

Análise da caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão dos Patos, Bofete (SP)

Analysis of morphometric characterization of the Stream Patos watershed, Bofete (SP)

Rafael Calore Nardini¹
 Luciano Nardini Gomes²
 Sérgio Campos³
 Gabriel Rondina Silveira⁴

RESUMO: A caracterização morfométrica em bacias hidrográficas permite avaliar o comportamento dessas áreas, tornando-se uma fonte de dados importante no planejamento e preservação de recursos hídricos. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a morfometria do ribeirão dos Patos, Bofete – SP, situado entre as coordenadas geográficas 48° 07' 03" a 48° 16' 53" de longitude WGr. e 23° 00' 16" a 23° 03' 39" de latitude S, com uma área de 3810,87ha. Os resultados apresentaram uma microbacia de 4ª ordem de ramificação de canais e baixa densidade de drenagem (1,3km/km²). O índice de conformação (0,35), fator de forma (0,40) e o coeficiente de compacidade (1,37), indicam formato alongado. O índice de sinuosidade de 1,35 indica tendência a canais retilíneos com uma extensão do percurso superficial da enxurrada de 384,61m. A declividade média é de 16,48%, classificando o relevo como forte ondulado. Os parâmetros dimensionais juntamente com os índices morfométricos da forma, relevo, de composição e padrão da rede de drenagem permitiram inferir que a área apresenta baixa susceptibilidade a enchentes e riscos de erosões.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica; Morfometria; Parâmetros dimensionais.

ABSTRACT: *The morphometric characterization in watersheds allows evaluating the behavior of these areas, providing important data for planning and preservation of natural resources. This study aimed to characterize the morphometry of the Stream Patos watershed, Bofete - SP, located between the coordinates 48° 07' 03" to 48 16' 53" of longitude WGr. and 23° 00' 16" to 23° 03' 39" S latitude, with an area of 3810,87ha. The results showed a watershed 4th order branching channels and low drainage density (1.3km/km²). The conformation index (0.35), form factor (0.40) and the coefficient of compactness (1.37), indicate elongated shape. The sinuosity index of 1.35 indicates a tendency to rectilinear channels with a extent of surface runoff route of 384.61m. The average slope is 16.48%, ranking as undulating relief. Dimensional parameters along with the standard drainage network morphometric indices of shape, relief, composition and allowed to infer that the area has low susceptibility to flooding and erosion risks.*

KEY WORDS: *Watershed; Morphometry; Dimensional parameters.*

¹ Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp – Botucatu. Doutor em Agronomia - Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp – Botucatu. Faculdade Eduvale de Avaré. Avenida Prefeito Misael Eufrásio Leal, 265 - Jardim América, Avaré - SP, 18705-050. E-mail: rcnardini@hotmail.com

² Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp – Botucatu. Doutor em Agronomia - Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp – Botucatu. Universidade Estadual de Londrina – UEL. Rodovia Celso Garcia Cid – PR 445 Km 380 – Campus Universitário, 86.057-970 – Londrina - PR86.057- E-mail: lunago@gmail.com

³ Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp – Botucatu. Doutor em Agronomia - Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp – Botucatu. Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp – Botucatu. Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, Botucatu – SP, 18.610-307. E-mail: seca@fca.unesp.br

⁴ Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp – Botucatu. Graduado em Agronomia - Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp – Botucatu. Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp – Botucatu. Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, Botucatu – SP, 18.610-307. E-mail: gabrielrondina@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A crise nos recursos hídricos nos últimos anos vem se agravando. Parte dos reservatórios destinados ao consumo de pequenas e grandes cidades está se esgotando, tornando a água, recurso essencial à sobrevivência dos seres vivos, cada vez mais escassa. Achar que apenas o clima é fator importante nesse processo é um erro, pois o descaso com áreas de recarga de nossas águas, sobretudo por ações antrópicas, prejudica o recurso tanto em quantidade como em qualidade. O desperdício, o desmatamento, processos erosivos que acarretam em assoreamentos, uso indevido de defensivos são alguns dos exemplos da falta de cuidado com a água.

O planejamento ambiental é uma necessidade para a preservação dos recursos hídricos, evitando o desgaste de solos com ocupações inadequadas, que potencializam enchentes e agravam o problema da escassez da água.

A bacia hidrográfica é definida como a área de captação natural da água das chuvas que drenam para um rio principal e seus afluentes, possui um relevo específico limitado por divisores de águas topográficos e freáticos que a separa das microbacias adjacentes, com funções hidrológicas e ecológicas extremamente importantes na conservação dos serviços ambientais (LIMA, 1986; BRASIL, 1987; FAUSTINO, 1996; BARRELLA et al. 2001; MOSCA, 2003; LEONARDO, 2003; RODRIGUES, 2004).

As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

A morfometria é uma ferramenta de diagnóstico das condições fisiográficas naturais, seus parâmetros de análise, tais como: fator de forma, densidade de drenagem, declividade do terreno, entre outros, que servem como indicadores da suscetibilidade à degradação ambiental. Portanto, eles norteiam o planejamento, o manejo e as ações mitigadoras para a conservação e uso dos recursos naturais (RODRIGUES, 2004).

As características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre (PISSARA et al., 2004).

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 & Thomaz, 2007).

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).

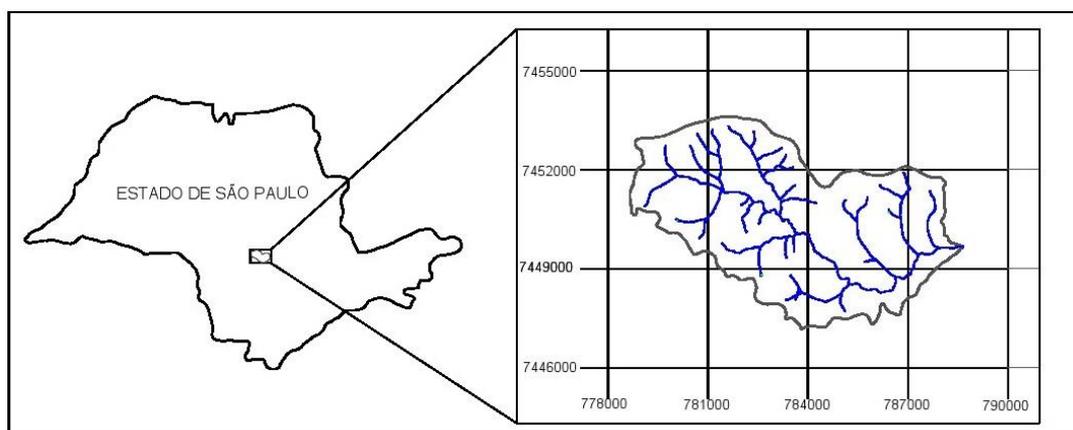
O presente trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão dos Patos, Bofete (SP), através da análise de parâmetros físicos de altimetria, comprimento axial e largura média da bacia hidrográfica, comprimento do rio principal e de toda rede de drenagem, área e perímetro da bacia hidrográfica.

MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do Ribeirão dos Patos situa-se no município de Bofete (SP), no centro sul do Estado de São Paulo, sendo uma área significativa, pois está sobre o maior aquífero de água doce do mundo, o aquífero Guarani. Encontra-se entre as seguintes coordenadas geográficas: 48° 07' 03" a 48° 16' 53" de longitude WGr. e 23° 00' 16" a 23° 03' 39" de latitude S, com uma área de 3.810,87ha (Figura 1).

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. Os ventos do Sul ocorrem predominantemente nos meses de agosto e setembro. As precipitações anuais são da ordem de 1.300mm, distribuídos no período que compreende os meses de setembro a março.

Figura 1. Localização geográfica do ribeirão dos Patos.



Fonte: O próprio autor.

A obtenção as coordenadas, do limite e da rede de drenagem da teve como base cartas planialtimétricas em formato digital, editadas pelo IBGE (1969), folhas de Botucatu (SF-22-R-IV-3), Conchas (SF-22-X-II-2), Anhembi (SF-22-R-IV-4) e Pardinho (SF-22-X-II-1), em escala 1:50000, datum vertical marégrafo Imbituba, SC, e datum horizontal Córrego Alegre, MG.

O software *AutoCad* foi utilizado para importação das cartas em formato digital, onde posteriormente realizou-se o georreferenciamento para definição do limite, acompanhando-se os pontos mais elevados em torno da rede de drenagem. As cotas altimétricas foram demarcadas com base nas cartas, bem como a rede de drenagem acompanhou os rios e corpos d'água existentes na microbacia, através da ferramenta *Edit polyline*. A determinação dos parâmetros dimensionais da microbacia como comprimento axial (C), correspondente a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas; largura média (Lm) que corta transversalmente o vale principal; comprimento do rio principal (Ccp) 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, (Dv) distância vetorial (comprimento em linha reta) entre dois extremos do canal principal. Foram realizadas selecionando-se com o cursor cada segmento de reta digitalizado, e, através do comando *properties* foram definidos os valores para os cálculos dos índices morfométricos.

O coeficiente de compacidade (Kc) que relaciona a forma da microbacia com um círculo, é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho (Villela e Mattos, 1975). Se a microbacia 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 (Tabela 1). Para a determinação do Kc utilizou-se a equação:

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

Onde:

- Kc - Coeficiente de compacidade;
- P - Perímetro em Km;
- A - Área de drenagem em Km².

Tabela 1. Valores e interpretação de fator de forma (Ff), índice de conformação (Ic) e coeficiente de compactidade (Kc) para bacias hidrográficas.

Ff	Ic	Kc	Formato da bacia	Interpretação ambiental da microbacia
1,00 - 0,75	1,00 - 0,8	1,00 - 1,24	Redonda	alta tendência à enchentes
0,75 - 0,50	0,8 - 0,6	1,25 - 1,50	Ovalada	tendência mediana à enchentes
0,50 - 0,30	0,6 - 0,40	1,50 - 1,70	Oblonga	baixa tendência à enchentes
< 0,30	< 0,40	> 1,70	Comprida	tendência a conservação

Fonte: (VILLELA e MATTOS, 1975).

O fator de forma é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão). Ele foi calculado a partir da equação:

$$Ff = Lm/C$$

Onde:

Ff - fator de forma;

Lm - largura média da bacia em km;

C - comprimento axial da bacia em km.

Uma bacia com fator de forma baixo indica que a mesma é menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (VILLELA e MATTOS, 1975).

O índice de Circularidade (Ic) compara a área da bacia com a área do quadrado de lado igual ao comprimento axial. Quanto mais próximo de 1 (um) o valor de (Ic), ou seja, quanto mais a forma da bacia se aproximar da forma do quadrado do seu comprimento axial, maior a potencialidade de produção de picos de cheias (VILLELA e MATTOS, 1975). O (Ic) foi calculado a partir da equação:

$$Ic = A/C^2$$

Onde:

A - Área da bacia em Km²;

C - Comprimento axial da bacia em Km.

A ordem da microbacia (W): é uma classificação da rede de drenagem, onde identifica-se e quantifica-se os segmentos de rios, pois geralmente, quanto maior for a ordem da microbacia, maior será a quantidade de rios existentes e maior será também a extensão dos segmentos dos rios. Os segmentos de rios iniciais são definidos de primeira ordem (nascentes), enquanto que os segmentos de segunda ordem são estabelecidos pela confluência de dois segmentos de primeira ordem e assim sucessivamente (STRAHLER, 1957).

A extensão do percurso superficial da água de enxurrada (Eps) representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente e foi 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 em Km/Km².

A relação de bifurcação é a relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior (Christofoletti, 1980), onde o resultado não poderá ser inferior a dois (Equação).

$$Rb = Nu/Nu + 1$$

Onde:

Rb - Relação de bifurcação, adimensional;

Nu - Número de segmentos de determinada ordem;

Nu+1 - Número de segmentos da ordem imediatamente superior.

Estes valores indicam o grau de dissecação da microbacia e, quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação. Os valores abaixo de 2 indica relevo colinoso (CASTRO e CARVALHO, 2009).

A razão de textura (T) é a relação do número de segmentos de rios e o perímetro da microbacia, onde à medida que o relevo passa de suave ondulado para ondulado, os valores médios da razão de textura (T) aumentam refletindo num mesmo ambiente climático, condição em que a infiltração da água encontra maior dificuldade. O escoamento superficial é mais intenso e provoca, conseqüentemente, maior dissecação hídrica do terreno, aspecto similar ao de ravinas. A razão de textura foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$T = Nt/P$$

Onde:

T - razão de Textura;

Nt - número total de rios;

P - perímetro em Km.

Segundo França (1968), a razão de textura pode ser classificada como grosseira (valores menores que 2,5), média (valores entre 2,5 e 6,2) e fina (valores acima de 6,2).

O índice de sinuosidade (Is) 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.

Os valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo e superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos. 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).

A densidade de drenagem (Dd) é expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede (perenes ou intermitentes) e a área total da bacia, conforme fórmula.

$$Dd = Cr/A$$

Onde:

Dd - Densidade de drenagem em Km/Kkm²;

Cr - Comprimento total de todos os cursos d'água em Km;

A - Área da bacia em Km².

Este índice é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a microbacia, dando uma ideia a respeito do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da microbacia (GUARIZ, 2008).

O cálculo da densidade de drenagem (Christofolletti, 1980) é importante na análise das microbacias porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das microbacias de drenagem.

França (1968) classificou a densidade de drenagem (Tabela 2) em:

Tabela 2. Valores e interpretação de densidade de drenagem.

Dd	Interpretação Ambiental	Interpretação ambiental da bacia
< 1,5	Baixa	Baixo escoamento superficial e maior infiltração
1,50 – 2,5	Média	Tendência mediana de escoamento superficial.
2,5 – 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas.
> 3,0	Super alta	Alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão.

Fonte: França (1968)

A razão de relevo (Schumm, 1956) é a relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da microbacia (H) e o seu maior comprimento (C), que corresponde à direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas (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 bacia (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 o produto da somatória do comprimento das curvas de nível (Figura 2) pela equidistância vertical entre as elas dividido pela área (A), de acordo com Lima (1986), determinada através da fórmula:

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

Onde:

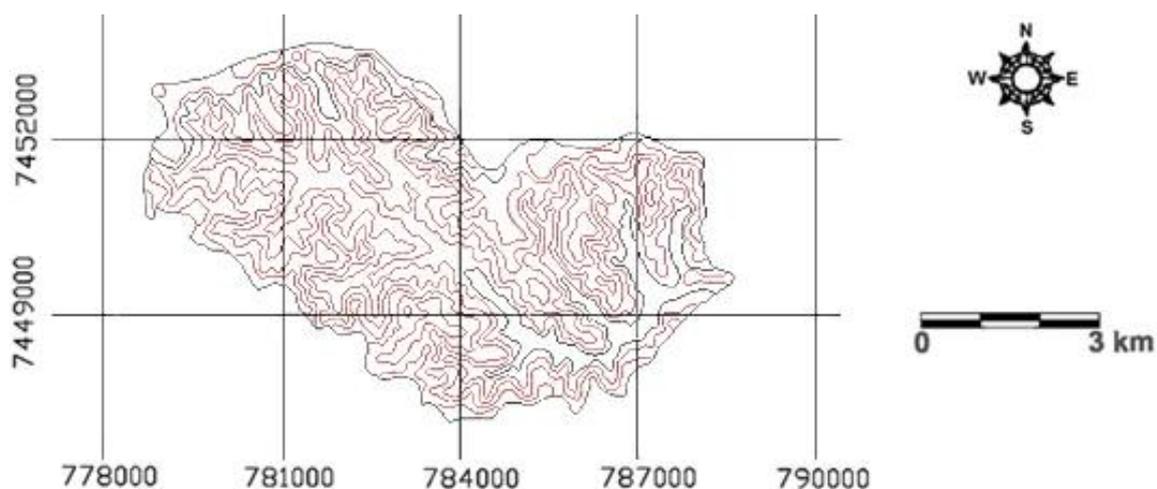
D - declividade média da microbacia em %;

C_n - somatória das curvas de nível da bacia em Km;

ΔH - equidistância vertical entre curvas de nível em Km;

A - área da bacia em Km².

Figura 2. Planialtimetria do ribeirão dos Patos.



Fonte: O próprio autor.

As classes de declividade utilizadas foram as indicadas Embrapa (1999), onde o intervalo de 0 a 3% é classificado como relevo plano; de 3 a 6% como suave ondulado; de 6

a 12% por ondulado; de 12 a 20% como forte ondulado; de 20 a 40% por montanhoso e maior que 40% como escarpado.

A altitude influencia na quantidade de radiação que recebida e, conseqüentemente, a evapotranspiração, temperatura e precipitação. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração. A altitude média é dada pela relação entre a somatória da maior altitude (MA) e a menor (mA) dividido por 2, enquanto a amplitude altimétrica é dada pela diferença entre maior cota (MA) e a menor (mA) da microbacia (CASTRO E LOPES (2001), citados por GUARIZ (2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As microbacias com formato circular apresentam maior potencialidade de picos de cheias, sendo fator de risco aos processos erosivos nas microbacias com formato alongado.

Os resultados para o coeficiente de compacidade (1,37), fator de forma (0,40) e índice de conformação (0,35) demonstram que esta possui formato mais alongado que circular (Tabela 3 e Figura 3). Esse formato torna a área menos susceptível a picos de enchentes, tendendo à maior conservação (VILLELA e MATTOS, 1975).

A rede de drenagem apresentou um comprimento total de rios de 49,283Km, sendo 31 canais de primeira ordem (Nw_1); 9 canais de segunda ordem (Nw_2), 2 canais de terceira ordem (Nw_3) e 1 canal de quarta ordem (Nm_4). Assim podemos classifica-la como de quarta ordem de ramificação (Figura 2), segundo o sistema de classificação proposto por (Strahler, 1957).

A extensão do percurso superficial (Eps), distância percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente foi de 384,61 metros, enquanto que o coeficiente de manutenção dos canais (Cm) demonstrou que é preciso $0,77Km^2$ de área para manter ativo um quilômetro de canal fluvial.

Quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, ou seja, maior é a área ocupada pelas vertentes. Assim, a relação de bifurcação de 4,97 permitiu classificar como relevo não colinoso, pois valores geralmente abaixo de 2 indica relevo colinoso (CASTRO e CARVALHO, 2009).

Tabela 3. Características físicas do ribeirão dos Patos.

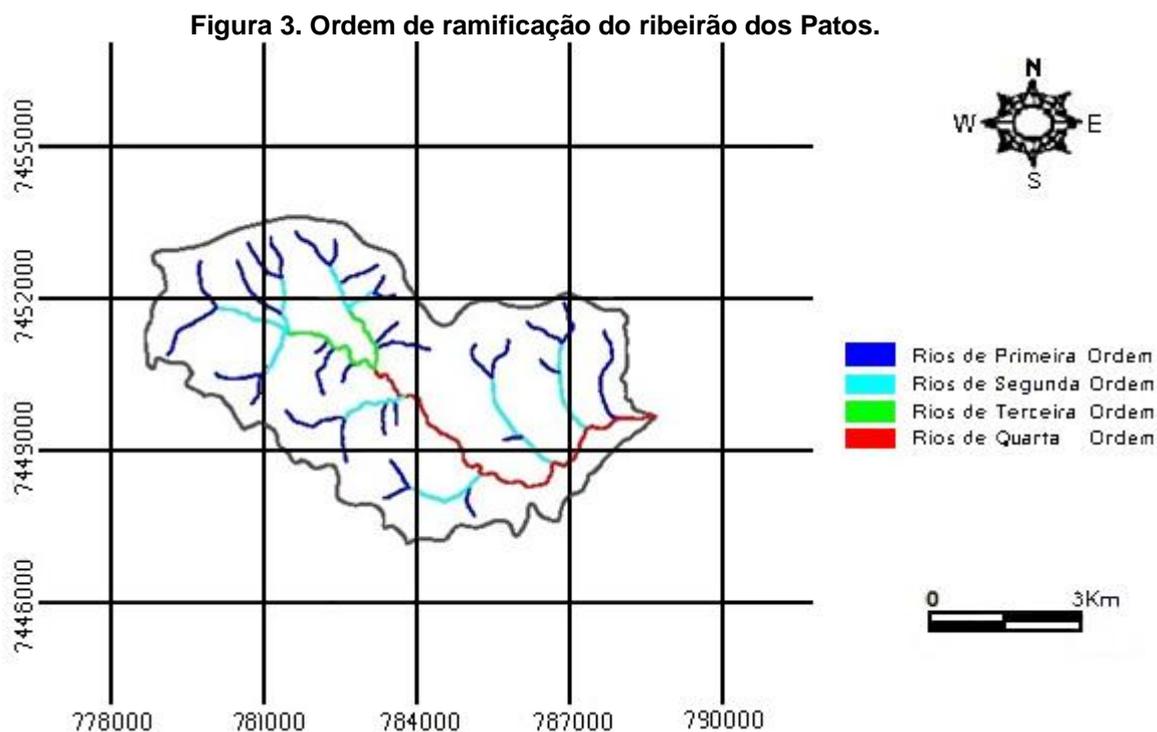
Características físicas da microbacia	Unidade	Resultados
Parâmetros Dimensionais		
Área (A)	km ²	38,10
Perímetro (P)	Km	30,31
Comprimento Axial (C)	Km	10,34
Comprimento da drenagem (Cr)	Km	49,29
Comprimento das cotas (Cn)	Km	314,10
Largura média (Lm)	Km	4,16
Comprimento do canal principal (Ccp)	Km	13,01
Características da Forma e Relevo		
Declividade média (D)	%	16,48
Altitude média (Hm)	M	574,5
Maior altitude (MA)	M	649
Menor altitude (mA)	M	500
Amplitude altimétrica da microbacia (H)	M	149
Razão de Relevo (Rr)	-	1,44
Fator de Forma (Ff)	-	0,40
Índice de Conformação (Ic)	-	0,35
Coeficiente de Compacidade (Kc)	-	1,37
Índices Padrões de Drenagem		
Ordem da microbacia (W)	-	4 ^a
Densidade de Drenagem (Dd)	(km/km ²)	1,3
Coeficiente de Manutenção (Cm)	(km ² /km)	0,77
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	M	384,61
Razão de Textura (T)	%	1,42
Índice de Sinuosidade (Is)	-	1,35

Fonte: O próprio autor.

O estudo de numerosos sistemas fluviais (STRAHLER, 1952) confirma o princípio de que uma região de clima, litologia e estado de desenvolvimento uniforme, a relação de

bifurcação tende a permanecer constante de uma ordem para a seguinte. Os valores desta relação que oscilam entre 3 e 5 são característicos dos sistemas fluviais e sugere se tratar de bacias equilibradas.

A razão de textura (T) foi classificada como grosseira, pois o valor de 1,42 (Smith, 1950) e modificada por França (1968), corresponde à relação entre o número total de anais e seu perímetro (P), classificando as classes de textura topográfica em: grosseira (< 2,5); média (2,5 a 6,2); e fina (> 6,2).



Fonte: O próprio autor.

Tabela 4. Ordem de ramificação do ribeirão dos Patos.

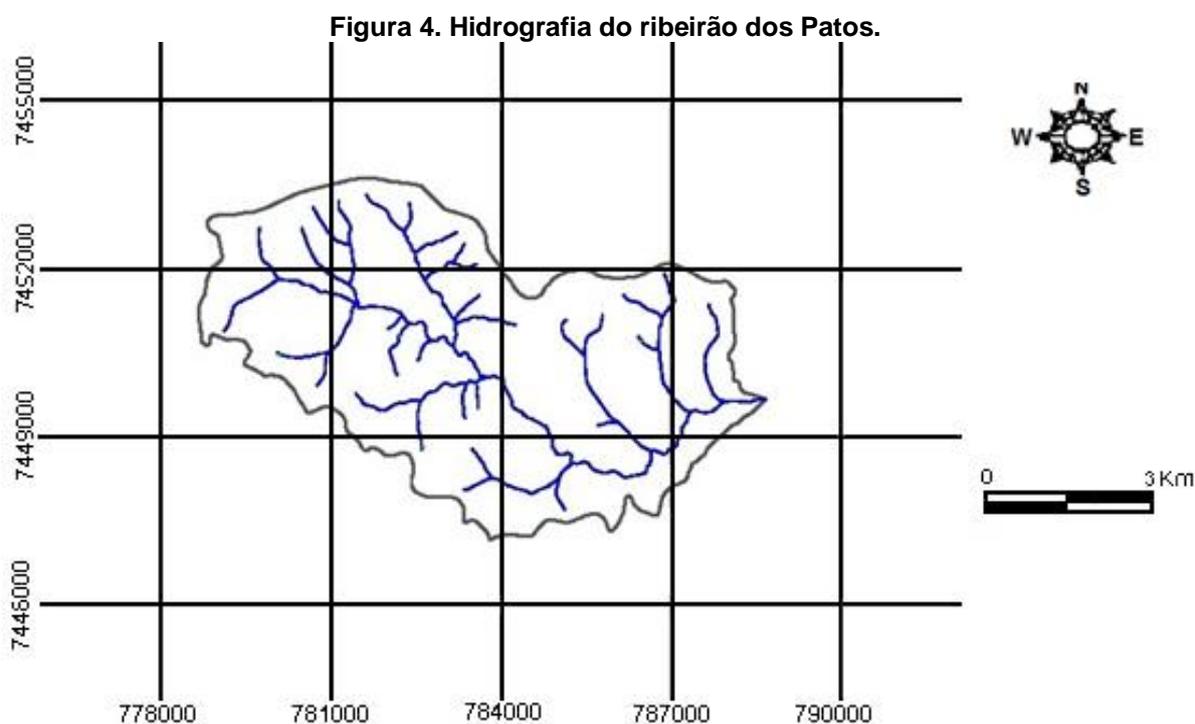
Ordem dos Rios	Quantidade	Valores (km)
1 ^a	31	25,316
2 ^a	9	12,439
3 ^a	2	3,625
4 ^a	1	7,903
Total	43	49,283

Fonte: O próprio autor.

O índice de sinuosidade de 1,35 (Figura 3) mostra uma tendência de canais retilíneos, pois valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo e superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos. 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).

A densidade de drenagem da microbacia é de $1,3\text{Km}/\text{Km}^2$ (Figura 4), considerada baixa (FRANÇA, 1968). Esse índice pode variar de $0,5\text{km}/\text{km}^2$ em microbacias com drenagem pobre a $3,5\text{km}/\text{km}^2$, ou mais, em bacias bem drenadas (VILLELA e MATTOS, 1975), enquanto que 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. As microbacias com menor densidade de drenagem possuem um relevo mais suave, rochas resistentes, solo muito permeável ou cobertura vegetal densa (ROCHA, 1991).



Fonte: O próprio autor.

A razão de relevo de 1,44 é considerado baixa (Piedade, 1980) permitiu inferir que o relevo predominante da área não é acidentado, sendo menor o escoamento superficial da água das chuvas, o que reflete numa maior relação infiltração deflúvio, evitando processos erosivos.

A declividade média encontrada da microbacia de 16,48 % permitiu classificar o relevo como ondulado de acordo com as classes de declividades e tipos de relevo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (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.

CONCLUSÕES

O fator de forma, o coeficiente de compacidade e o índice de conformação permitiram constatar que a microbacia tem formato mais alongado, indicando baixa tendência a enchentes.

O índice de sinuosidade mostrou que a microbacia apresenta canais retilíneos, enquanto que a baixa densidade de drenagem mostra que o solo é permeável com infiltração da água mais eficiente, porém oferecendo riscos de erosão pela menor velocidade com que a água deixa a bacia principalmente na condição de fortes precipitações.

A declividade média da microbacia permitiu classificar o relevo como ondulado, muito importante na conservação do solo através de práticas conservacionistas como construção de terraços em nível e manutenção de cobertura vegetal.

A caracterização dos índices morfométricos da área de estudo permitiu avaliar o comportamento da microbacia, configurando-a com dados importantes no planejamento ambiental desta, principalmente na conservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. **Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas**. Manual Operativo. Brasília, DF, Coordenação Nacional do PNMH, Ministério da Agricultura, 1987, 60 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfologia**, Campinas, v.9, n.18, p.35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ªed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- CASTRO, S.B.; CARVALHO, T.M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia plena**, v.5, n.2. 2009, p.1 – 7.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 306p.
- FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: Costa Rica, 1996. p.1-90.
- 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)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.
- GUARIZ, H.R. **Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008. 275p.
- 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.

- LEONARDO, H.C.L. **Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio Passo CUE, região oeste do Estado do Paraná.** 2003. 121p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba: Ed. ESALQ, 1986. 245p.
- LINDNER, E.; GOMIG, K.; KOBIYAMA, M. Sensoriamento remoto aplicado à caracterização morfológica 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.
- MOSCA, A.A.O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas.** 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- PIEIDADE, G.C.R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu,** SP. Botucatu, 1980. 161 p. (Tese de Livre Docência) - FCA/UNESP, 1980.
- PISSARA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfológicas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Rev. Bras. Ciências do Solo**, Viçosa, n.28, p.297-305, 2004.
- POLLO, R. A. et al. Caracterização morfológica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu - SP. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.1, p.163-174, 2012.
- ROCHA, J. S. M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** Universidade Federal de Santa Maria – RS: 1991,181p.
- RODRIGUES, V. A. Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica. In: WORKSHOP EM MANEJO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, 8., 2004, Botucatu. **Anais...** UNESP, 2004. p.7-18.
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey. **Bulletin of the Geological Society of America**, Colorado, EUA, n.67, p.597-646, 1956.
- SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal of Science**, New Haven, v. 248, p. 655-658, 1950.
- 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.

Recebido em 30 de setembro de 2014

Aceito em 17 de novembro de 2015