



## GEOPROCESSAMENTO DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DA MICROBACIA CÓRREGO DO PETIÇO

Felipe de Souza Nogueira Tagliarini<sup>1</sup>

Mikael Timóteo Rodrigues<sup>2</sup>

Sérgio Campos<sup>3</sup>

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego do Petiço, Botucatu-SP, por meio de técnicas de Geoprocessamento por meio SIG IDRISI Selva e da Carta Planialtimétrica de Botucatu (SF-22-Z-B-VI-3), editada pelo IBGE (1969), em escala 1:50000 para a hierarquização da rede de drenagem e a análise morfométrica. As variáveis avaliadas foram as dimensionais, do padrão de relevo, padrão da rede de drenagem e a variáveis de forma. Os resultados relacionados à forma mostraram que a microbacia possui um formato oblongo, com interpretação ambiental com baixa tendência a enchentes e erosões. O índice de sinuosidade de 1,22 mostra que os canais da microbacia tendem a ser pouco sinuosos, o que permite inferir que o solo é permeável, com boa infiltração de águas. Com base nos resultados das variáveis morfométricas foi constatado que microbacia encontra-se em boas condições de conservação ambiental, entretanto, apresenta determinados riscos de susceptibilidade à erosão, e degradação ambiental em alguns pontos, sendo fundamental a manutenção da cobertura vegetal, tendo em vista o coeficiente de rugosidade (Rn). Desta forma, a avaliação das características morfométricas no estudo das bacias hidrográficas constitui-se em uma importante ferramenta que em conjunto com o uso do Geoprocessamento e os Sistemas de Informação Geográfica torna possível o planejamento e gerenciamento dos recursos naturais visando sua conservação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacia hidrográfica. Morfometria. SIG.

---

<sup>1</sup>Graduando em Ciências Florestais - Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP/FCA). E-mail: felipe\_tagliarini@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutorando do Programa de Pós Graduação em Agronomia - Energia na Agricultura - Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP/FCA). E-mail: mikaelgeo@gmail.com

<sup>3</sup> Professor Adjunto - Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP/FCA). E-mail: seca@fca.unesp.br



## **GEOPROCESSING MORPHOMETRIC VARIABLE FOR CHARACTERIZATION WATERSHED OF CÓRREGO DO PETIÇO**

### **ABSTRACT**

*This study aims to perform the morphometric characterization of the watershed stream Petiço, Botucatu-SP, through techniques of GIS by GIS IDRISI Selva and Charter planialtimetric Botucatu (SF-22-ZB-VI-3), edited by IBGE (1969), scale 1: 50000 for ranking the drainage network and the morphometric analysis. The variables analyzed were the dimensions, the relief pattern, pattern of the drainage network and the shape variables. The results show that related to how the watershed has an oblong shape with environmental interpretation with low tendency to flooding and erosion. The sinuosity index of 1.22 shows that the channels of the micro tend to be somewhat sinuous, which allows to infer that is permeable soil with good water infiltration. Based on the results of the morphometric variables was found that the watershed is in good condition of conservation, however, presents certain risks of susceptibility to erosion, and environmental degradation in some points, being fundamental to the maintenance of vegetation cover, in view of the roughness coefficient (Rn). Thus, the evaluation of morphometric characteristics in the study watershed constitutes an important tool in conjunction with the use of GIS and Geographic Information Systems makes possible the planning and management of natural resources aimed at their conservation.*

**KEY-WORDS:** Hydrographic basin. Morphometry. GIS.

## **GEOPROCESAMIENTO DE VARIABLE MORFOMÉTRICA PARA CARACTERIZACIÓN DE CUENCA CÓRREGO DO PETIÇO**

### **RESUMEN**

*Este estudio tiene como objetivo llevar a cabo la caracterización morfométrica de la corriente de cuencas Petiço, Botucatu-SP, a través de técnicas de SIG por SIG IDRISI Selva y Carta planialtimétrico Botucatu (SF-22-ZB-VI-3), editado por el IBGE (1969), a escala 1: 50.000 para el ranking de la red de drenaje y el análisis morfométrico. Las variables analizadas fueron las dimensiones, el diseño en relieve, patrón de la red de drenaje y las variables de forma. Los resultados muestran que en relación con la forma en la cuenca tiene una forma oblonga con interpretación ambiental con baja tendencia a las inundaciones y la erosión. El índice de sinuosidad de 1,22 muestra que los canales de los micro tienden a ser algo sinuosa, lo que permite inferir que es suelo permeable con buena infiltración del agua. Con base en los resultados de las variables morfométricas se encontró que la cuenca se encuentra en buen estado de conservación, sin embargo, presenta ciertos riesgos de susceptibilidad a la erosión y la degradación del medio ambiente en algunos puntos, siendo fundamental para el mantenimiento de la cubierta vegetal, en vista de la coeficiente de rugosidad (Rn). Por lo tanto, la evaluación de las características morfométricas de la cuenca de estudio constituye una herramienta importante en relación con el uso de los SIG y sistemas de información geográfica que hace posible la planificación y gestión de los recursos naturales destinados a su conservación.*

**PALABRAS-CLAVE:** Cuenca hidrográfica. Morfometría. SIG.



## 1. INTRODUÇÃO

A caracterização de variáveis morfométricas de bacias hidrográficas é individualizada e por sua vez validada, como investigação quantitativa de seu relevo. Segundo Rodrigues *et al.* (2013) quando se refere a bacias hidrográficas, há vários tipos de parâmetros que podem ser analisados nestas unidades de estudo. Vários parâmetros físicos foram desenvolvidos, alguns deles aplicáveis à bacia como um todo, enquanto que outros relativos a apenas algumas características do sistema (LIMA, 2008).

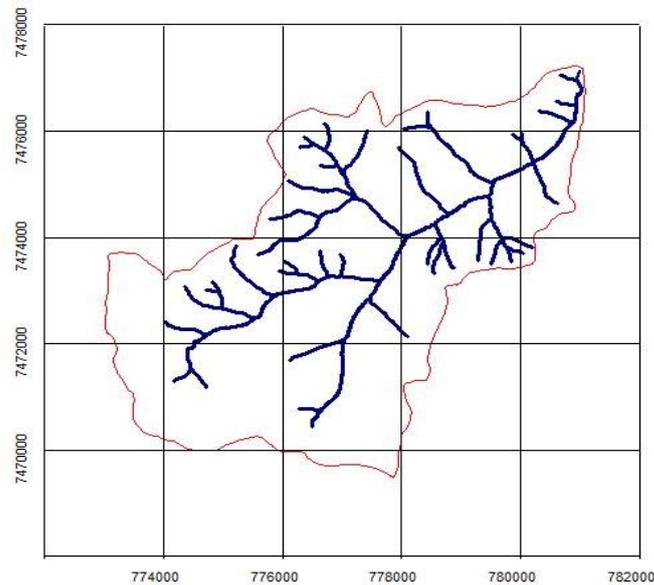
Toda e qualquer atuação procedente e derivada em uma bacia hidrográfica tem seu princípio fundamentado pelo uso de técnicas de geoprocessamento, onde fundamentalmente atua como principal ferramenta para medições e análise morfométrica das características geomorfológicas, bem como sua localização. Metodologias que fazem referencia ao uso de técnicas cartográficas tem potencial de validação de grande exatidão quando manejados Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em conjunto com um base de dados geográficos (BDG) e ambientais.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da microbacia do Córrego do Petiço em ambiente do SIG, relacionando características morfométricas com a tendência de conservação ambiental da microbacia.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A Microbacia do Córrego Petiço (Figura 1) localiza-se no município de Botucatu, na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, com uma área total de 3384.32 hectares, com situação geográfica definida nas coordenadas geográficas 48° 20' 23" a 48° 15' 12" de longitude W Gr. e 22° 51' 51" a 22° 46' 54" de latitude S.

**Figura 1: Localização da microbacia do Córrego do Petiço.**



A delimitação da microbacia hidrográfica foi obtida utilizando-se a carta topográfica do município de Botucatu-SP, folha SF-22-Z-B-VI-3, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 1969, na escala 1:50.000, com equidistância entre as curvas de nível de 20 m. Para o processamento dos dados foram utilizados o SIG IDRISI Selva e o *software* CartaLinx.

## 2.1 Variáveis do padrão de relevo

A declividade média ( $D\%$ ) de uma microbacia é a relação entre a somatória do comprimento das curvas de nível ( $\Sigma C_n$ ) multiplicada pela equidistância entre as cotas ( $\Delta H$ ) e dividida pela área ( $A$ ) da microbacia (CAMPOS *et al.*, 2012). Pode ser calculada pela Fórmula 1.

$$D\% = \frac{\sum C_n \times \Delta H}{A} \times 100 \quad (1)$$

onde  $D$  = declividade média (%),  $\Sigma C_n$  = somatória do comprimento das cotas (km),  $\Delta H$  = equidistância entre as cotas (km),  $A$  = área da bacia (km<sup>2</sup>). As classes de



declividade podem ser separadas em seis intervalos distintos, de acordo com EMBRAPA (2006), apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1: Classificação das classes de declividade**

Classe de declividade (%)	Tipo de relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: EMBRAPA (2006)

A razão de relevo ( $R_r$ ) segundo Schumm (1956) apud Rodrigues et al. (2011), é obtida através da relação entre a amplitude altimétrica ( $H$ ) e o seu maior comprimento ( $C$ ), que corresponde a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas. É calculada conforme a Fórmula 2.

$$R_r = \frac{H}{C} \quad (2)$$

onde  $R_r$  = razão de relevo,  $H$  = amplitude altimétrica (m),  $C$  = maior comprimento (m).

Segundo Piedade (1980), utilizam-se os seguintes valores para quantificar a razão de relevo: baixa entre 0,0 a 0,10; média entre 0,11 a 0,30; e alta entre 0,31 a 0,60.

O coeficiente de rugosidade ( $R_n$ ), de acordo com Rocha e Kurtz (2001) apud Siqueira *et al.* (2012) é determinado pelo produto entre a densidade de drenagem ( $D_d$ ) e a declividade média ( $D\%$ ). Calculado pela Fórmula 3.

$$R_n = D_d \times D\% \quad (3)$$

onde  $R_n$  = coeficiente de rugosidade,  $D_d$  = densidade de drenagem ( $\text{km}/\text{km}^2$ ),  $D\%$  = declividade média (%).

Esse coeficiente é um parâmetro que direciona o uso potencial das terras rurais em bacias hidrográficas, determinando o potencial de uso do solo, para atividades de agricultura, pecuária, silvicultura, reflorestamento ou preservação permanente



(SIQUEIRA *et al.*, 2012). Quanto maior for o valor de Rn, maior é a susceptibilidade de ocorrência de erosões dentro da área da microbacia.

Para a interpretação do coeficiente de rugosidade considerou-se a classificação apresentada por Rocha e Kurtz (2001), onde os coeficientes de rugosidade estão distribuídos em quatro classes: A, B, C, D, com terras propícias respectivamente para: agricultura, pastagens, pastagens/reflorestamento, e reflorestamento (Tabela 2).

**Tabela 2: Classes de usos dos solos de acordo com o coeficiente de rugosidade**

Coeficiente de rugosidade	Classe	Propensão da terra
1,09 - 10,63	A	Agricultura
10,43 - 20,18	B	Pastagens
20,19 - 29,73	C	Pastagens/Reflorestamento
29,74 - 39,28	D	Reflorestamento

Fonte: Adaptado de Rocha e Kurtz (2001) apud Siqueira *et al.* (2012).

## 2.2 Variáveis da forma

O fator de forma (Ff) correlaciona a forma da microbacia a de um retângulo, é determinado pela razão entre a área da microbacia (A) com o maior comprimento (C) elevado ao quadrado. É calculado pela Fórmula 4, proposta por Horton (1945). Comparativamente, bacias de fator de forma maior, mais próximos de 1,0, têm maiores chances de sofrer inundações do que bacias de fator de forma menor (LIMA, 2008).

$$Ff = \frac{A}{C^2} \quad (4)$$

onde Ff = fator de forma, A = área da bacia (km<sup>2</sup>), C = maior comprimento (km).

O índice de circularidade (Ic) também permite visualizar a forma e compara a microbacia a figura geométrica do círculo (RODRIGUES *et al.*, 2013). Esse índice (Fórmula 5) correlaciona a razão entre a área da microbacia (A) pelo perímetro do divisor topográfico (P) ao quadrado, multiplicado pelo coeficiente da fórmula (12,57).



Quanto mais próximo de 1,0, mais próxima da forma circular será a bacia hidrográfica, com maior tendência a enchentes e diminui à medida que a forma torna-se alongada, com tendência a conservação (LIMA, 2008; SIQUEIRA *et al.*, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2013).

$$Ic = 12,57 \times \frac{A}{P^2} \quad (5)$$

onde  $Ic$  = índice de circularidade,  $A$  = área da microbacia ( $\text{km}^2$ ),  $P$  = perímetro do divisor topográfico (km).

O coeficiente de compacidade ( $Kc$ ) relaciona o formato de uma bacia com o de um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (SIQUEIRA *et al.*, 2012). Esse coeficiente (Fórmula 6) correlaciona a razão do perímetro do divisor topográfico ( $P$ ) pela raiz quadrada da área da microbacia ( $A$ ), multiplicado pelo coeficiente da fórmula (0,28).

$$Kc = 0,28 \times \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (6)$$

onde  $Kc$  = coeficiente de compacidade,  $P$  = perímetro do divisor topográfico (km),  $A$  = área da microbacia ( $\text{km}^2$ ).

Conforme maior for à irregularidade da bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente inferior ou igual a 1,0 corresponde a uma bacia circular, portanto, com maior susceptibilidade a enchentes e assoreamentos na rede de drenagem, para uma bacia alongada, seu valor seria superior a 1,7 com maiores tendências à conservação ambiental (NARDINI *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2013).

**Tabela 3: Valores, formato e interpretação do fator de forma (Ff), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc).**

Ff	Ic	Kc	Formato	Interpretação ambiental
1,00 a 0,75	1,00 a 0,80	1,00 a 1,25	Redonda	Alta tendência a enchentes
0,75 a 0,50	0,80 a 0,60	1,25 a 1,50	Ovalada	Tendência mediana a enchentes



0,50 a 0,30	0,60 a 0,40	1,50 a 1,70	Oblonga	Baixa tendência a enchentes
< 0,30	< 0,40	> 1,70	Comprida	Tendência a conservação

Fonte: Adaptado de Villela & Mattos (1975) apud Nardini et al. (2013); Rodrigues et al. (2013).

### 2.3 Variáveis do padrão da rede de drenagem

Para Horton (1945) a composição da rede de drenagem, nas diferentes ordens de ramificação de uma bacia permite determinar o número de segmentos de rios de dada ordem ( $N_{wn}$ ), que corresponde o número total de segmentos de rios de uma dada ordem "n" e o número total de segmentos de rios ( $N_t$ ) da microbacia, que corresponde a somatória de todos os segmentos de rios das diferentes ordens presentes dentro da área da microbacia.

A razão de bifurcação ( $R_b$ ) é caracterizada pela relação entre o número de canais de uma dada ordem ( $N_{wn}$ ) e o número de canais de ordem imediatamente superior ( $N_{wn+1}$ ) seguinte (HORTON, 1945). É calculada pela média aritmética entre  $N_{wn}$  e  $N_{wn+1}$  (Fórmula 7).

$$R_b = \frac{[(N_{wn} / N_{wn+1}) + (N_{wn+1} / N_{wn+2})]}{2} \quad (7)$$

onde  $R_b$  = razão de bifurcação,  $N_{wn}$  = número de segmentos de rio de uma dada ordem.

Segundo Christofletti (1980), a razão de bifurcação nunca pode ser inferior a 2,0, uma vez que os valores padrões variam entre 3,0 a 5,0, sendo assim, considerado um canal normal.

A frequência de rios ( $F$ ) correlaciona a relação entre o número de canais de primeira ordem ( $N_{w1}$ ) com a área da microbacia ( $A$ ). Foi calculada segundo a descrição realizada por Horton (1945), pela Fórmula 8.

$$F = \frac{N_{w1}}{A} \quad (8)$$



onde  $F$  = frequência de rios,  $Nw1$  = número de segmentos de rio de 1ª ordem,  $A$  = área da bacia ( $\text{km}^2$ ).

A razão de textura ( $T$ ), segundo Smith (1950) e modificada por França (1968), é a razão entre o número de canais de primeira ordem ( $Nw1$ ) com o perímetro do divisor topográfico ( $P$ ), obtida pela Fórmula 9. Esses autores classificam a razão de textura em: grosseira ( $T < 2,5$ ); média ( $T$  entre 2,5 a 6,2); e fina ( $T > 6,2$ ).

$$T = \frac{Nw1}{P} \quad (9)$$

onde  $T$  = razão de textura,  $Nw1$  = número de segmentos de rio de 1ª ordem,  $P$  = perímetro do divisor topográfico (km).

A densidade de drenagem ( $Dd$ ) é um índice importante, pois reflete a influência da geologia, topografia, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica, está relacionado com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia (LIMA, 2008). É calculada pela razão (Fórmula 10) entre o comprimento de drenagem ( $Cr$ ) com a área da microbacia ( $A$ ), proposta por Horton (1945).

$$Dd = \frac{Cr}{A} \quad (10)$$

onde  $Dd$  = densidade de drenagem ( $\text{km}/\text{km}^2$ ),  $Cr$  = comprimento da drenagem (km),  $A$  = área da bacia ( $\text{km}^2$ ).

De acordo com Cardoso *et al.* (2006) o estudo da densidade de drenagem indica maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, esse índice indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece indicação da eficiência da drenagem da bacia.

França (1968) classificou a densidade de drenagem em: baixa ( $< 1,5 \text{ km}/\text{km}^2$ ), média (1,5 a 2,5  $\text{km}/\text{km}^2$ ), alta (2,5 a 3,0  $\text{km}/\text{km}^2$ ) e super alta ( $> 3,0 \text{ km}/\text{km}^2$ ), de acordo com a Tabela 4.

**Tabela 4: Valores, classificação e interpretação dos resultados da densidade de drenagem**

Dd ( $\text{km}/\text{km}^2$ )	Classificação	Interpretação ambiental
-----------------------------------	---------------	-------------------------



< 1,5	Baixa	Baixo escoamento superficial e maior infiltração
1,5 a 2,5	Média	Tendência mediana de escoamento superficial
2,5 a 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas
> 3,0	Super alta	Alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosões

Fonte: Adaptado de Horton (1945), Strahler (1957), França (1968) apud Rodrigues et al. (2013).

O coeficiente de manutenção dos canais ( $C_m$ ) é importante para a caracterização do sistema de drenagem, limitando a área mínima necessária para o desenvolvimento e manutenção de um canal de escoamento permanente. Proposto por Schumm (1956) apud Lana *et al.* (2001), consiste no inverso da densidade de drenagem ( $D_d$ ), expresso pela Fórmula 11. Esse coeficiente tem dimensão de comprimento e aumenta em magnitude conforme a área de contribuição aumenta (NARDINI *et al.*, 2013).

$$C_m = \frac{1}{D_d \times 100} \times 100 \quad (11)$$

onde  $C_m$  = coeficiente de manutenção (km/km<sup>2</sup>),  $D_d$  = densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>).

Lana *et al.* (2001) constataram que quanto menor for o resultado obtido para o coeficiente de manutenção, de uma maneira geral, maior é a riqueza da microbacia em cursos d'água.

A extensão do percurso superficial da água de enxurrada ( $E_{ps}$ ), determinada pela Fórmula 12, representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente (CHRISTOFOLETTI, 1969; RODRIGUES *et al.*, 2013).

$$C_m = (1/2 \times D_d) \times 1000 \quad (12)$$

onde  $E_{ps}$  = extensão do percurso superficial (m),  $D_d$  = densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>).

O índice de sinuosidade ( $I_s$ ) é um fator controlador da velocidade de fluxo, pois quanto maior for à sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo canal no seu



caminho à foz, portanto menor a velocidade (VALLE JUNIOR, 2008). Esse índice (Fórmula 13) consiste na razão entre o comprimento do canal principal ( $C_{cp}$ ) pela distância vetorial ( $dv$ ) entre nascente e foz.

$$I_s = \left( \frac{C_{cp}}{dv} \right) \quad (13)$$

onde  $I_s$  = índice de sinuosidade,  $C_{cp}$  = comprimento do canal principal (km),  $dv$  = distância vetorial do canal principal (km).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A morfometria da microbacia do Córrego do Petiço e suas variáveis dimensionais, nada mais são que o reflexo das condições do meio físico em que estão relacionadas com a litologia, a estrutura geológica e o material superficial, onde tais significativas informações aparecem como importante dado de estudo para controle da degradação, bem como planejamento e conservação ambiental.

Esta microbacia se caracteriza por possuir diversos canais de relativa extensão e possuir forma oblonga, assim, sendo necessários eventos ríspidos de precipitação, com grande volume de água em um curto espaço de tempo para causar danos, pois a mesma, devido ao seu formato, possui baixa tendência a enchentes. Porém, possui declividade média ( $D$ ) 12,16%, que segundo a classificação de solos da EMBRAPA (2006) é considerado como ondulado, onde esta moderada declividade gera um escoamento superficial de maior velocidade, o que permite inferir que existe maior suscetibilidade a erosão. Além disso, 77 segmentos que confluem até o seu canal principal que possui comprimento ( $C_{cp}$ ) de 10,58 km, onde existe a probabilidade de possíveis enchentes de curta duração a jusante da microbacia.

O cálculo de parâmetros morfométricos, permitiu constatar que a área ( $A$ ) do Córrego do Petiço foi calculada em 33,85 km<sup>2</sup>, com perímetro ( $P$ ) de 29,62 km importante variável, tendo em vista que o grande número de características relacionadas com a área da bacia, além de que esta variável aumenta exponencialmente com ramificação dos cursos de primeira e segunda ordem e variam



em conformidade com relação a infiltração e deflúvio (CAMPOS, 2012). Outros resultados encontrados para as variáveis e parâmetros morfométricos relacionados à dimensão, ao relevo, à forma e drenagem, da microbacia do Córrego do Bebedouro estão presentes na Tabela 5.

**Tabela 5: Características morfométricas da microbacia do Córrego do Bebedouro.**

Variáveis e/ou parâmetros morfométricos	Unidade	Resultados
<b>Relacionados à dimensão</b>		
Área (A)	km <sup>2</sup>	33,85
Perímetro (P)	km	29,62
Maior comprimento (C)	km	10,04
Maior largura (L)	km	7,25
Comprimento da drenagem (Cr)	km	44,32
Comprimento dos rios 1 <sup>a</sup> ordem (Cw1)	km	23,36
Comprimento dos rios 2 <sup>a</sup> ordem (Cw2)	km	11,48
Comprimento do canal principal (Ccp)	km	10,58
Distância vetorial do canal principal (dv)	km	8,65
Comprimento das cotas (Cn)	km	205,75
<b>Relacionados ao relevo</b>		
Declividade média (D)	%	12,16
Menor altitude (am)	m	480
Maior altitude (AM)	m	660
Altitude média (Hm)	m	570
Amplitude altimétrica (H)	m	180
Razão de relevo (Rr)	-	0,018
Coefficiente de rugosidade (Rn)	-	15,92
<b>Relacionados à forma</b>		
Fator de forma (Ff)	-	0,34
Índice de circularidade (Ic)	-	0,49
Coefficiente de compacidade (Kc)	-	1,43
<b>Relacionados à drenagem</b>		
Ordem da microbacia (w)	-	4 <sup>a</sup>
Número de segmentos de rios de 1 <sup>a</sup> ordem (Nw1)	-	40
Número de segmentos de rios de 2 <sup>a</sup> ordem (Nw2)	-	21
Número total de segmentos de rios (Nt)	-	77
Razão de bifurcação (Rb)	-	1,89



Frequência de rios (F)	-	1,18
Razão de textura (T)	-	1,35
Densidade drenagem (Dd)	km/km <sup>2</sup>	1,31
Coefficiente de manutenção (Cm)	km/km <sup>2</sup>	0,76
Extensão do percurso superficial (Eps)	m	381,87
Gradiente de canais (Gc)	%	6,24
Índice de Sinuosidade (Is)	-	1,22

Foi encontrada para o Córrego do Petiço densidade de drenagem (Dd) na ordem de 1,31 km/km<sup>2</sup>, classificada por Horton (1945) e adaptada por França (1968) como baixa, o que permite entender que o substrato tem Baixo escoamento superficial e maior infiltração da água ocorre de forma mais eficiente. Nesse sentido, as matas juntamente com o solo permeável são fundamentais para manter controle da erosão e de enchentes, assim, quando situadas em locais preservados adequadamente são essenciais na recarga do lençol freático.

Para a razão de textura (T) foi encontrado valor na ordem de 1,35, indicando um relevo com poucos recortes, com uma textura topográfica grosseira índice menor que 2,5.

A velocidade de escoamento da água em uma microbacia é sintetizada através da razão de bifurcação (Rb) indica que quanto maior o índice, maior será a velocidade do escoamento superficial ligado diretamente ao formato alongado da bacia e suas respectivas unidades estruturais. Segundo Christofletti (1980), a Rb nunca pode ser inferior a 2,0, uma vez que os valores padrões variam entre 3,0 a 5,0, assim, o valor de 1,89 é considerado baixo e fora dos padrões, o que pode interferir negativamente no caráter de planejamento e suscetibilidade da bacia.

A razão de relevo (Rr) que refere-se a maior ou menor velocidade da água que escoar na bacia, foi encontrada 0,018, classificada por Piedade (1980) como um valor baixo, assim, indicando uma menor velocidade de escoamento superficial, possibilitando assim, uma melhor infiltração de água no solo. Para o coeficiente de rugosidade (Rn) foi encontrado o índice na ordem de 15,92 assim classificando o solo como classe "B", propicia apenas para pastagens, segundo classificação proposta por Rocha e Kurtz (2001); Rodrigues *et al.* (2013).



Os parâmetros relacionados às variáveis de forma apresentados na Tabela 5, evidenciaram que através do fator de forma (Ff), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc), a microbacia pode ser classificada como sendo oblonga, com interpretação ambiental referente a uma baixa tendência a enchentes, salve alguns pontos com perfil de microbacia ovalada, possuindo nos respectivos pontos tendência mediana a enchentes de acordo com classificação proposta por Villela e Mattos (1975).

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados das variáveis morfométricas para caracterização da microbacia córrego do petiço permitiram concluir que o aprofundamento e conhecimento de índices referente a morfometria servirá como banco de dados para futuros planejamentos e gestões ambientais na microbacia e todo seu entorno. A microbacia encontra-se em boas condições de conservação ambiental, entretanto, apresenta determinados riscos de susceptibilidade à erosão, e degradação ambiental em alguns pontos, sendo fundamental a manutenção da cobertura vegetal, tendo em vista o coeficiente de rugosidade (Rn) onde o mesmo propõem terras propícias para pastagens, diferentemente dos diversos usos da terra que são encontrados no Córrego do Petiço.

#### REFERÊNCIAS

- CAMPOS, S.; SILVA, C. O.; GARCIA, Y. M. Avaliação Morfométrica da Microbacia do Ribeirão Benfica - Piquete (SP). **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 8, n. 2, p. 407-421, 2012.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfologica**, Campinas, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.



FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. 1968. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1968.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**, New York, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Carta topográfica*: Folha de Botucatu (SF-22-Z-B-VI-3). Serviço gráfico do IBGE, 1969. Escala 1: 50.000.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio Tanque, MG - Brasil. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, vol. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.

LIMA, W. P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Departamento de Ciências Florestais Piracicaba - São Paulo. Piracicaba, 2008.

NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G. Análise Morfométrica e Simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma Microbacia Hidrográfica. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.

PIEIDADE, 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, 1980.

ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4. ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 2001. 120 p.

RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; GARCIA, Y. M.; CARDOSO, L. G. Análise morfométrica da microbacia do Córrego do Vangasse - Pratânia/SP. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 9, n. 2, p. 475-482, 2013.

RODRIGUES, V. A.; CARVALHO, W. A. Morfometria da Microbacia do Córrego Água Limpa. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 39, n. 39, p. 15-24, 2009.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, p. 81-90, 2005. Disponível em: <<http://www.cchla.ufrn.br/geoesp/arquivos/artigos/ArtigoAmbienteGeotecnologias.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

SANTOS, C.A.; SOBREIRA, F.G. Análise morfométrica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG. **Revista Escola de Minas**, v.61, n.1, p.77-85, 2008.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in bedlands at Perth Amboy. New Jersey. **Geological Society of American Bulletin**, Colorado, v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956.

SIQUEIRA, H. E.; TIBERY, L. R.; GUIDOLINI, J. F.; VALLE JUNIOR, R. F.; RODRIGUES, V. A. Análise morfométrica e definição do potencial de uso do solo da microbacia do Rio Veríssimo, Veríssimo - MG. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 2236-2248, 2012.



SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal of Science**, New Haven, v. 248, n. 9, p. 655-668, 1950.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, DC, v. 38, n. 6, p. 913-20, 1957.

VALLE JUNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.

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