



**TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISE
MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO ALTO
ÁGUA FRIA – BOFETE (SP)**

**R.C. Nardini¹, S. Campos², L.N. Gomes¹, F.L. Ribeiro¹,
T.C.T. Pissarra³, M. Campos^{4*}**

¹ UEL - Univ Estadual de Londrina, Departamento de Geociência, Londrina, PR, Brasil.

² UNESP – Univ Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, FCA, Botucatu, SP, Brasil.

³ UNESP – Univ Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV, Jaboticabal, SP, Brasil.

⁴ UNESP – Univ Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Engenharia, FCE, Tupã, SP, Brasil.

Article history: Received 17 May 2016; Received in revised form 06 June 2016; Accepted 09 June 2016; Available online 30 July 2016.

RESUMO

Técnicas de geoprocessamento foram realizadas para a caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Alto Água Fria – Bofete (SP) pelo Sistema de Informação Geográfica, visando à preservação, racionalização do seu uso e recuperação ambiental. A microbacia apresenta uma área de 4012,17 ha e está localizada entre as coordenadas geográficas: 22° 57' 41" a 23° 02' 42" S e 48° 11' 29" a 48° 20' 09" WGR. A base cartográfica utilizada foi a carta planialtimétrica de Bofete (SP) para extração das curvas de nível e hidrografia, para determinação dos índices morfométricos. Os resultados apresentaram que os baixos valores da densidade de drenagem, associados à presença de rochas permeáveis, facilitam a infiltração da água no solo, diminuindo o escoamento superficial e o risco de erosão e da degradação ambiental. Os baixos valores do fator de forma e do índice de circularidade indica que a microbacia tende a ser mais alongada com menor susceptibilidade à ocorrência de enchentes mais acentuadas. O parâmetro ambiental, coeficiente de rugosidade, permitiu classificar a microbacia para vocação com agricultura.

Palavras-chave: morfometria, hidrografia e SIG.

**GEOPROCESSING TECHNIQUES TO MORPHOMETRIC ANALYSIS OF ALTO
AGUA FRIA STREAM WATERSHED - BOFETE (SP)**

ABSTRACT

A morphometric analysis of Alto Água Fria stream watershed – Bofete (SP) has been carried using geoprocessing techniques in Geographic Information System, in order to preserve, rationalizing its use and environmental recovery. The watershed has an area of 4012,17 ha and is situated between the geographic coordinates: 22° 57' 41" to 23° 02' 42" S and 48° 11' '29" to 48° 20' 09" WGR. The base map used was a Bofete (SP) planialtimetric letter for the extraction of contours and hydrography, to determine the morphometric indices. The results shows that low values of drainage density associated with the presence of permeable rock, facilitate the infiltration of water into the soil, reducing runoff and the risk of erosion and environmental degradation. The low value of shape factor and circularity index

* marcelocampos@tupa.unesp.br

indicates that the watershed tends to be more elongated with less susceptibility to more pronounced floods. The environmental parameter, roughness coefficient, allowed to classify the watershed for agriculture vocation.

Keywords: morphometry, hydrology and GIS.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental para a sobrevivência humana e o desenvolvimento da sociedade. A falta de conservação de áreas de produção e armazenamento de água torna esse recurso natural cada vez mais escasso. Nesse sentido, o planejamento em áreas de bacias hidrográficas é fundamental para a preservação dos recursos hídricos, pois, as mudanças de disponibilidade dos recursos hídricos apresentam impactos diretos no meio ambiente e na ocupação do solo pela agricultura (MANZIONE et al., 2013).

O uso de técnicas e cálculos utilizados de forma a quantificar e caracterizar morfometricamente bacias hidrográficas são de importância fundamental no auxílio para planejamento dessas áreas, com a finalidade de preservação ambiental e manutenção de produção de água em quantidade e qualidade.

A combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de

forma a qualificarem as alterações ambientais (ANTONELLI e THOMAZ, 2007).

A bacia hidrográfica tem sido utilizada como uma unidade geomorfológica fundamental, isso se deve ao fato de suas características governarem, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Assim, vem sendo considerada uma unidade territorial ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais (PISSARRA et al., 2004).

Os parâmetros morfométricos devem ser considerados no conjunto para caracterizar a bacia e devem ser utilizados como importantes pressupostos na elaboração de projetos de prevenção e defesa contra eventos hidrológicos, como estiagens e enchentes que ocorrem na bacia hidrográfica (LINDNER et al. 2007).

O presente trabalho objetivou a análise morfométrica da microbacia hidrográfica do Alto Água - Fria, Bofete – SP, utilizando o geoprocessamento, visando obter dados que auxiliem o planejamento e a melhor forma de preservação ambiental da área.

MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do Ribeirão Alto Água - Fria, Bofete - SP (Figura 1) situa-se geograficamente entre as seguintes coordenadas geográficas: 22° 57' 41" a 23° 02' 42" S e 48° 11' 29" a 48° 20' 09" WGR, com uma área de 4012,17 ha. O município está localizado na parte centro sul do estado de São Paulo, sendo uma área representativa, pois está sobre o maior aquífero de água doce do mundo, o aquífero Guarani, considerado um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo, ocorrendo em sua maior parte

em território brasileiro (70%), sendo de grande importância econômica nos municípios localizados na sua área de abrangência, pois suas zonas de recarga correspondem a cerca de 12,8 % de sua área total (Manoel Filho et al, 2008). O clima predominante do Município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa – caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (NARDINI, 2013).

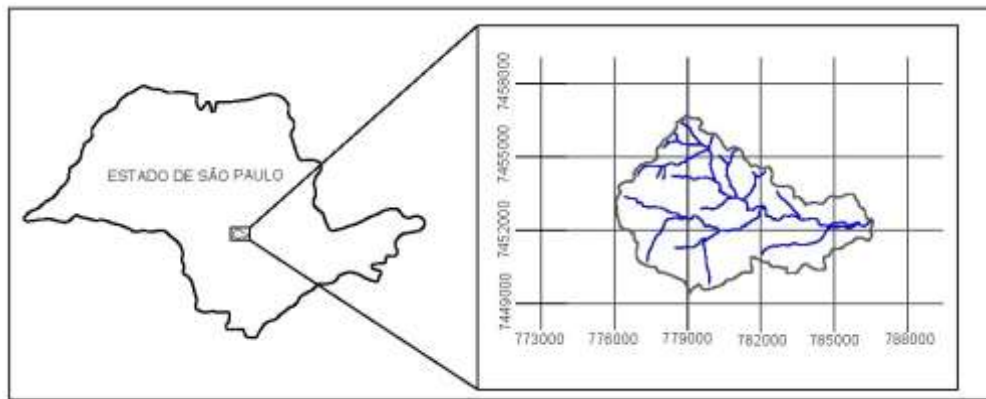


Figura 1. Localização da microbacia do Alto Água - fria, Bofete (SP).

Segundo Oliveira et. al., (1999) os solos ocorrentes na área foram classificados como Nitossolos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos.

A delimitação de uma bacia hidrográfica é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno, ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem (ARGENTO e CRUZ, 1996). Com o auxílio do SIG IDRISI Selva foi realizada a importação das cartas em formato digital. As cotas altimétricas foram demarcadas com base nas cartas, bem como a rede de drenagem, acompanhando-se os rios e corpos d'água existentes na microbacia. A determinação dos parâmetros dimensionais da microbacia como maior comprimento (C), correspondente a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas; maior largura (L) que corta transversalmente o vale principal; comprimento do rio principal (Cp) correspondendo à representação horizontal das sinuosidades do rio principal, desde sua nascente até a foz; comprimento total da rede de drenagem (Cr) que acompanha as sinuosidades do rio principal e dos tributários; perímetro (P) correspondente ao comprimento da linha do divisor de águas que circunda a microbacia e área (A); circunscrita pela linha do divisor de águas que delimita a microbacia.

Esses valores permitiram realizar os cálculos para determinação das características relacionadas à forma da microbacia. O Coeficiente de

Compacidade (Kc): relação entre a forma da bacia com um círculo. De acordo com Villela e Mattos (1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Se a bacia for irregular, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente inferior ou igual à unidade 1,0 corresponderia a uma bacia circular, para uma bacia alongada, seu valor seria superior a 1,0. Quando seu Kc for mais próximo da unidade 1,0, a bacia será mais suscetível a enchentes. Para a determinação do Kc utilizou-se a equação:

$$Kc = 0,28 * (P/A^{1/2})$$

Onde: Kc - Coeficiente de compacidade;

P - Perímetro em m;

A - Área de drenagem em m².

Na determinação do índice de circularidade foi utilizada a equação:

$$Ic = 12,57 * A/P^2$$

Onde: Ic - Índice de circularidade;

A - Área de drenagem em m²;

P - Perímetro em m.

Para definição de alguns índices que permitam visualizar a forma de uma bacia comparam-se algumas figuras geométricas conhecidas. Assim, o coeficiente de compacidade e o índice de circularidade compara uma bacia a um círculo, enquanto que o índice de forma compara a um retângulo. A forma da bacia e a configuração do sistema de drenagem estão associadas à estrutura geológica do

terreno. Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo valor de área, porém com fator de forma maior. O índice de forma (If) foi determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$If = A/L^2$$

Onde: If - Índice de forma;

A - Área de drenagem em m²;

L - Comprimento do eixo da bacia em m.

Quanto às características relacionadas a drenagem, foram estudadas a ordem, densidade de drenagem, gradiente de canais, extensão do percurso superficial da enxurrada, coeficiente de manutenção, razão de textura e índice de sinuosidade dos canais.

A ordem da microbacia (W) é uma classificação da rede de drenagem, com a identificação e quantificação de todos os canais (STRAHLER, 1957). A densidade de drenagem (Dd), calculada segundo Horton (1945), corresponde à relação entre o comprimento total de rios da bacia e a sua respectiva área, sendo expressa em km de rios/km². França (1968) classificou a densidade de drenagem em: baixa (< 1,5), média (1,5 a 2,5) e alta (> 2,5).

O gradiente de canais tem por finalidade indicar a declividade dos cursos d'água (Horton, 1945), é determinado pela equação:

$$Gc = (AM/Ccp)*100$$

Onde: Gc - Gradiente de canais em %;

AM - Altitude máxima em m;

Ccp - Comprimento do canal principal em m.

A extensão do percurso superficial da água de enxurrada (Eps) representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente é determinada pela fórmula (CHRISTOFOLETTI, 1969):

$$Eps = (1/2*Dd)*1000$$

Onde: Eps - Extensão do percurso superficial da água de enxurrada em Km;

Dd - Densidade de drenagem em Km/Km².

O coeficiente de manutenção dos canais (Cm) foi proposto por Schumm (1956), como o inverso da densidade de drenagem. Essa constante, cuja unidade é quilômetros quadrados por quilômetros, tem dimensão de comprimento e aumenta em magnitude conforme a área de contribuição aumenta. Especificamente, ela mostra a área de drenagem necessária em quilômetros quadrados, para sustentar um quilômetro linear de canal.

$$Cm = 1/(Dd*100)*100$$

Onde: Cm - Coeficiente de manutenção;

Dd - Densidade de drenagem.

A razão de textura é número de rios dividido pelo perímetro da bacia, expresso pela equação: $T = Nt/P$, onde: (T) é a razão de textura, (Nt) número de segmentos de rios e (P) o perímetro da bacia em (m), segundo Smith (1950), modificado por (FRANÇA, 1968).

O índice de sinuosidade relaciona o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre dois extremos do canal principal, de acordo com a equação:

$$Is = Ccp/dv$$

Onde: Is - Índice de sinuosidade;

Ccp - Comprimento do canal principal em Km;

dv - Distância vetorial em Km.

Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo. Valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos e os valores tortuosos indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (LANA, 2001).

Em relação as características relacionadas ao relevo, determinou-se a amplitude altimétrica que é dado pela diferença entre a maior altitude à montante e a menor altitude à jusante da microbacia.

A razão de relevo conforme proposição de Schumm (1956) é a relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da microbacia (H) e o seu maior comprimento (C), que corresponde a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas, determinado pela equação:

$$Rr = H/C$$

Onde: Rr - Razão de relevo;

H - Maior altitude em m;

C - Maior comprimento em m.

A razão de relevo permite comparar a altimetria das regiões, demonstrando que, quanto maiores os valores, mais acidentado é o relevo predominante na região, maior será o escoamento superficial direto (Qds) da água das chuvas, o que reflete numa menor relação infiltração deflúvio, provocando erosão. A razão de relevo indica o declive total ou declividade geral da microbacia (STRAHLER, 1957).

Piedade (1980) classificou a razão de relevo em três classes: baixa, média e alta, sendo a razão de relevo baixa entre (0 a

0,1), a razão de relevo média entre (0,11 a 0,30) e razão de relevo alta (0,31 a 0,60).

A declividade média (D%) é a somatória do comprimento das cotas ($\sum C_n$) em km pela equidistância entre as cotas (ΔH), pela área (A) em km^2 (LIMA, 1986), calculada através da seguinte equação:

$$D (\%) = (\sum C_n * \Delta H) / A$$

Onde: D - Declividade média da microbacia em %;

C_n - Somatória das curvas de nível da microbacia em Km;

H - Equidistância vertical entre curvas de nível em Km;

A - Área da microbacia em Km^2 .

As classes de declividade foram separadas em seis intervalos, Lepsch, et al (1991) e Embrapa (1999), o intervalo de 0 a 3 % com relevo plano; de 3 a 6 % suave ondulado; de 6 a 12 % ondulado; de 12 a 20 % forte ondulado; de 20 a 40 % montanhoso; e maior que 40 % escarpado.

No cálculo do coeficiente de rugosidade considerou-se a classificação apresentada por (Rocha, 1997), onde os coeficientes de rugosidade estão distribuídos em quatro classes: A, B, C e D, com terras propícias ou aptas respectivamente para: agricultura; pastagens; pastagens/reflorestamento e reflorestamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados (Figura 2 e Tabela 1) mostram que quanto à ordem, foram identificados e quantificados todos os canais da rede de drenagem, onde se obteve um comprimento total de 46,84 Km de extensão. Obteve-se 20 canais de primeira ordem (Nw1); 6 canais de 2º

ordem (Nw2); 2 canais de 3º ordem (Nw3); 1 canal de 4º ordem (Nw4). A microbacia (Figura 1) é de 4º ordem de ramificação segundo o sistema de classificação proposto por Strahler, 1957 (Figura 3).

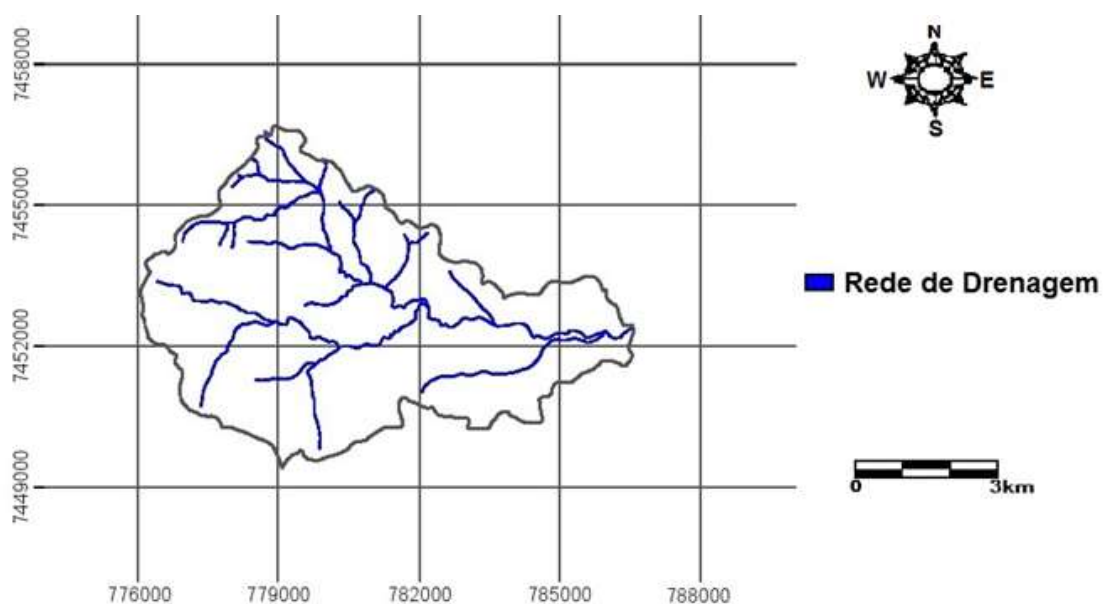


Figura 2. Hidrografia da microbacia do Alto Água - Fria, Bofete (SP).

Tabela 1. Parâmetros dimensionais da microbacia do Ribeirão Alto Água - Fria, Bofete (SP).

Parâmetros Dimensionais	Unidade	Resultados
Dimensionais características físicas da microbacia		
Área (A)	km ²	40,12
Perímetro (P)	Km	32,99
Comprimento (C)	Km	10,47
Comprimento da drenagem (Cr)	Km	46,84
Comprimento das cotas (Cn)	Km	215,82
Comprimento do canal principal (Ccp)	Km	12,45
Maior Largura – transversal ao canal principal (L)	Km	7,28
Ordem da microbacia (W)	-	4 ^a

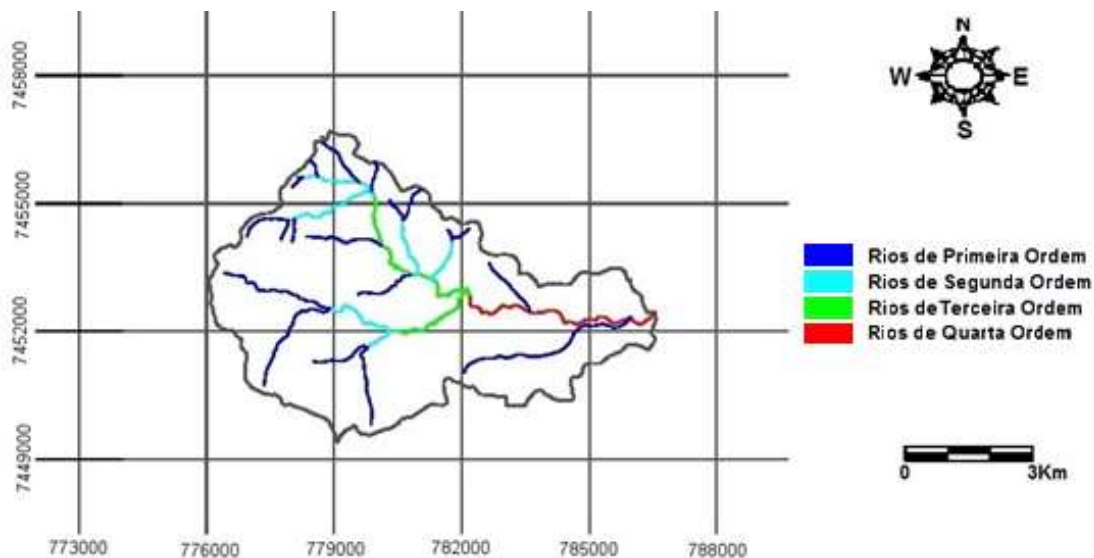


Figura 3. Hierarquia fluvial da microbacia do Alto Água - Fria, Bofete (SP).

A rede de drenagem (Tabela 2) apresenta razão de bifurcação de 4,16. Segundo Christofolleti (1980), o resultado obtido na relação de bifurcação nunca pode ser inferior a 2, sendo que valores padrão, variam entre 3 a 5, sendo considerado um canal normal (Strahler, 1952).

A razão de textura (T) foi classificada como grosseira, com valor de 0,60, uma vez que segundo Smith (1950) e modificado por França (1968), corresponde à relação entre o número de canais de primeira ordem (Nw_1) e seu perímetro (P), classificando as classes de textura topográfica em: grosseira ($T < 2,5$); média (T entre 2,5 a 6,2); e fina ($T > 6,2$).

A declividade média da microbacia de 10,76% (Tabela 2) permitiu classificar o relevo como ondulado de acordo com as classes de declividades e tipos de relevo do

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (1999), pois relevos com menor declividade apresentam menor velocidade de escoamento superficial das águas pluviais, diminuindo o lixiviamento do solo e riscos de erosão.

A partir do “CR” também se pôde estabelecer classes para usos potenciais da terra, através do cálculo da amplitude dos valores de “CR”, que foi de 16,2 dividido por 4, referente as quatro classes de aptidão agrícola segundo o “CR”.

O resultado do coeficiente de rugosidade para a microbacia do Alto Água - Fria demonstra que a mesma apresenta uso potencial para agricultura (Classe A), ou seja, terras adequadas para uso com agricultura e urbanização (Rocha, 2001).

Tabela 2. Características da forma e do relevo da microbacia do Ribeirão Alto Água - Fria, Bofete (SP).

Características da forma e do relevo	Unidade	Resultados
Parâmetros Dimensionais		
Dimensionais		
Características físicas da microbacia		
Declividade média (D)	%	10,76
Altitude média (Hm)	M	717,5
Maior altitude (MA)	M	935
Menor altitude (mA)	M	500
Amplitude altimétrica da microbacia (H)	M	435
Razão de Relevo (Rr)	-	0,04
Coefficiente de rugosidade	-	12,59
Fator de forma (Ff)	-	0,36
Índice de circularidade (Ic)	-	0,46
Coefficiente de compacidade (Kc)	-	1,46

O coeficiente de rugosidade (CR) é utilizado para diagnosticar as probabilidades de vir a ocorrer erosões. Desta forma, microbacias que apresentam maiores valores de “CR”, têm maiores chances de sofrer os efeitos da erosão, necessitando de medidas para prevenção e maior taxa de áreas cobertas pela vegetação. O valor do coeficiente de rugosidade da microbacia do Ribeirão Alto Água - Fria (12,59) permitiu constatar menor risco de erosão para a área, segundo esse índice (ROCHA, 1997).

A amplitude altimétrica é a diferença entre a cota máxima e mínima (Figura 4 e Tabela 2), sendo a maior altitude (AM) de 935 m á montante da microbacia e menor altitude (Am) de 500 m á jusante da mesma. A altitude média da microbacia é de 717,5 m e o comprimento das cotas de 215,82 km. O índice de forma e de circularidade da microbacia apresentou um formato oblongo, indicando uma baixa tendência a enchentes, inundações e erosões, devido ao formato alongado da microbacia.

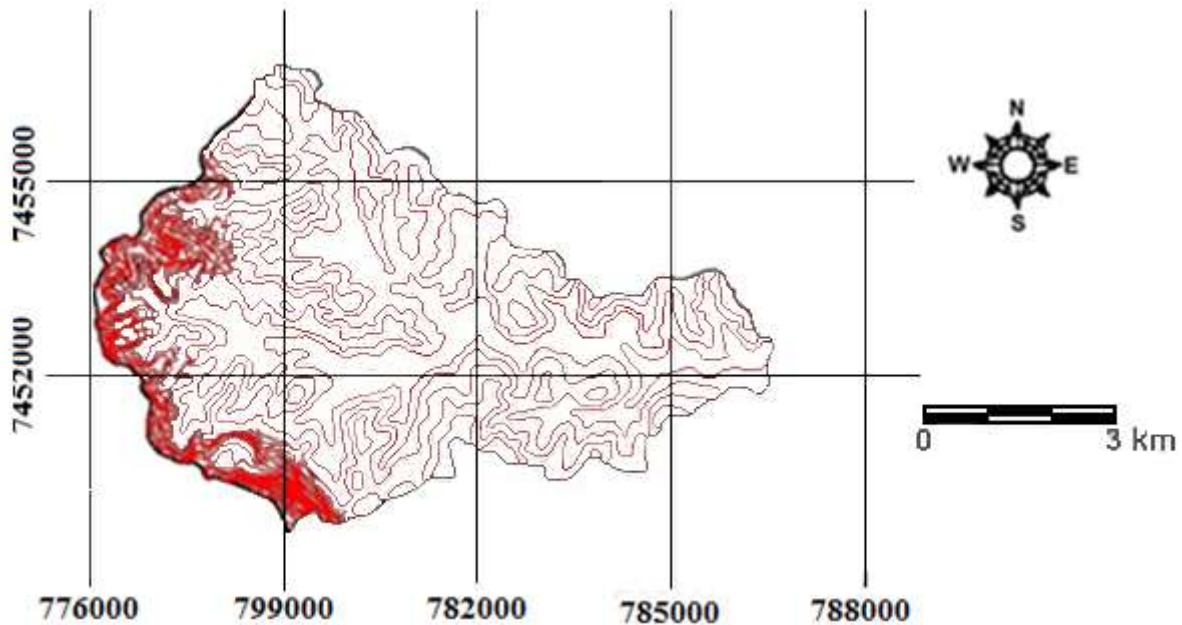


Figura 4. Planialtimetria da microbacia do Alto Água - Fria - Bofete (SP).

A microbacia apresentou uma densidade de drenagem de 1,17 km de rios/km² (Figura 3 e Tabela 3), considerada baixa, conforme classificação de Horton (1945), modificada por Strahler (1957). As microbacias com baixa densidade de drenagem, tendem a um baixo escoamento

superficial e maior infiltração, fazendo com que a água deixe a bacia hidrográfica com menor velocidade, potencializando riscos de erosão, enquanto que o relevo se apresenta mais suave, rochas resistentes, solo muito permeável ou cobertura vegetal densa (Rocha, 1991).

Tabela 3. Índices de padrões de drenagem da microbacia do Ribeirão Alto Água - Fria, Bofete (SP).

Índices de padrões de drenagem relevoParâmetros Dimensionais Dimensionaisracterísticas físicas da microbacia	Unidade	Resultados
Densidade de drenagem (Dd)	(km/km ²)	1,17
Coefficiente de Manutenção (Cm)	(km/km ²)	0,85
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	M	585
Gradiente de Canais (Gc)	%	7,50
Índice de Sinuosidade (Is)	-	1,20

A extensão do percurso superficial (*Eps*), distância percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente foi de 585 metros, enquanto que o coeficiente de manutenção dos canais (*Cm*) demonstrou que é preciso 0,85 km² de área para manter ativo um quilômetro de canal fluvial.

A frequência de rios de primeira ordem é de 0,5 e o coeficiente de manutenção, área mínima necessária para a existência de um canal de drenagem é de 0,85 km/km², Schumm (1956).

O índice de sinuosidade apresentou valor de 1,20. Valores próximos a 1 indicam que os canais tendem a serem

retilíneos, já os valores superiores a 2,0, indicam que os canais tendem a ser tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Dessa forma, a microbacia do

Alto Água - Fria possui canais com tendência a traçados retilíneos e, segundo Antoneli e Thomaz (2007), esse tipo de canal favorece um maior transporte de sedimentos.

CONCLUSÕES

A microbacia apresenta altos riscos de susceptibilidade à erosão e degradação ambiental, sendo fundamental a manutenção da cobertura vegetal e as zonas ripárias para conservação dos serviços ambientais. O fator de forma e a densidade de drenagem, classificado como baixo, permitem inferir que o substrato tem permeabilidade alta com maior infiltração e menor escoamento da água. O Sistema de Informações Geográficas foi uma

ferramenta importante para a viabilização do monitoramento e gestão dos recursos hídricos da microbacia. O coeficiente de rugosidade permitiu classificar a microbacia para vocação com uso por agricultura (**Classe A**), pois altos valores mostram que estas têm maiores chances de sofrer os efeitos da erosão, necessitando de medidas para prevenção e proteção com cobertura vegetal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. *Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v.8, n.21, p.46-58, 2007.

ARGENTO, M. S. F., CRUZ, C. B. M. Mapeamento geomorfológico. In: *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.264-82, 1996.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfologica*, Campinas, v.18, n.9, p.35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1980. 188p.

EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, DF, 1999. 412 p.

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

HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. New York: *Geological Society of American Bulletin*, v.56. p. 807-813, 1945.

LANA, C.L.; ALVES, J.M. de P.; CASTRO, P de T.A. Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG-Brasil. *Rev. Escola de Minas*, Ouro Preto, v.54, n.2, 2001.

LEPSH, I.F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D. ESPÍNDOLA, C.R. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. Campinas: SBCS, 2001. 175p.

LIMA, W. P. *Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas*. Piracicaba: Ed. ESALQ, 1986. 241 p.

LINDNER, E.; GOMIG, K.; KOBIYAMA, M. Sensoriamento remoto aplicado à caracterização morfométrica e classificação do uso do solo na bacia rio do Peixe, SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13.,

2007, Florianópolis, Brasil. *Anais...*
Florianópolis: INPE, 2007. p. 3405-3412.

NARDINI, R. C. Diagnóstico socioambiental da bacia do Ribeirão Água Fria, Município de BofetewE – SP. 2013. 135p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

OLIVEIRA, J.B. de; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERAN FILHO. Mapa pedológico do Estado de São Paulo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campinas, 1999, p.64.

PIEDADE, G.C.R. *Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu*, SP. Botucatu, 1980. 161F. (Tese de Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, 1980.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v.28, n.2, p.297-305, 2004.

ROCHA, J.S.M. *Manual de projetos ambientais*. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 423p.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey. *Bulletin of the Geological Society of America*, Colorado, 67:597-646, 1956.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. *Bull. Geol. Soc. Am.*, Washington, v.63, n.10, p.1117-1142. 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analyses of watershed geomorphology. *Transactions of American Geophysical Union*, Washington, DC, v.38, p.913-920, 1957.

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