

Morfometria dos Compartimentos Hidrológicos do Município de Jaboticabal, SP

Morphometry of the Hydrological Compartments in Jaboticabal Municipality, SP

Christiano Luna Arraes^{a*}; Teresa Cristina Tarlé Pissarra^b; Flávia Mazzer Rodrigues^c; Marcelo Zanata^d; Sergio Campos^e

Resumo

O objetivo do trabalho foi caracterizar morfometricamente os compartimentos hidrológicos pertencentes ao Município de Jaboticabal, Estado de São Paulo. Técnicas de processamento digital de imagens e Sistema de Informação Geográfica (SIG) foram utilizadas para a coleta de dados de dimensão, padrão de drenagem e relevo dos compartimentos hidrológicos. A densidade de drenagem foi considerada baixa, inferior a 2 km/km² e a densidade hidrográfica foi inferior a 1,0 canal/km². Os compartimentos hidrológicos mostram-se pouco suscetíveis à enchente em condições normais de precipitação. Os parâmetros morfométricos dos compartimentos hidrológicos pertencentes ao Município de Jaboticabal serviram para o planejamento e gestão ambiental.

Palavras-chave: Hidrografia. SIG. Calculo Areal.

Abstract

The objective was to characterize morphometric characteristics in hydrological catchments at Jaboticabal Municipality, São Paulo State, Brazil. Techniques of digital image processing and Geographic Information System (GIS) were used to collect data as size, topography and drainage pattern of the hydrological areas. Drainage density was considered low, below 2 km/km²; basin density was less than 1.0 channel / km². The hydrological catchments are poorly susceptible to flooding during normal rainfall. The morphometric parameters of hydrological catchments at the Jaboticabal Municipality were used for planning and environmental management.

Key words: Hydrographic. SIG. Areal analyses.

^a Doutorando em Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). E-mail: christianoarrees@yahoo.com.br.

^b Doutora em Agronomia Produção Vegetal - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Docente da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). E-mail: teresapissarra@hotmail.com.

^c Doutoranda em Agronomia Produção Vegetal - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). E-mail: flamazzer@hotmail.com.

^d Doutorando em Agronomia Produção Vegetal - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). E-mail: marcel_zanata@hotmail.com.

^e Doutor em Agronomia - Faculdade de Ciências Agrônomicas. Docente da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). E-mail: seca@fca.unesp.br.

* Endereço para correspondência: Avenida Candido Rondon, 501, Barão Geraldo - CEP 13083-875. Campinas - SP.

1 Introdução

A unidade territorial de bacia hidrográfica é entendida como uma área de captação natural da água pluviométrica, a qual é drenada por ravinas, canais e tributários, para um curso d'água principal, com vazão de saída, que deságua em um curso d'água maior, lago ou oceano. Segundo Rodrigues, Pissarra e Campos (2008) essa unidade deve ser considerada como região de trabalho quando se pretende aplicar práticas de manejo conservacionista e implantar ações de preservação, já que as atividades desenvolvidas no seu interior têm influência sobre a quantidade e qualidade da água.

A análise morfométrica é a ciência que estuda as medidas e parâmetros necessários para descrever a

formação geomorfológica da paisagem em sua variação topográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980). A caracterização dos parâmetros morfométricos em bacias hidrográficas possui papel fundamental no condicionamento de respostas ligadas à erosão hídrica, gerado após eventos pluviométricos significativos. Assim, pode-se determinar o comprimento da rede de drenagem e suas relações com a área e associar esses valores a problemas de enchentes e erosões ao longo do córrego (TORRES *et al.*, 2007). Estudos realizados por Tonello *et al.* (2006) aplicando a morfometria na bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas em Guanhães – MG permitiu concluir que a mesma possui a forma alongada, evidenciando menor risco de cheias em condições normais de pluviosidade anual.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) fornecem meios para o tratamento de dados georreferenciados de forma eficiente, com qualidade e rapidez, por meio de customizações e automatizações que permitem a padronização de resultados. Mostram a necessidade de análise comparativa entre produtos cartográficos gerados pela técnica dos SIG's e aqueles produzidos por métodos convencionais, em função dos recursos e da eficiência oferecida pela informática (CASTRO, 1995; SLOVINSCKI; SOUZA; DORNELAS, 2009). As técnicas cartográficas tradicionais, baseadas na utilização de mapas impressos, foram substituídas pela tecnologia da computação gráfica, a partir da facilidade de acesso ao computador. Atualmente é demandado que a cartografia forneça dados que auxiliem cada vez mais na tomada de

decisões e no gerenciamento de operações correlatas (PINTO JÚNIOR; ROSSETE, 2005).

Em Alves e Castro, (2003); Guerra e Guerra (2003); Politano e Pissarra, (2003); Politano; Pissarra e Ferraudo (2004); as interações entre os processos geomorfológicos, do ponto de vista quantitativo são verificadas a partir de métodos de análise morfométrica, que determinam os seguintes parâmetros: densidade de drenagem, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, forma da bacia, dentre outros. Desta forma, os autores concluíram que esses parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para determinado local, de forma a qualificar as alterações ambientais, facilitando assim a tomada de decisão no que tange a conservação dos recursos hídricos.

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo aplicar métodos de análise morfométrica nos compartimentos hidrológicos pertencentes ao Município de Jaboticabal, utilizando Sistema de Informação Geográfica, a fim de compreender o processo geomorfológico da região, no intuito de contribuir para conservação dos recursos hídricos.

2 Material e Método

O Município de Jaboticabal está localizado na região nordeste do Estado de São Paulo, ocupando área de aproximadamente 707km², com posição geográfica limitada entre as coordenadas UTM, longitudes 768.000 e 792.000m E, latitudes 7.668.000 e 7.638.000m N, MC 51°W Gr (figura 1).



Figura 1: Localização do município de Jaboticabal - SP

O clima do Município de Jaboticabal é classificado como “Cwa”, segundo Köppen (1948) definido como subtropical mesotérmico, com verão úmido e inverno seco, em que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a do mais frio é inferior a 18°C; com altitude média de 605 metros do nível do mar.

O município está inserido na área de transição entre as províncias geomorfológicas Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental, englobando duas zonas do Planalto Ocidental, Planalto de Monte Alto e Áreas Indivisas. Apresenta as seguintes formas de relevo: morros amplos, colinas amplas e médias, escarpas festonadas e planícies aluviais. Na região há

três classes de solos predominantes os Argissolos Vermelho-Amarelos, os Latossolos Vermelhos e os Neossolos Flúvicos (EMBRAPA, 1999). Tendo como principal ocupação da terra a cultura de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L) com 81,7% da superfície do município, seguida por área urbana e habitação rural com 5,4% e 3,6%, respectivamente.

Para o estudo morfométrico o município foi dividido em nove bacias hidrográficas, consideradas como compartimentos hidrológicos para a gestão municipal, sendo eles: Ribeirão Santa Rita, Córrego Palmital, Córrego Santa Isaura, Córrego da Barrinha, Córrego Rico, Córrego do Jaboticabal, Córrego Santa Miquelina, Vertente Rio Taquaral e Vertente Córrego Santa Isabel. Todas as áreas foram delimitadas a partir da identificação dos divisores topográficos das principais bacias hidrográficas e respectivas redes de drenagem do município (figura 2).

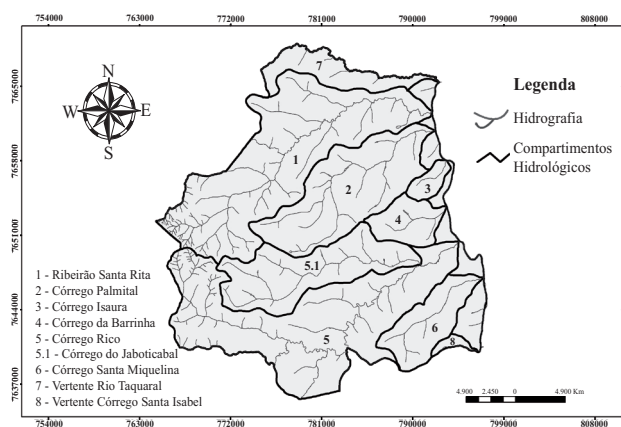


Figura 2 - Compartimentos hidrológicos do Município de Jaboticabal

Para a vetorização dos planos de informação: rede de drenagem, curvas altimétricas e bacias hidrográficas utilizaram-se as cartas do Brasil do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dos municípios de Jaboticabal (SF-22-X-D-III-3), Taiuva (SF-22-X-D-III-1), Pitangueiras (SF-22-X-D-III-2) e Guariba (SF-22-X-D-III-4), sendo os programas utilizados Idrisi Andes e CartaLinx.

Anteriormente a etapa de vetorização, todas as cartas foram georreferenciadas e mosaicadas, utilizando o comando “Resample” e “Concat”, presentes no pacote computacional Idrisi Andes.

Em seguida, a rede de drenagem e respectivos divisores topográficos foram vetorizados para obter os valores de área (A) em Km² e Comprimento da rede de drenagem em Km segundo a metodologia de Horton (1945); Perímetro (P) em Km segundo Smith (1950); Maior comprimento (C) em Km segundo Schumm (1956); Maior largura (L) em Km segundo Strahler (1958); e Amplitude altimétrica (H). Com esses parâmetros calculou-se a Densidade hidrográfica, Densidade de drenagem, Coeficiente de manutenção, Gradiente de canais, Índice de circularidade e sinuosidade para cada compartimento hidrológico.

A Densidade hidrográfica é a relação existente entre o número de rios ou canais de água e a área da bacia hidrográfica Horton (1945 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980). Calculado pela equação (1).

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (1)$$

sendo:

Dh, densidade hidrográfica (Canais/km²);
N, número total de rios ou cursos de água e
A, a área da bacia hidrográfica (km²).

A densidade de drenagem é a relação do somatório do comprimento de todos os canais de escoamento com a área de drenagem, Horton (1945 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980). Calculado pela equação (2).

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (2)$$

sendo:

Dd a densidade de drenagem (km/km²);
Lt, comprimento total de todos os canais (km) e
A, área de drenagem (km²).

O Coeficiente de manutenção, proposto por Schumm (1956 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980), tem como finalidade fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, calculado pela equação (3).

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000 \quad (3)$$

sendo:

Cm, coeficiente de manutenção (m) e
Dd, valor da densidade de drenagem.

O Gradiente de Canais é a relação entre a cota máxima e o comprimento do canal principal sendo expresso em porcentagem, Horton (1945 *apud* LANA; ALVES; CASTRO, 2001), calculado pela equação (4).

$$Gc = \frac{A_{\max}}{L} \quad (4)$$

sendo:

Gc, Gradiente de canais em porcentagem;
A_{max}, é a altura máxima da microbacia e
L, o comprimento do canal principal.

O Índice de Circularidade é a área total da bacia e Ac é a área do círculo de perímetro igual ao da área total da bacia. Müller, (1953) e Schumm, (1956), Christofoletti (1980), calculado pela equação (5).

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

sendo:

Ic, Índice de Circularidade (adimensional);
A, área de drenagem (km²) e
Ac, perímetro da microbacia (km).

O Índice de Sinuosidade relaciona o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois pontos extremos do canal principal, Schumm (1963 *apud* LANA; ALVES; CASTRO, 2001), calculado pela equação (6).

$$Is = \frac{L}{dv} \quad (6)$$

sendo:

Is, Índice de Sinuosidade (adimensional);
L, comprimento do canal principal (Km) e

dv, distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal (Km).

3 Resultados e Discussão

Os resultados referentes à morfometria para cada compartimento hidrológico estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Valores morfométricos dos compartimentos hidrológicos.

Item	Compartimentos hidrológicos	Área (Km ²)	Perímetro (km)	Maior comprimento (km)	Maior Largura (km)	Comprimento da rede de drenagem (km)	Maior Altitude (m)	Menor Altitude (m)
1	Ribeirão Santa Rita	186	81	28	11	147	685	479
2	Córrego Palmital	104	50	20	8	59	670	480
3	Córrego Isaura	9	13	5	3	11	621	481
4	Córrego da Barrinha	26	21	8	5	12	642	483
5	Córrego Rico	187	90	35	18	132	685	486
5.1	Córrego do Jaboticabal	82	58	20	7	50	670	497
6	Córrego Santa Miquelina	41	30	13	5	19	652	489
7	Vertente Rio Taquaral	32	45	**	**	31	631	476
8	Vertente Córrego Santa Isabel	4	12	3	3	8	670	506
Total		707				408		

Dentre os compartimentos citados, as unidades territoriais de microbacia que pertencem integralmente ao município de Jaboticabal são as dos Córregos do Palmital, Isaura, da Barrinha, do Jabuticabal e Santa Miquelina (Compartimentos 2, 3, 4, 5.1 e 6, respectivamente). As bacias hidrográficas

localizadas integralmente no município de Jaboticabal e que drenam as águas da cidade são as do Córrego Palmital (103,75 km²) e do Córrego Jabuticabal (82,05 km²).

Os resultados referentes a análise areal para cada compartimento hidrológico estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Análise areal para cada compartimento hidrológico presente na área de estudo

Compartimentos Hidrológicos	Densidade de Denagem (Km/Km ²)	Densidade Hidrográfica (Canais/Km ²)	Coefficiente de Manutenção (m ² /m)	Gradiencia de Canais (%)	Índice de Circularidade (adimensional)	Índice de Sinuosidade (adimensional)
Ribeirão Santa Rita	0,79	0,44	1265,3	0,02	0,35	1,15
Córrego Palmital	0,56	0,13	1762,7	0,007	0,52	1,16
Córrego Isaura	1,22	0,11	818,2	0,14	0,74	0,84
Córrego da Barrinha	0,46	0,11	2166,7	0,09	0,29	0,88
Córrego Rico	0,70	0,34	1416,7	0,013	0,57	1,68
Córrego do Jaboticabal	0,60	0,19	1640	0,027	0,30	1,19
Córrego Santa Miquelina	0,46	0,097	2157,9	0,048	0,34	1,12
Vertente Rio Taquaral	0,96	0,125	1032,3	0,025	0,19	1,42
Vertente Córrego Santa Izabel	2	0,25	500	0,16	0,66	0,89

Nos compartimentos hidrológicos estudados a densidade de drenagem foi considerada baixa < 7,5 Km/Km²; (CHRISTOFOLETTI, 1980). Isto se deve ao fato da predominância de relevo suave ondulado a ondulado na região e áreas de Latossolo, com predominância de redes de drenagem longas e menor número de nascentes e tributários. Altos valores de amplitude altimétrica para todos os compartimentos hidrológicos podem explicar o favorecimento da formação de canais nas áreas mais íngremes, a montante da rede de drenagem. As altas taxas de infiltração no terreno, principalmente por se tratar de solos mais profundos e com textura arenosa, são responsáveis pela redução da escavação exagerada do solo, explicando, assim, a baixa densidade de drenagem observada para os compartimentos hidrológicos, sendo esta densidade de drenagem inferior a 1,0 canal/ km².

Os Coeficientes de Manutenção, por sua vez, demonstram que é necessário, área maior que 500 m² para manter 1m de canal, se considerar como base o compartimento da Vertente do Córrego Santa Izabel.

Os valores obtidos para o parâmetro, gradiente de canais, dos compartimentos hidrológicos, com ressalva do compartimento 2, revelaram aspectos sobre a declividade dos mesmos, no que diz respeito ao canal principal. A declividade foi considerada alta haja vista que Alves e Castro (2003) em estudo na bacia do Rio do Tanque assumem como declividade baixa valor para o Gc = 0,012%.

Verificando os resultados presentes na tabela 2, pode-se afirmar que os compartimentos hidrológicos mostraram-se pouco suscetíveis à enchente em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo os eventos anormais

de precipitação para a área de estudo. Isso se deve pelo fato de que os Índices de circularidade para todos os compartimentos hidrológicos estão afastados da unidade. Segundo Cardoso *et al.* (2006) em bacias hidrográficas com forma circular ocorre maior propensão ao encharcamento em eventos chuvosos, fazendo com que tenha maior concentração do volume de água no tributário principal, provocando assim possíveis enchentes.

Os Índices de Sinuosidade calculados indicam que seus canais tendem a ser retilíneos, pois, de acordo com Lana, Alves e Castro (2001) valores de Is próximos a 1 indicam canais com tendências retilíneas enquanto valores superiores a 2 sugerem canais tortuosos.

A análise morfométrica facilita o entendimento de forma integrada dos processos hidrogeomorfológicos que ocorrem numa bacia hidrográfica, mesmo quando a sua estruturação seja complexa, ou tenha sofrido intervenções antrópicas, pois, a partir de uma análise global, podem-se individualizar os seus elementos e identificar à participação isolada de cada um.

As bacias apresentam as formas mais alongadas, sendo comprovada pelo índice de circularidade. Isso denota forte controle estrutural da drenagem, para todos os Compartimentos Hidrológicos do Município de Jaboticabal.

Essa pesquisa apresenta os elementos necessários para a compreensão da formação hídrica no município de Jaboticabal, servindo de base para novos estudos que possibilite aplicar práticas conservacionistas de forma a minimizar os processos erosivos.

4 Conclusões

Os parâmetros morfométricos determinaram as medidas físicas básicas das áreas de drenagem. O sistema de informação utilizado foi excelente para a vetorização e análise dos dados. Para cada compartimento hidrológico foi determinado o cálculo de valores morfométricos como o comprimento da rede de drenagem e características dimensionais, do relevo e do padrão de drenagem.

Referências

- ALVES, J.M.P.; CASTRO, P.T.A. Influência de feições geológicas na morfologia da Bacia do Rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, Goiás, v.33, n. 2, p.117-124, 2003.
- CARDOSO, C.A. *et al.* Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
- CASTRO, J.F.M. Análise comparativa entre informações morfométricas obtidas por métodos convencionais e por métodos digitais. *Geografia*. Rio Claro: UNESP, v.20, n.2, p. 115-133, 1995.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de pesquisa de Solos do Rio de Janeiro. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: EMBRAPA, 1999.
- GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, Washington, v. 56, n. 1, p. 275-370, 1945.
- KÖPPEN, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la Tierra*. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- LANA, C.E.; ALVES, J.M.P.; CASTRO, P.T.A. Análise morfométrica da Bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. *Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.
- MÜLLER, V.C. *A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area*. New York: Virginia and Tennessee. Dept. of Geology. n. 3, p. 30, 1953.
- PINTO JUNIOR, O.B.; ROSSETE, A.N. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira, MT-Brasil. *Geoambiente on-line*, Goiás, n. 4, p. 38-53, 2005.
- POLITANO, W.; PISSARRA, T.C.T.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego rico, Jaboticabal (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 297-305, 2004.
- _____; _____. Relações entre características morfométricas quantitativas e estimativa da vazão em função da área em microbacias hidrográficas de 2ª ordem de magnitude. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 179-186, 2003.
- RODRIGUES, F.M.; PISSARRA, T.C.T.; CAMPOS, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga, SP. *Irriga*, Botucatu, v. 13, n.3, p. 310-322, 2008.
- 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, n.5, p. 597-646, 1956.
- _____. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. *Geological Society of America Bulletin*, v. 74, n. 9, p. 1089-1100, 1963.
- SLOVINSKI, N.C.; SOUZA, N.C.; DORNELAS, T.S. Uso de produtos de sensoriamento remoto e geoprocessamento como subsídio para análise morfométrica de bacias hidrográficas: um estudo de caso das bacias dos rios Capivari, Bacaxá e Alto São João – RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal, 2009. *Anais...* Natal, 2009.
- SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, New Haven, v.248, p. 655-668, 1950.
- STRAHLER, A.N. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. *Geological Society of America Bulletin*, v.69, n.3, p. 279-300, 1958.
- TONELLO, K.C. *et al.* Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. *Revista. Árvore*, Viçosa, v.30, n.5, p. 849-857, 2006.
- TORRES, J.L.R. *et al.* Diagnóstico ambiental e análise morfométrica da microbacia do córrego Lanhoso em Uberaba - MG. *Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v.9, n.5, p.1-11, 2007.

