, e pastagem em conjunto com formação florestal é praticamente incipiente na região, representando apenas 0.45% da área de estudo.

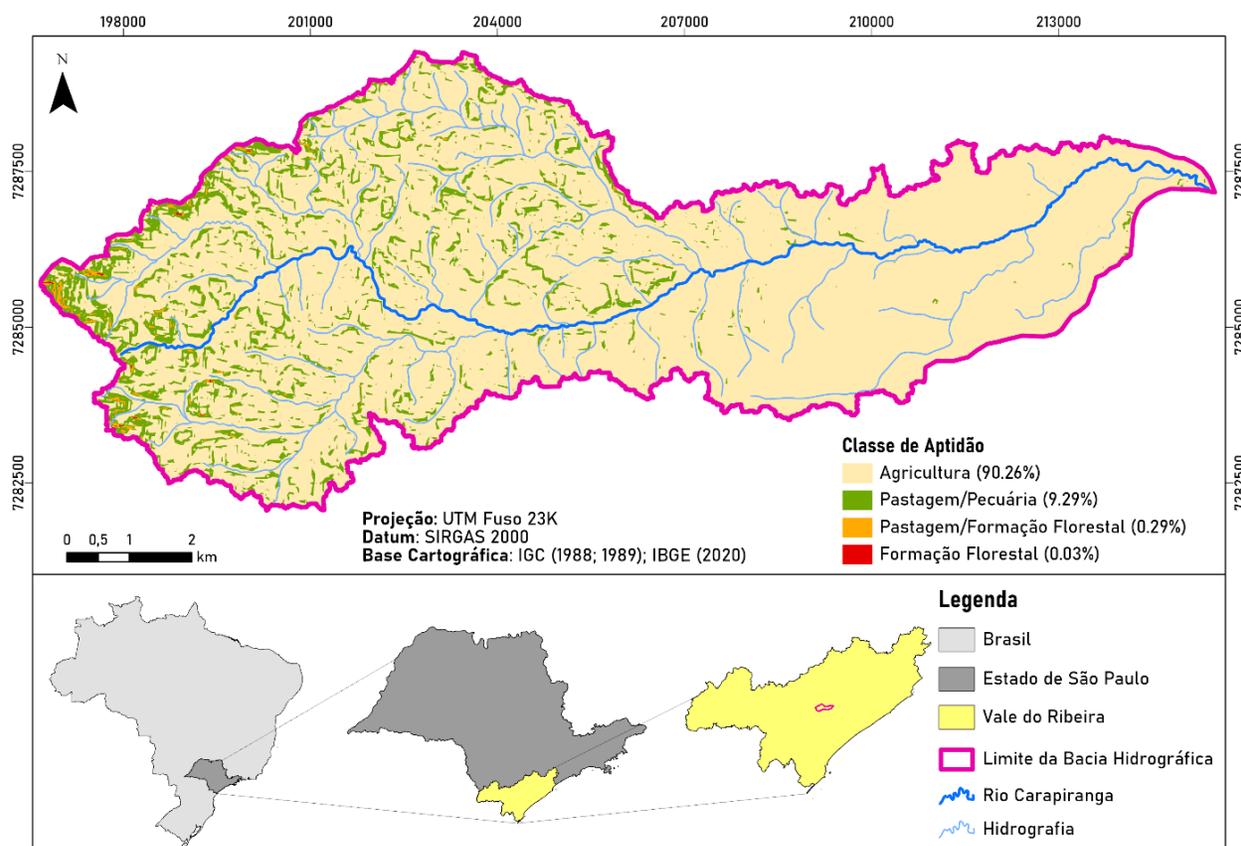


Figura 4. Classes de aptidão para avaliar o uso potencial dos solos.

Entretanto, essas informações levam em consideração apenas as características físicas da bacia hidrográfica e não avalia as características pedológicas e climáticas da região, o que pode inviabilizar consideravelmente algumas dessas áreas para as práticas agrícolas.

A Figura 5 demonstra as classes de uso do solo atual na região em estudo. A cobertura florestal é predominante na região (61.62%), seguido das áreas utilizadas por pastagens (27.95%), como também observado por Batista *et al.* (2021), em seu estudo no Vale do Ribeira, o qual o município de Registro está inserido. Apesar de apenas 0.47% da área em estudo possuir cultivo, de acordo com Coelho (2012), a bananicultura é a principal atividade agropecuária da região, pois esse tipo de cultivo apresenta melhor resultado em terrenos onde o relevo é plano a levemente ondulado.

O conflito de uso do solo foi determinado através da sobreposição dos dados dispostos na Figura 4 com os dados dispostos na Figura 5. Assim, conforme ilustrado na Figura 6, houve um predomínio de conflitos de uso do solo, de modo que 88.12% da área em estudo apresenta

conflito. Contudo, isso se deve, principalmente, pelo fato de que 90.26% da bacia hidrográfica foi classificada como apta para o desenvolvimento da agricultura, as quais, atualmente, possui 52.67% da área com aptidão agrícola ocupada por floresta, e 26.58% ocupada por pastagens.

A princípio, a grande extensão de área apta para o desenvolvimento da agricultura em contraposição à preservação florestal pode causar certa preocupação quanto à conservação de áreas naturais. Neste sentido, políticas públicas apoiadas na legislação ambiental devem ser desenvolvidas para que se contemple a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico na região.

O Vale do Ribeira possui o maior remanescente de floresta atlântica do Estado de São Paulo, possuindo uma porção significativa de áreas legalmente protegidas inseridas em Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável (São Paulo, 2021), reflexo de políticas públicas que atuaram na criação de Unidades de Conservação (UC) a partir da década de 1980 (Narezi, 2018; Assaf *et al.*, 2021; Batista *et al.*, 2021), regulamentadas pela Lei 9985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), a fim de proteger, conservar e recuperar ecossistemas naturais (Brasil, 2000).

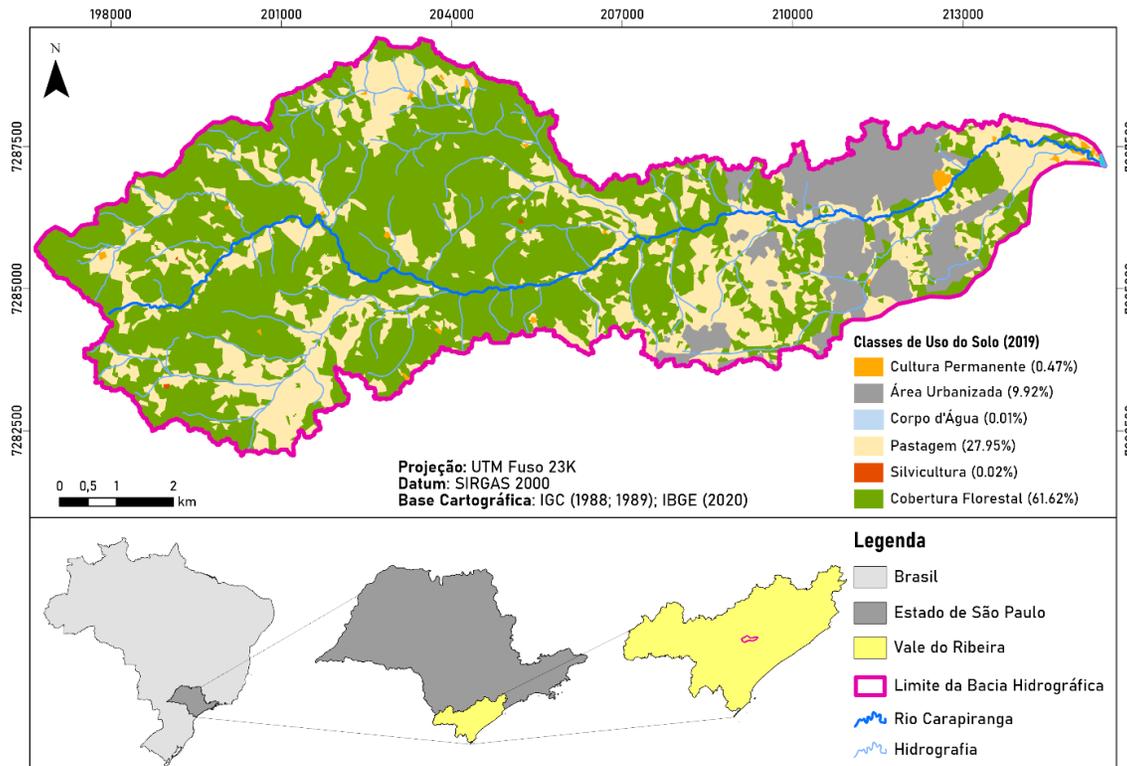


Figura 5. Classes de uso do solo atual (2019).

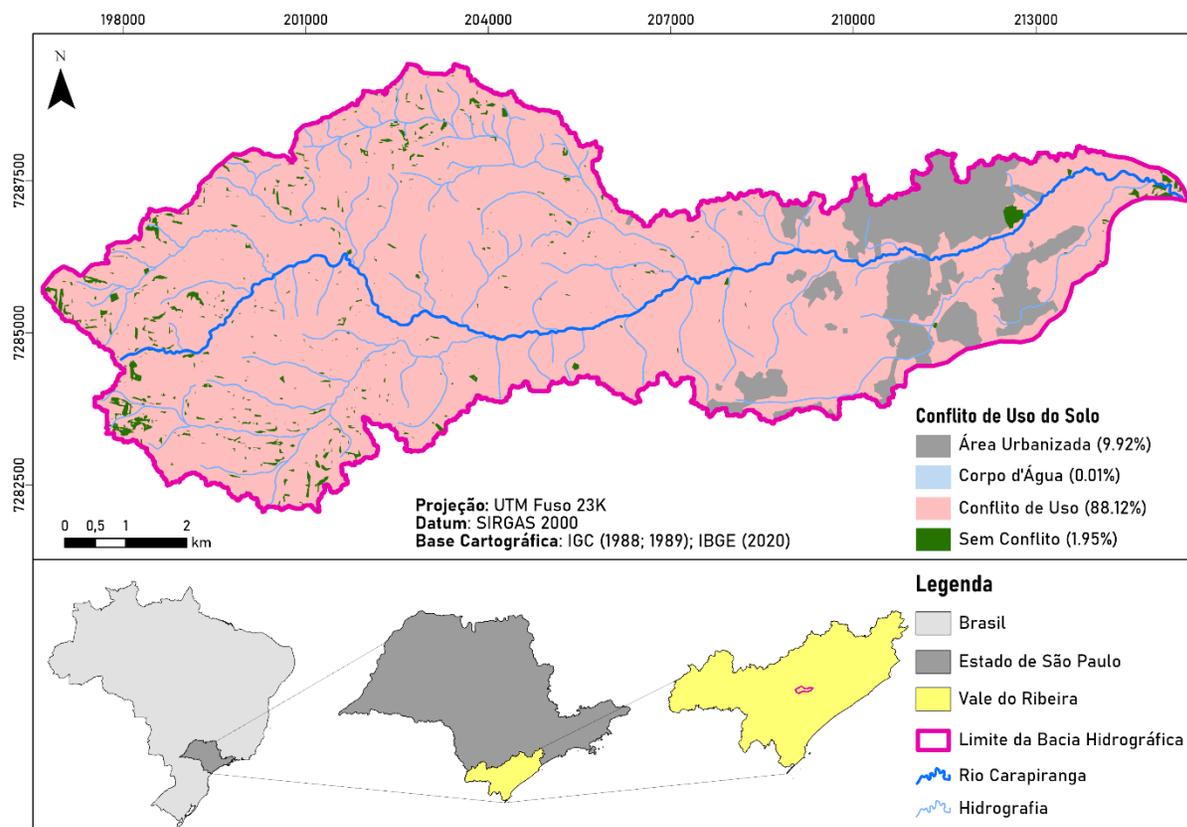


Figura 6. Conflito entre o uso atual do solo e o uso potencial do solo.

Ações voltadas para a implementação de agroflorestas, promovendo a recuperação de áreas degradadas e a conservação florestal, também são observadas no Vale do Ribeira (Arantes *et al.*, 2017; Narezi, 2018; Bim *et al.*, 2020), auxiliando no desenvolvimento da atividade agrícola e econômica da região, ao mesmo tempo em que se garante a manutenção sustentável da região (Arantes *et al.*, 2017). Contudo, os resultados aqui obtidos, consideram apenas as características físicas da bacia hidrográfica objeto deste estudo e não avalia outros fatores, como características socioculturais capazes de influenciar no uso e ocupação do solo, e os impactos dessa ocupação na conservação florestal.

Entretanto, é também observado que políticas territoriais voltadas para o desenvolvimento sustentável do Vale do Ribeira contribuíram para o fortalecimento parcial da atividade agrícola na região, uma vez que a fragilidade entre o relacionamento das diferentes esferas política-administrativas não possibilitou a consolidação de programas voltados para a elaboração participativa do plano territorial (Silva Júnior, 2016). Sendo assim, é recomendado que se

considere o histórico de ocupação da bacia hidrográfica para propor ações de governança, uma vez que o Vale do Ribeira possui um número considerável de comunidades tradicionais, grupos indígenas, quilombolas e caiçaras (Coelho e Favareto, 2008), a fim de se conciliar o desenvolvimento local, o respeito a reprodução dos modos de vida dessas comunidades e a preservação dos recursos naturais e ambientais.

Além disso, esse estudo também não considerou a pedologia local e condições climáticas, que podem inviabilizar de forma considerável o desenvolvimento de práticas agrícolas na região. Portanto, as atividades agropecuárias devem ser desenvolvidas através de práticas de manejo e conservação, para que processos erosivos e degradativos do solo não sejam favorecidos em virtude de práticas predatórias de produção.

Dessa forma, é possível compreender que parâmetros morfométricos podem subsidiar a formulação, o planejamento e a tomada de ações quanto à fragilidade ambiental de áreas de interesse (Costa *et al.*, 2020). Contudo, há de se considerar que somente o coeficiente de rugosidade não revela o verdadeiro potencial de uso do solo (Oliveira *et al.*, 2013), sendo recomendável que haja um aperfeiçoamento dessa análise observando dados pedológicos, climáticos e socioambientais.

Conclusões

A bacia hidrográfica do rio Carapiranga é alongada e menos suscetível a enchentes, com uma densidade de drenagem classificada como mediana, o que permite concluir que o substrato rochoso possui de média a alta permeabilidade, possibilitando maior infiltração e menor escoamento da água.

A aptidão para potencial uso do solo na região da bacia se dá principalmente para a agricultura, desde que sejam mantidas áreas de preservação florestal, visto que o predomínio de declividade é baixo, com um relevo pouco acidentado e um coeficiente de rugosidade baixo, o que minimiza a ocorrência de erosão.

Referências bibliográficas

- Alves, W. S., Martins, A. P., Morais, W. A., Pôssa, É. M., Moura, D. M. B., Santos, L. N. S., Ferreira, R. S., Nunes, N. C., Pereira, M. A. B., Moreira, E. P. (2020) Morfometria da bacia hidrográfica do rio Verdinho, sudoeste de Goiás, Brasil, *Revista Brasileira de Geografia Física*, **13**(7), 3636-3658. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3636-3658>
- Angelo, J. A., Bueno, C. R. F., Baptistella, C. S. L., Caser, D. V., Camargo, F. P., Olivette, M. P. A., Martins, V. A. (2017) Previsões e estimativas das safras agrícolas do estado de São Paulo, 2º Levantamento, ano agrícola 2016/17 e levantamento final, ano agrícola 2015/16, novembro de 2016, *Análises e Indicadores do Agronegócio*, **12**(2), 1-12.

- Arantes, P. B., Righi, C. A., Bosi, C., Domenico, C. I., & Galvez, V. A. R. (2017) Agroflorestas familiares no Vale do Ribeira: diagnóstico produtivo, estratégias e desafios, *REDD—Revista Espaço de Diálogo e Desconexão*, **9**(1), 1-20. <https://doi.org/10.32760/1984-1736/REDD/2017.v9i1.10950>
- Asgari, M. (2021) A critical review on scale concept in GIS-based watershed management studies, *Spatial Information Research*, **29**, 417–425. <https://doi.org/10.1007/s41324-020-00361-7>
- Assaf, C., Adams, C., Ferreira, F. F., França, H. (2021) Land use and cover modeling as a tool for analyzing nature conservation policies – A case study of Juréia-Itatins, *Land Use Policy*, **100**, 104895. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104895>
- Batey, P.W.J., Kim, J.S. (2021) Special issue on comprehensive watershed management: sustainability, technology, and policy, *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, **5**, 523–530 (2021). <https://doi.org/10.1007/s41685-021-00204-9>
- Batista, R. A. W., Nery, L. M., Matus, G. N., Simonetti, V. C., Silva, D. C. C. (2021) Estimativa do fator de Erosividade do solo na região do Vale do Ribeira Paulista, Brasil, *Formação (Online)*, **28**(53), 441-460. <https://doi.org/10.33081/formacao.v28i53.8015>
- Berila, A., Isufi, F. (2021) Application of GIS in the determination of vertical relief fragmentation: A case study on Drenica river basin (Kosovo), *Geographia Technica*, **16**(1), 39-47. https://doi.org/10.21163/GT_2021.161.04
- Bim, O. J. B., Silva, F. A. M., Almeida, L. C. F., Resende, R. U. (2020) Formando florestas: Recuperação florestal participativa no mosaico do Jacupiranga – SP, *Revista Ciência em Extensão*, **16**, 251-269.
- Brasil (1997) *Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Acesso em 22 de julho 2021, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm
- Brasil (2000) *Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000*. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Acesso em 30 de janeiro de 2022, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm
- Campos, S., Felipe, A. C., Campos, M., Reche, A. M. (2015) Geoprocessamento aplicado na caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Descalvado–Botucatu, SP, *IRRIGA*, **1**(1), 52-65. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v1n1p52>
- Christofolletti, A. (1969) Análise morfométrica de bacias hidrográficas, *Notícia Geomorfologica*, **18**(9), 35-64.
- Coelho, E. F. (Ed.) (2012) *Irrigação da bananeira*, Embrapa, Brasília, DF, 280 pp.
- Coelho, V. S. P., Favareto, A. (2008) Questioning the relationship between participation and development: A case study of the Vale do Ribeira, Brazil, *World Development*, **36**(12), 2937-2952.
- Coliado, P. H. S., Simonetti, V. C., Silva, D. C. C. (2020) Avaliação das características físicas da bacia hidrográfica do rio Pariquera-Açu no Baixo Ribeira de Iguape (SP), *Holos Environment*, **20**, 320-334. <https://doi.org/10.14295/holos.v20i3.12386>
- Costa, F. R., Souza, R. F., Silva, S. M. P. (2019) Geoprocessamento aplicado a caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do rio Doce–RN/Brasil, *Boletim Paranaense de Geociências*, **75**(1), 43-63. <https://doi.org/10.5380/geo.v75i0.58756>
- Costa, R. C. A., Pissarra, T. C. T., Caldas, A. M., Valle Júnior, R. F. (2020) Conflito de uso e indicadores morfométricos para a gestão de política de uso do solo, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **25**(3), 467-476. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020154825>
- Cunha, E. R., Bacani, V. T. (2016) Morphometric characterization of a watershed through SRTM data and geoprocessing technique, *Journal of Geographic Information System*, **8**(2), 238-247. <https://doi.org/10.4236/jgis.2016.82021>
- Dias, R. L., Oliveira, R. C. (2015) Caracterização socioeconômica e mapeamento do uso e ocupação da terra do litoral sul do estado de São Paulo, *Sociedade & Natureza*, **27**(1), 111-123.

- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006) *Sistema brasileiro de classificação de solos*, Brasília, DF, 306 pp.
- Faustino, A. B., Ramos, F. F., Silva, S. M. P. (2014) Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Doce (RN) com base em sensoriamento remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais, *Sociedade e Território*, **26**(2), 18-30.
- Ferreira, R., Moura, M., Castro, F. (2015) Uso de plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pancas–Brasil, *Nativa*, **3**(3), 210-216. <https://doi.org/10.14583/2318-7670.v03n03a11>
- Fraga, M. S., Ferreira, R. G., Silva, F. B., Vieira, N. P. A., Silva, D. P., Barros, F. M., Martins, I. S. B. (2014) Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Catolé Grande, Bahia, Brasil, *Nativa*, **2**(4), 214-218. <https://doi.org/10.14583/2318-7670.v02n04a05>
- Horton, R. (1945) Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology, *Geological Society of American Bulletin*, **56**, 807- 813.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021) *Cidades*. Acesso em 25 de abril de 2021, disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>
- Joia, P. R., Anunciação, V. S., Paixão, A. A. (2018) Implicações do uso e ocupação do solo para o planejamento e gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Aquidauana, Mato Grosso do Sul, *Interações*, **19**(2), 343-358. <https://doi.org/10.20435/inter.v19i2.1404>
- Kanth, T. A., Hassan, Z. (2012) Morphometric analysis and prioritization of watersheds for soil and water resource management in wular catchment using geo-spatial tools, *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, **2**(1), 30-41.
- Lana, C. L., Alves, J. M. P., Castro, P. T. A. (2001) Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG-Brasil, *Revista Escola de Minas*, **54**(2). <https://doi.org/0.1590/S0370-44672001000200008>
- Machado, P. J. O., Torres, F. T. P. (2012) *Introdução à hidrogeografia*, Cengage Learning, São Paulo, SP, 192 pp.
- MAPBIOMAS, Projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo no Brasil (2019) *Coleção 5 (1985-2019) Mata Atlântica*. Acesso em 25 de abril de 2021, disponível em: <https://mapbiomas.org/>
- Moreli, A. P., Pereira, D. P., Silva, S. F. (2014) Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã, município de Venda Nova do Imigrante - ES, Brasil, *Nucleus*, **11**(2), 385-395. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.945>
- Miller, V. C. (1953) *A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area*, Columbia University, Department of Geology, New York, 30 pp.
- Nardini, R. C., Pollo, R. A., Campos, S., Barros, Z. X., Cardoso, L. G., Gomes, L. N. (2013) Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma microbacia hidrográfica, *IRRIGA*, **18**(4), 687-699. <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n4p687>
- Narezi, G. (2018) A agroecologia como estratégia de gestão de Unidades de Conservação de uso sustentável no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, Brasil, *Redes*, **23**(1), 69-91. <https://doi.org/10.17058/redes.v23i1.9324>
- Nery, L. M., Ribeiro, M. V. C., Souza, M., Oliveira, R. A., Silva, D. C. C., Simonetti, V. C. (2019) Estudo da capacidade de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Pirajibú-Mirim. In Editora Poison (Org.), *Meio Ambiente, sustentabilidade e tecnologia*, Poisson, Belo Horizonte, MG, 52-62.
- Oliveira, L. F. C., Calil, P. M., Rodrigues, C., Kliemann, H. J., Oliveira, V. A. (2013) Potencial do uso dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, Goiás, *Revista Ambiente e Água*, **8**(1), 222-238. <https://doi.org/https://doi.org/10.4136/ambi-agua.914>
- Rai, P. K., Mohan, K., Mishra, S., Ahmad, A., Mishra, V. N. (2017) A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar river basin, India, *Applied Water Science*, **7**, 217–232. <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0238-y>
- Rocha, J. S. M., Kurtz, S. M. J. M. (2001) *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas*, Editora da UFSM, Santa Maria, RS, 282 pp.

- Sales, J. C. A., Silva, D. C. C., Simonetti, V. C., Nery, L. M., Lourenço, R. W. (2021) Relação entre a integridade da mata ciliar e a distribuição de renda na Bacia Hidrográfica do Rio Una. *Scientia Plena*, **17**(7). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.075301>
- São Paulo (Estado) (2021) *Unidades de Conservação*. Acesso em 30 de janeiro de 2022, disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/unidades-de-conservacao/>
- Santos, D. B., Vidotto, M. L., Bertinatto, R., Marcon, G. R. S., Frigo, E. P. (2012) Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, PR, *Applied Research & Agrotechnology*, **5**(2), 7-18. <https://doi.org/10.5777/paet.v5i2.1659>
- Santos, G. O., Silva, A. A., Braz, A. R. C., Carneiro, F. M. (2018) Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta ao planejamento urbano e agrícola, *Geografia, Ensino & Pesquisa*, **22**, 01-13. <https://doi.org/10.5902/2236499426572>
- Schumm, S.A. (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey, *Bulletin of the Geological Society of America*, **67**(5), 597-646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)
- SIGRH, Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (2019) *Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul (CBH-RB)*. Acesso em 03 de abril de 2019, disponível em <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhrb/apresentacao>.
- Silva, D. C. C., Sales, J. C. A., Simonetti, V. C., Lourenço, R. W. (2020) Análise espacial do custo de reposição de nutrientes do solo em uma bacia hidrográfica. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, **13**(1). <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n1p189-212>
- Silva, D. C. C., Oliveira, R. A., Simonetti, V. C., Andrade, E. L., Sousa, J. A. P., Sales, J. C. A., Lourenço, R. W. (2021) Application of fuzzy systems to support the development of a socioenvironmental sustainability index applied to river basins. *International Journal of River Basin Management*, **1**(39). <https://doi.org/10.1080/15715124.2021.1938093>
- Silva, D. C. C., Albuquerque Filho, J. L., Sales, J. C. A., Lourenço, R. W. (2016) Uso de Indicadores Morfométricos como Ferramentas para Avaliação de Bacias Hidrográficas, *Revista Brasileira de Geografia Física*, **9**, 627-642. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.2.p627-642>
- Silva, C. O. F., Medeiros, G. A. (2017) Avaliação ambiental e morfométrica da bacia do rio Jundiá-Mirim: Diagnósticos e subsídios para gestão ambiental, *Boletim Campineiro de Geografia*, **7**(2), 441-454.
- Silva Júnior, J. A. D. (2016) Políticas de desenvolvimento territorial no Brasil: o caso do Vale do Ribeira (SP), *Revista de Administração Pública*, **50**, 513-527. <https://doi.org/10.1590/0034-7612150613>
- Simonetti, V. C., Silva, D. C. C., Rosa, A. H. (2022) Correlação espacial compartimentada dos padrões de drenagem com características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim, *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **23**(1), 1134-1154. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i1.2037>
- Simonetti, V. C., Frascareli, D., Gontijo, E. S., Melo, D. S., Friese, K., Silva, D. C. C., Rosa, A. H. (2019) Water quality indices as a tool for evaluating water quality and effects of land use in a tropical catchment. *International Journal of River Basin Management*, **19**(2), 157-168. <https://doi.org/10.1080/15715124.2019.1672706>
- Strahler, A. N. (1952) Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography, *Geological Society of America Bulletin*, **63**(10), 1117-1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)
- Toniolo, B. P., Oliveira, R. A., Silva, D. C. C., Lourenço, R. W. (2021) Indicadores morfométricos como instrumento de gestão da bacia hidrográfica do rio Cotia (SP), *Holos Environment*, **21**, 282-302. <https://doi.org/doi.org/10.14295/holos.v21i2.12442>
- Villela, S. M., Mattos, A. (1975) *Hidrologia aplicada*, McGraw-Hill, São Paulo, SP, 245 pp.
- Wang, H., Chen, Y. (2019) Identifying key hydrological processes in highly urbanized watersheds for flood forecasting with a distributed hydrological model, *Water*, **11**(8):1641. <https://doi.org/10.3390/w11081641>