

## USO DE GEOTECNOLOGIA NA AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DO CÓRREGO DO FAXINAL (SP)<sup>1</sup>

## USE OF GEOTECHNOLOGY IN THE EVALUATION OF FAXINAL STREAM PHYSIOGRAPHIC CHARACTERISTICS (SP)

Mateus de Campos LEME<sup>2,4</sup>; Flávia Luize Pereira de SOUZA<sup>2</sup>; Marcos Vinicius Bohrer Monteiro SIQUEIRA<sup>3</sup>; Tiago Makoto OTANI<sup>2</sup>; Sérgio CAMPOS<sup>2</sup>

**RESUMO** - O conhecimento das características fisiográficas de uma bacia hidrográfica é fundamental para sua gestão ambiental. O trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego do Faxinal, Regente Feijó (SP), por meio do emprego de geotecnologias. Os resultados das variáveis morfométricas como declividade, sinuosidade e índice de circunferência, permitiram inferir que o solo é permeável, com boa infiltração de água e baixo escoamento superficial. A microbacia apresenta baixo risco de enchentes pelo formato cumprido/oblongo, somado a isso, pela baixa densidade de drenagem é possível inferir que o solo tem uma boa permeabilidade, e baixa susceptibilidade à erosão devido à declividade suave ondulada.

Palavras-chave: Gestão ambiental; microbacia hidrográfica; morfometria.

**ABSTRACT** - Knowledge of the physiographic characteristics of a watershed is fundamental to its environmental management. The objective of this work was to characterize the morphometric characterization of the watershed of Faxinal Stream, Regente Feijó (SP), through the use of geotechnologies. The results of morphometric variables such as slope, sinuosity and circumference index allowed us to infer that the soil is permeable, with good water infiltration and low runoff. The microbasin presents low flood risk due to the long / oblong shape. In addition, due to the low drainage density it is possible to infer that the soil has a good permeability and low erosion susceptibility due to the gentle undulating slope.

Keywords: Environmental management; micro watershed; morphometric.

<sup>1</sup>Artigo Científico. Recebido para análise em 10.09.2019. Aceito para publicação em 18.12.2019.

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Av. Universitária, 3780, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade do Sagrado Coração - U.S.C., R. Irmã Armanda, 1050, 17011-160, Bauru, SP, Brasil.

<sup>4</sup> Autor para correspondência: Mateus de Campos Leme - mateus.leme93@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

Para a execução do planejamento ambiental, as características do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica são informações importantes, visto que auxiliam e orientam ações de conservação da água e da terra (Aher et al., 2014). Assim, as bacias hidrográficas são estudadas levando em consideração seus parâmetros geológicos, geomorfológicos, pedológicos e a sua drenagem, comprovando a relevância da avaliação da sua estrutura e as influências desses fatores na sua área (Magesh et al., 2013). Segundo Guerra e Cunha (1996) a avaliação da bacia hidrográfica permite identificar as modificações impostas pelo homem e seus respectivos reflexos na natureza, levando em consideração não só os elementos naturais, mas também os impactos sociais dessas ações.

A análise morfométrica é uma forma quantitativa de caracterização de uma bacia, imprescindível na investigação de processos hidrológicos (Strahler, 1957). Assim, a compreensão de características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo e o tipo de cobertura vegetal), norteiam estudos voltados para a dinâmica ambiental local. Neste contexto, o geoprocessamento e os Sistemas de Informação Geográfica - SIG são ferramentas importantes, auxiliando a obtenção de dados utilizados no planejamento ambiental (Babu et al., 2016). Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a morfometria da bacia do Córrego do Faxinal, localizado no limite administrativo dos municípios de Regente Feijó (SP) e Martinópolis (SP), utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, visando a conservação dos recursos naturais.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

A microbacia do Córrego do Faxinal localiza-se no limite administrativo dos municípios de Regente Feijó (SP) e Martinópolis (SP) (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 22° 15' 46" a 22° 19' 46" de latitude sul e 51° 5' 03" a 51° 7' 52" longitude W. Gr. A rede de drenagem da microbacia hidrográfica do Córrego do Faxinal é de 2ª ordem e escoa para o Ribeirão da Laranja Doce (SP). A área da microbacia é de 14,65 km<sup>2</sup>, delimitada por um perímetro de 17,56 km.

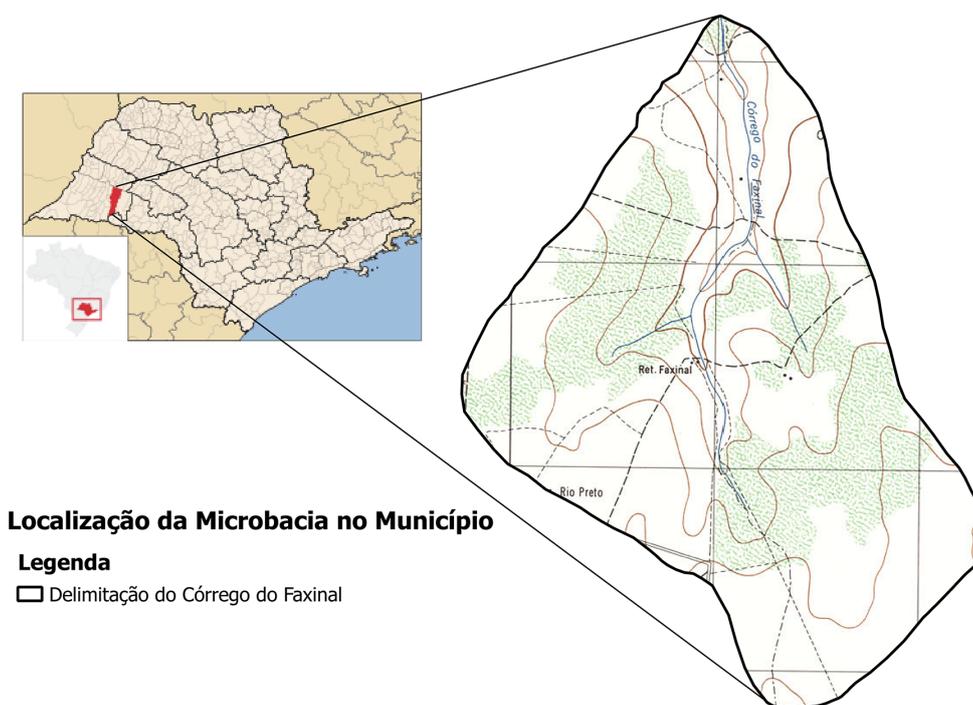


Figura 1. Localização do córrego do Faxinal, entre Regente Feijó (SP) e Martinópolis (SP).

Figure 1. Location of the córrego do Faxinal, between Regente Feijó (SP) and Martinópolis (SP).

Os pontos de controle (coordenadas) para o georreferenciamento e os pontos de máxima altitude para a delimitação dos divisores de águas foram demarcados na Carta do Brasil de Cabeceiras do Jaguaretê, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1969), em escala 1:50.000 e equidistância das curvas de nível de 20 metros (FOLHA SF - 22 - Y - B - III - 4).

## 2.2 Aplicativo

Para o georreferenciamento da imagem, cálculo da área e perímetro da microbacia, elaboração do mapa de curvas de nível e do mapa da rede de drenagem foi utilizado o *software* Quantum Gis 2.18.24.

O *software* de desenho (SIG) foi o Quantum Gis 2.18.24. No aplicativo, foi traçado o limite da microbacia hidrográfica, demarcadas as nascentes e coletados os valores de comprimento axial da microbacia (C), comprimento do rio principal (Lc), comprimento vetorial do rio principal (Lv), comprimento total dos rios (Lt) e somatória das curvas de nível ( $\sum cv$ ).

## 2.3 Georreferenciamento e delimitação dos elementos da microbacia

A carta foi digitalizada com resolução 1000 x 1000 dpi, no formato arquivo de imagem jpg., e depois convertida para formato tif. Para isso, foi acionado no menu superior o item *raster* e em seguida “georreferenciador” no sistema de coordenadas de referência Córrego Alegre/ UTM 22S. O arquivo georreferenciado foi gerado no *software* para a vetorização dos elementos, como o limite da microbacia, a rede de drenagem, as nascentes e as curvas de nível. Para cada elemento foi criado um *shapefile* (arquivo vetorial) diferente para obtenção dos dados.

Para a confecção dos mapas de curva de nível e dos corpos d’água (Figura 2), os *shapes* vetores de limite da microbacia, rede de drenagem e curvas de nível, foram representados em cores específicas para a confecção de um *layout*.

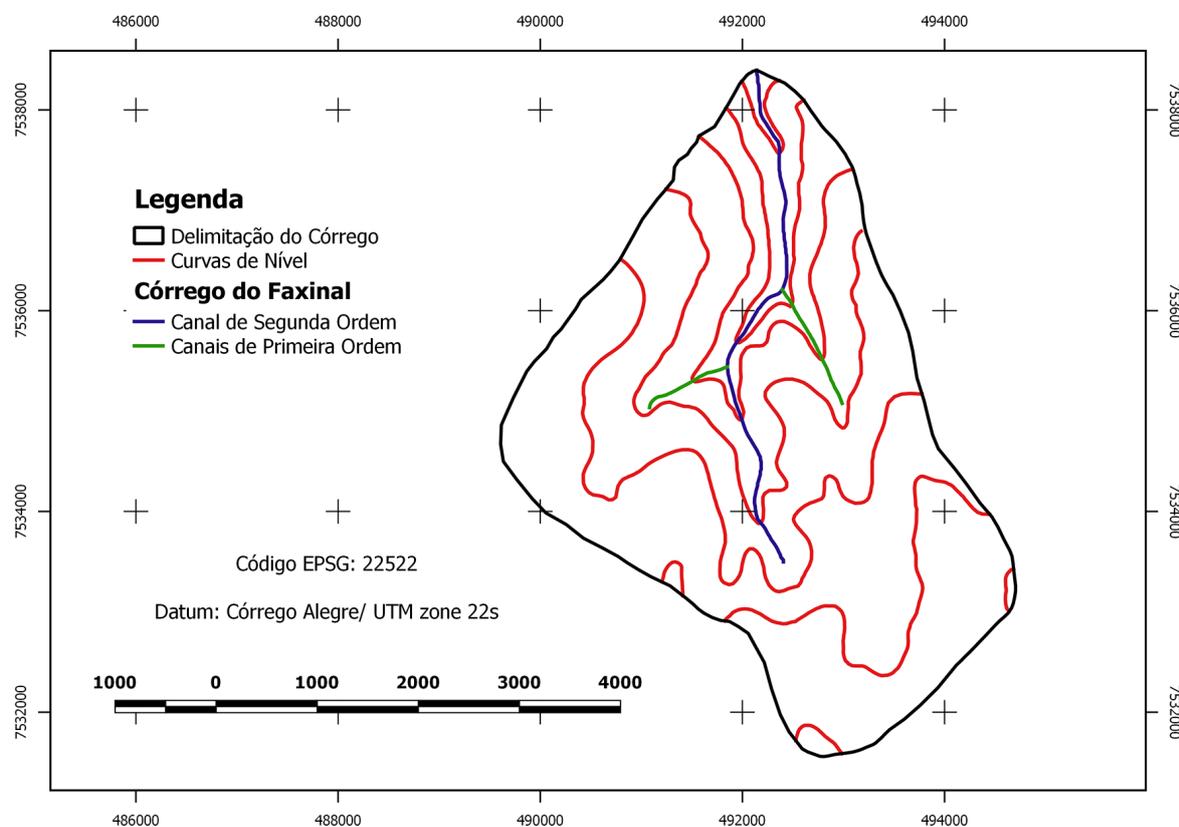


Figura 2. Planialtimetria e hierarquia fluvial da microbacia do córrego do Faxinal, entre Regente Feijó (SP) e Martinópolis (SP).  
Figure 2. Planialtimetry and river hierarchy runoff of the córrego do Faxinal, between Regente Feijó (SP) and Martinópolis (SP).

A partir de uma análise visual por meio de imagens do *Google Earth Pro* (Figura 3) foi possível observar algumas condições de cobertura vegetal do solo nas proximidades do córrego na data de obtenção da imagem (25/07/2017), e que somado aos parâmetros fisiográficos, podem auxiliar diretamente no planejamento ambiental da bacia do córrego do Faxinal.

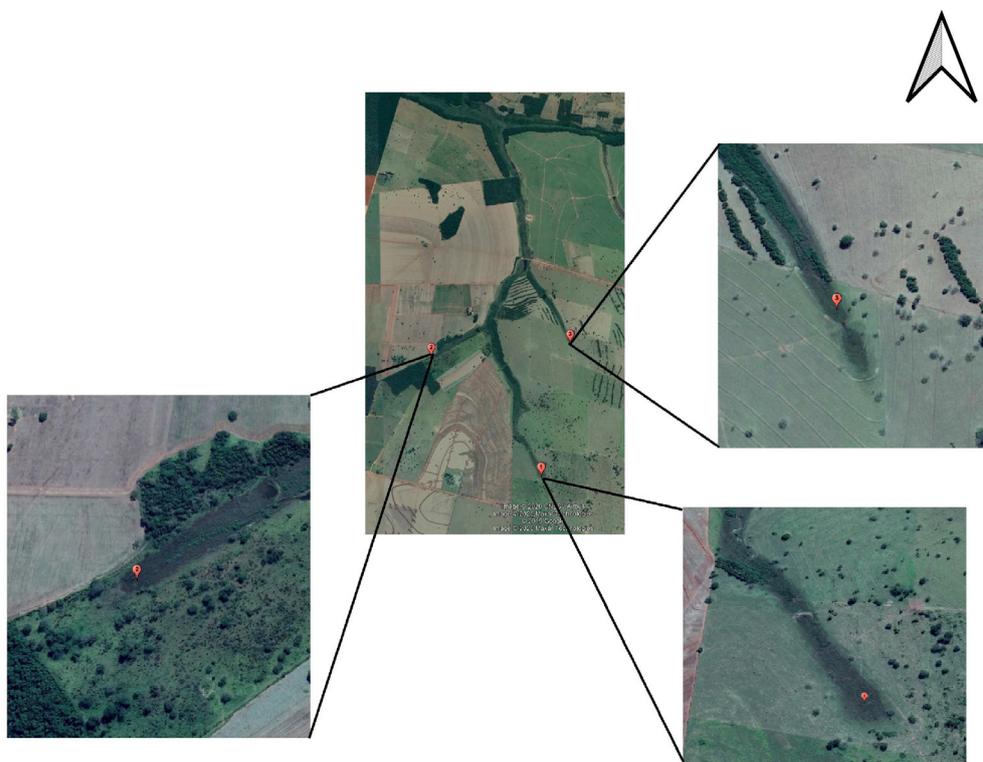


Figura 3. Visão da microbacia por meio de imagens aéreas. Fonte: Google Earth Pro, data 25/07/2017.

Coordenada Geográfica 22°17'00"S, 51°04'00"O.

Figure 3. Microbasin overview using aerial images. Source: Google Earth Pro, date 25/07/2017.

Geographical Coordinate 22°17'00"S, 51°04'00"W.

## 2.4 Características Dimensionais

Identificado o canal principal da microbacia, a ferramenta “linha” foi utilizada para encontrar o valor do comprimento axial da microbacia (C). O comprimento do rio principal (Lc), comprimento vetorial do rio principal (Lv), comprimento total dos rios (Lt) e somatória das curvas de nível ( $\sum cv$ ) foram obtidos pela seleção dos atributos e com a ferramenta. Obteve-se a medida de cada segmento gerando uma tabela de propriedades, e a somatória dos valores dessa tabela resultou nas medidas finais.

Para o cálculo do comprimento axial da microbacia (C), do comprimento do rio principal (Lc), do comprimento total dos rios (Lt), do Perímetro (P) e da Área (A), utilizou-se a metodologia citada por Oliveira e Ferreira (2001). Os mesmos autores apontam que as características dimensionais da rede de drenagem excluem a subjetividade na caracterização de uma bacia hidrográfica, por se tratarem de parâmetros quantitativos.

O parâmetro, ordem dos canais, classifica o grau de ramificações da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica. A metodologia mais utilizada na definição da hierarquização da rede de drenagem, e seguida neste trabalho, é a proposta por Horton (1945) e modificada por Strahler (1957), na qual os canais primários (nascentes) são designados de primeira ordem, a junção de dois canais primários formam um de segunda ordem, e assim sucessivamente.

Os parâmetros dimensionais da microbacia (Horton, 1945) estudados foram a Área (A), Perímetro (P) e maior Comprimento (C). Os parâmetros do relevo (Lima, 2013) foram: Altitude média (Hm), Amplitude altimétrica (Ha) e Declividade média (D). Os fatores do padrão de drenagem do córrego do Faxinal foram o Fator de forma (Ff), Razão de relevo (Rr), Densidade de drenagem (Dd), Extensão do percurso superficial da água da enxurrada (Eps), Densidade hidrográfica (Dh), Índice de sinuosidade (Is), Coeficiente de compacidade (Kc), Índice de circularidade (Ic), Coeficiente de rugosidade (Cr), Gradiente de canais (Gc), Coeficiente de manutenção (Cm), Razão de textura (Rt), Razão de relevo (Rr) e Frequência de Canais de Primeira Ordem (F). Todos foram obtidos após os cálculos (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros morfométricos e seus respectivos métodos.

Table 1. Morphometric parameters and their respective methods.

Parâmetro	Equação	Procedimento Metodológico	Fonte
Ordem da Bacia	-	Cursos d'água com apenas um segmento são considerados de 1ª ordem. A junção de dois segmentos de 1ª ordem gera um segmento de 2ª ordem e assim sucessivamente.	Strahler, 1957
Fator de forma (Ff)	$Ff = \frac{A}{C^2}$	A é a Área de drenagem (km <sup>2</sup> ) e C é o comprimento da sub-bacia (km).	Horton, 1932
Coeficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	A é a Área de drenagem (km <sup>2</sup> ) e P é o Perímetro (km).	Villela e Mattos, 1975
Declividade	$D\% = \frac{(\sum Cn \times H)}{A}$	D é a Declividade média da microbacia em %, Cn é a somatória das Curvas de nível da microbacia (Km), H é a equidistância vertical entre curvas de nível (Km) e A é a Área da microbacia (Km <sup>2</sup> ).	Lima, 2013
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = 12,57 \cdot \frac{A}{P^2}$	A é a Área de drenagem (km <sup>2</sup> ) e P é o Perímetro (km).	Cardoso et al., 2006
Razão de relevo (Rr)	$Rr = \frac{H}{C}$	H é a Amplitude altimétrica (m) e C é o Comprimento da bacia (m).	Schumm, 1956
Índice de sinuosidade (Is)	$Is = \frac{Ccp}{dv}$	Ccp é o Comprimento do canal (m), dv é a distância vetorial (m).	Horton, 1945
Amplitude altimétrica (H)	$H = Hmax - Hmin$	Hmax é a Altitude máxima (m) e Hmin é a Altitude mínima (m).	Moreira et al., 2016
Gradiente do canal principal (Gc)	$Gc = \frac{Hmax}{Ccp} \cdot 100$	Hmax é a Altitude máxima (m) e Ccp é o Comprimento canal principal (m)	Horton, 1945

continua  
to be continued

continuação - Tabela 1  
 continuation - Table 1

Parâmetro	Equação	Procedimento Metodológico	Fonte
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Cr}{A}$	Cr é Comprimento total dos cursos d'água (km) e A é a Área da bacia (km <sup>2</sup> ).	Horton, 1945
Coefficiente de manutenção (Cm)	$Cm = \frac{1}{(Ddx100)} \times 100$	Dd é a Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> ).	Schumm, 1956
Extensão do percurso superficial (Eps)	$Eps = \frac{Dd}{2}$	Dd é a Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> ).	Horton, 1945
Densidade hidrográfica (Dh)	$Dh = \frac{n}{A}$	n é o número de cursos d'água e A é a Área da bacia (km <sup>2</sup> ).	Horton, 1945
Coefficiente de rugosidade (RN)	$RN = DdxD$	RN é o Coeficiente de rugosidade, Dd é a Densidade de drenagem em Km/ha e D é a Declividade média em %.	Rocha e Kurtz, 2001
Densidade hidrográfica (Dh)	$Dh = \frac{Nr}{A}$	Nr é o número de rios e A é a Área (Km <sup>2</sup> ).	Christofolletti, 1969
Razão de textura (Rt)	$Rt = \frac{Nt}{P}$	Rt é Razão de textura, Nt é o Número de segmentos de rios e P é Perímetro da microbacia em metros.	Smith, 1950
Frequência de canais de primeira ordem (Fcp)	$Fcp = \frac{Ncp}{A}$	Ncp é o Número de canais de primeira ordem e A é a Área (Km <sup>2</sup> ).	Horton, 1945

A declividade de uma microbacia hidrográfica tem relação com vários processos como o hidrológico, o escoamento superficial, a infiltração, a umidade do solo e tempo de concentração da água nos canais de drenagem (Moreira, et al., 2016).

A frequência de rios de primeira ordem é a identificação de áreas de recarga (nascentes) e teoricamente uma associação de áreas de vegetação densa com áreas de maior elevação. É obtida pela relação entre o número de segmentos de rios de primeira ordem e a área da bacia (Horton, 1945).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise mostra que quanto à ordem foram identificados e quantificados todos os canais da rede de drenagem, resultando em um comprimento total de 7,4 km de extensão. Obteve-se 3 canais de primeira ordem (Nw1), 2 canais de segunda ordem (Nw2), e, segundo o sistema de classificação proposto por Strahler (1957) e Lima (2013), essa microbacia é de segunda ordem de ramificação. A Extensão do percurso superficial (Eps), distância percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente foi de 195 metros (Tabela 2).

Tabela 2. Características morfométricas do Córrego do Faxinal (SP)  
 Table 2. Morphometric characteristics of the Córrego do Faxinal (SP).

<b>Parâmetros dimensionais da microbacia</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
Área (A)	Km <sup>2</sup>	18,62
Perímetro (P)	Km	17,92
Comprimento axial da microbacia (C)	Km	6,87
Comprimento do rio principal (Lc)	Km	5,3
Comprimento total dos rios (Lt)	Km	7,4
Somatória das curvas de nível ( $\sum cv$ )	Km	40,68
<b>Características do relevo</b>		
Coeficiente de compacidade (Kc)	---	1,16
Índice de circularidade (Ic)	---	0,59
Fator forma (Ff)	---	0,057
Declividade média (D)	%	4,36
Altitude média (Hm)	m	524
Altitude Máxima (AM)	m	589
Altitude mínima (Am)	m	460
Amplitude altimétrica (H)	m	169
Coeficiente de rugosidade (Rn)	---	0,08
<b>Padrões de drenagem da microbacia</b>		
Ordem da Microbacia	---	2 <sup>a</sup>
Número de canais de 1 <sup>o</sup> ordem	---	3
Densidade de drenagem (Dd)	(km/km <sup>2</sup> )	0,39
Densidade hidrográfica (Dh)	(canais/Km <sup>2</sup> )	0,16
Gradiente de canais (Gc)	%	11,11
Razão de textura (Rt)	---	0,16
Extensão do percurso superficial da água de enxurrada (Eps)	m	195
Frequência de canais de primeira ordem	Canais/km <sup>2</sup>	0,10
Índice de sinuosidade (Is)	---	0,77
Razão de relevo (Rr)	m/Km	0,024

Os cálculos dos parâmetros morfométricos permitiram constatar que a Área (A) do Córrego do Faxinal é de 14,65 km<sup>2</sup>, com Perímetro (P) de 17,56 km. A área de uma microbacia é de extrema importância diante do número de características relacionadas com esta variável.

A amplitude altimétrica é a diferença entre a cota máxima e mínima, sendo a Altitude Maior (AM) de 589 metros e Altitude menor (Am) de 460 metros à jusante da mesma. O comprimento das cotas é de 35,07 quilômetros e a altitude média da microbacia é de 524 metros.

Foi encontrada para o Córrego do Faxinal uma Densidade de drenagem (Dd) na ordem de 0,39 km/km<sup>2</sup>, classificada como uma drenagem baixa (Villela e Mattos, 1975), com rios curtos e espalhados e com uma maior superfície de contribuição, caracterizando uma drenagem pouco eficiente cujo deflúvio demora mais para atingir os rios (Linsley, 1975; Ribeiro, 2015).

O Fator de forma (Ff), Índice de circularidade (Ic) e o Coeficiente de compacidade (Kc) da microbacia, apresentaram um formato oblonga/ovalada, indicando tendência à conservação pelo fator de forma, baixa tendência a enchente pelo Índice de circularidade e tendência mediana a enchentes, devido ao Coeficiente de compacidade. Com isso, pela predominância do formato oblongo/ovalado da microbacia (Figura 2) foi observado por Macedo et al. (2010) e Vieira et al. (2012), que esses coeficientes implicam em uma baixa suscetibilidade a enchentes.

A baixa densidade de drenagem somada à forma redonda/oblongada da microbacia a torna suscetível a enchentes, sendo necessária uma precipitação de média intensidade, com médio volume de água em um curto período, para causar danos. Há, entretanto, outros fatores que influem na ocorrência de enchentes, como a cobertura vegetal e ações antrópicas, seja de urbanização, obras hidráulicas, desmatamento, manejo inadequado do solo, entre outras. Como apontado por Righi e Robaina (2010), onde o processo de ocupação e desenvolvimento da sociedade tem causado intensa degradação do meio ambiente, que com o tempo, tem contribuído consideravelmente para maior frequência e magnitude das enchentes.

No presente trabalho foi encontrada Declividade média (D) de 4,36% para a microbacia, com relevo suave ondulado de acordo com a classificação de Lepsch et al. (1991). Esta moderada declividade diminui a velocidade do escoamento superficial, o que permite inferir que existe menor suscetibilidade à erosão. Porém, outro parâmetro relacionado ao relevo calculado foi a Razão de relevo (Rr), cujo valor de 0,024 obtido para a microbacia do Córrego do Faxinal é considerado baixo pela classificação de Piedade (1980). Esse parâmetro demonstra o quão dissecado é o relevo na região e conseqüentemente se refere a maior ou menor velocidade da água que escoar na bacia, sendo o relevo mais dissecado e a velocidade de escoamento valores diretamente proporcionais à razão de relevo, ou seja, quanto maior a razão de relevo, maior a velocidade de escoamento. Assim, a microbacia possui relevo ondulado pouco dissecado com uma velocidade moderada de escoamento superficial, possibilitando uma boa infiltração de água no solo e baixa suscetibilidade a erosão.

Quanto maior o valor do coeficiente de rugosidade, maior a susceptibilidade à erosão dentro da área da microbacia (Machado et al. 2011). O valor obtido no estudo é baixo (0,08), apontando baixo risco à erosão e condições propícias para a prática da agricultura.

A Densidade hidrográfica é definida por Freitas (1952) como a quantidade de canais por área. De acordo com Christofolletti (1969), a Densidade hidrográfica (Dh) encontrada no presente estudo é considerada baixa (0,16 canais por Km<sup>2</sup>). Com isso, temos que a microbacia do Córrego do Faxinal apresenta menos de um canal por Km<sup>2</sup>, o que permite inferir que a rede de drenagem tem pequena magnitude e baixa capacidade de gerar novos cursos d'água.

Foi encontrado para a microbacia do presente estudo um Índice de sinuosidade (Is) igual a 0,77, caracterizando seus canais de drenagem como de sinuosidade transitória, ou seja, canais que não têm forma retilínea, mas também não podem ser considerados como sinuosos (Freitas, 1952). A microbacia também apresenta baixa declividade dos cursos d'água, como aponta o parâmetro Gradiente de canais (Gc), cujo valor obtido foi de 11,11%. Entende-se que a velocidade do escoamento nos canais de drenagem é mediana, não sendo muito veloz pelos canais apresentarem sinuosidade transitória e baixa declividade dos cursos d'água (Santos et al., 2012).

A Razão de textura (Rt) no Córrego do Faxinal foi classificada como grosseira, com valor de 0,16 e segundo Smith (1950) e modificado por França (1968), corresponde à relação entre o Número de canais de primeira ordem (Nw1) e seu Perímetro (P), classificando as classes de textura topográfica em: fina (T > 6,2); grosseira (T < 2,5); média (T entre 2,5 a 6,2).

## 4 CONCLUSÕES

Os resultados da morfometria permitiram concluir que a microbacia apresenta baixa tendência para degradação ambiental por meio de processos erosivos, embora a manutenção e a recuperação das matas ciliares continuem sendo essenciais na conservação dos recursos hídricos.

## 5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES, agência fomentadora de pesquisas científicas, que proporcionou condições para realizar o estudo e ao laboratório de Cartografia e Fotointerpretação da UNESP de Botucatu.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHER, P.D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR, S.D. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. **Journal of Hydrology**, v. 511, p. 850–860, 2014.
- BABU, K.J.; SREEKUMAR, S.; ASLAM, A. Implication of drainage basin parameters of a tropical river basin of South India. **Applied Water Science**, v. 6, p. 67-75, 2016.
- CARDOSO, C.A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfologia**, vol. 9, n. 18, p. 35-64, 1969.
- FRANÇA, G.V. de. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. 1968. 151f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- FREITAS, R.O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 11, p. 53-57, 1952.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-339.
- HORTON, R. Drainage Basin Characteristics. Transactions, **American Geophysical Union**, v. 13, p. 350-361, 1932.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**. v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Carta do Brasil**. Folha: SF-22-Y-B-III-4. Rio de Janeiro, 1969. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas.html>>. Acesso em: 01. dez. 2018.
- LEPSCH, J.F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1991. 175p.
- LIMA, A.G. Índice de gradiente de canal: significado e diretrizes para aplicação. **Geosul**, v. 28, n. 56, p. 147-162, 2013.
- LINSLEY, J. Fluctuation Effects on Directional Data. **American Physical Society**, v. 34, Jun. 1975.
- MACEDO, F.L., PEDRA, W.N., MELLO JUNIOR, A.V. Caracterização da sub-bacia do Riacho Jacaré – SE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 3, p. 163-169, 2010.
- MACHADO et al. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte à definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2011. p. 1441.
- MAGESH, N.S. et al. Geographical information system-based morphometric analysis of Bharathapuzha river basin, Kerala, India. **Applied Water Science**, v. 3, p. 467-477, 2013.
- MOREIRA, G.L. et al. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Alegre, ES, Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 12, n. 4, p. 403-409, 2016.
- OLIVEIRA, A.; FERREIRA, E. Caracterização de sub-bacias hidrográficas. Lavras: UFLA/FAEPE, Textos Acadêmicos. Curso de pós-graduação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 112-122, 2001.

- PIEADADE, G.C.R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP**. 1980. 161 f. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.
- RIBEIRO, F.L. et al. Fisiografia da microbacia do Ribeirão Coqueiro - Jataizinho, PR, obtida por meio de técnicas de geoprocessamento. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada em Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 73-80, 2015.
- RIGHI, E.; ROBAIANA, L.E.S. Enchentes do Rio Uruguai no Rio Grande Do Sul entre 1980 e 2005: uma análise geográfica. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 1, 2010.
- ROCHA, J.S.M.; KURTZ, S.M.J.M. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Santa Maria: Editora da UFSM, 4ª ed. 2001. 120p.
- SANTOS, M. et al. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. **New Jersey. Bulletin of the Geological Society of America**, v. 67, p. 597-646, 1956.
- SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosional topography, **American Journal of Science**, v. 248, p. 655-658, 1950.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957.
- VIEIRA, D.M.S. et al. Avaliação quantitativa das características geomorfológicas das microbacias hidrográficas que compõem a área de proteção ambiental do Rio Uberaba. **Irriga**, v. 7, n. 3, p. 313-326, 2012.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245p.