

# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **GIS APLICADO NA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE UMA MICROBACIA, VISANDO A CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS**

**Sérgio Campos<sup>1</sup>; Ana Paola Salas Gomes Di Toro<sup>2</sup>; Marcelo Campos<sup>3</sup>, Bruno Timóteo Rodrigues<sup>4</sup>;  
Gabriel Rondina Pupo da Silveira<sup>4</sup>; Daniela Polizeli Traficante<sup>4</sup>; Fábio Villar da Silva<sup>2</sup>; Mikael  
Timóteo Rodrigues<sup>4</sup>**

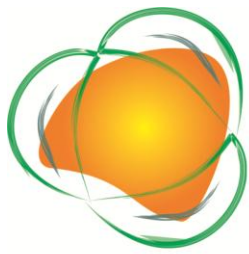
<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Prof. Titular, Universidade Estadual Paulista – [seca@fca.unesp.br](mailto:seca@fca.unesp.br); <sup>2</sup>Discente do Curso de Graduação em Engenharia Florestal da Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, [anapaolagomes@hotmail.com](mailto:anapaolagomes@hotmail.com), [fabio\\_villar@hotmail.com](mailto:fabio_villar@hotmail.com); <sup>3</sup>Físico, Prof. Dr., Universidade Estadual Paulista – [marcelocampos@tupa.unesp.br](mailto:marcelocampos@tupa.unesp.br); <sup>4</sup>Discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura da Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, [brunogta21@gmail.com](mailto:brunogta21@gmail.com), [gabrielrondina@hotmail.com](mailto:gabrielrondina@hotmail.com), [danitrafi@yahoo.com.br](mailto:danitrafi@yahoo.com.br), [mikaelgeo@gmail.com](mailto:mikaelgeo@gmail.com)

**Eixo Temático:** Conservação Ambiental e Produção Agrícola Sustentável

**RESUMO:** A morfometria da microbacia e a caracterização da zona ripária são importantes ferramentas de diagnóstico da susceptibilidade à degradação ambiental, pois os resultados norteiam o manejo e a implementação de medidas mitigadoras para a conservação dos recursos naturais. O trabalho objetivou a realização do estudo morfométrico do Ribeirão das Agulhas, Botucatu - SP, visando a conservação dos recursos naturais, através de geotecnologias e do Sistema de Informações Geográficas Idrisi Selva em futuras contribuições no processo de gestão ambiental e na tomada de decisões por parte dos Administradores Públicos. A microbacia apresenta uma área de 1445ha e está localizada entre os paralelos 22°47'05" a 22°51'55" de latitude S e 48°28'10" a 48°30'04" de longitude W Gr. A base cartográfica utilizada foi a carta planialtimétrica de Botucatu (SP), em escala 1:50.000, na determinação da hidrografia para cálculo dos índices morfométricos. Os resultados mostram que os baixos valores da Dd, 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, bem como o baixo valor do Ff amparado pelo Kc indica que a microbacia tende a ser mais alongada com menor susceptibilidade à ocorrência de enchentes mais acentuadas.

**Palavras chaves:** geoprocessamento, hidrografia, parâmetros.

**ABSTRACT:** The morphometry of the watershed and the characterization of the riparian zone are important tools for the diagnosis of susceptibility to environmental degradation, as the results guide the management and implementation of mitigation measures for the conservation of natural resources. The study aimed morphometric study of Stream Agulhas, Botucatu - SP, aiming at the conservation of natural resources through geo and Geographic Information System Idrisi Selva in future contributions in the



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

environmental management process and in taking part in decisions of Public Administrators.. The watershed covers an area of 1445ha and is located between the parallels 22°47'05" to 22°51'55" S latitude and 48°28'10" to 48°30'04" W longitude Gr. The base map used was planialtimetric chart of Botucatu (SP), in 1:50.000, in determining the hydrograph for calculation of morphometric indices the results show that low Dd values associated with the presence of permeable rocks, facilitate water infiltration into the soil, reducing runoff and the risk of erosion and environmental degradation as well as the low value of Ff supported by Kc indicates that the watershed tends to be more elongated with less susceptibility to floods more pronounced.

**Key words:** GIS, hydrography, parameters.

## **Introdução**

O estudo morfométrico das microbacias auxilia na compreensão do comportamento do escoamento superficial das águas e sua contribuição para a manutenção da bacia principal, favorecendo o planejamento de manejo e elaboração de projetos que impactam diretamente na mesma.

O conhecimento das características físicas das microbacias é importante para entender seu ciclo hidrológico, que influencia diretamente nos aspectos relacionados com a infiltração, a evapotranspiração e o escoamento superficial e subsuperficial (RODRIGUES et al., 2008), bem como a formulação de medidas de manejo do deflúvio para controle de desastres naturais, favorecidos ou não pela intervenção antrópica.

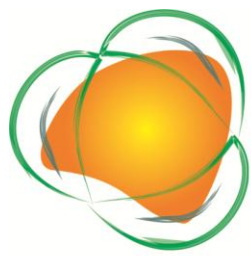
A morfometria é uma ferramenta fundamental no diagnóstico de susceptibilidade a degradação ambiental, delimitação da zona ripária, planejamento e manejo de microbacias (MOREIRA e RODRIGUES, 2010), pois a sua caracterização permite descrever a formação geomorfológica da paisagem em sua variação topográfica, bem como possui um papel significativo no condicionamento de respostas ligadas à erosão hídrica, gerado após eventos pluviométricos relevantes.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão das Agulhas - Botucatu (SP), visando o conhecimento, aprendizado e compreensão dessas características.

## **Material e Métodos**

A microbacia do ribeirão das Agulhas, situada no município de Botucatu, possui uma área de 1445ha. Sua situação geográfica é definida pelas coordenadas: Latitude 22° 47' 05" a 22° 51' 55" S e Longitudes 48° 28' 10" a 48° 30' 04" WGr (Figura 1).

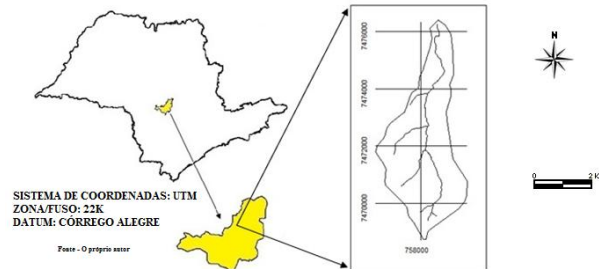
O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa - Clima Mesotérmico de Inverno Seco - em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e do mês mais quente ultrapassa os 22°C.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

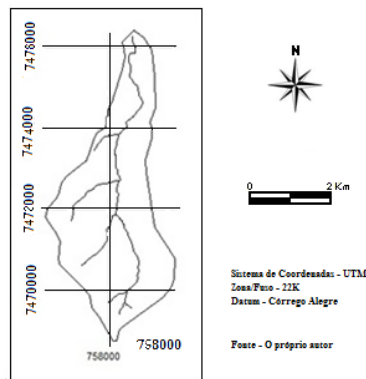
[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016



**Figura 1.** Localização da microbacia do Ribeirão das Agulhas – Botucatu (SP).

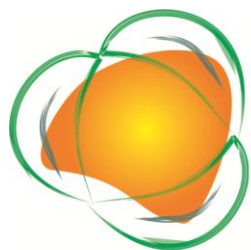
Na caracterização morfométrica da área foi utilizada a carta planialtimétrica do IBGE (1973), em escala 1:50.000, folha Botucatu, com curvas de nível de 20 em 20 metros, para extração da rede de drenagem (Figura 2) e da planialtimetria (Figura 3) e o Sistema de Informações Geográficas Idrisi Selva para escaneamento das unidades de solo e rede de drenagem, sendo desta forma, a informação analógica convertida para digital.



**Figura 2.** Rede de drenagem da microbacia do Ribeirão das Agulhas – Botucatu (SP).

Após a delimitação da área da bacia obteve-se as características dimensionais da rede de drenagem, que são parâmetros quantitativos que permitem eliminar a subjetividade na sua caracterização. Na determinação desses parâmetros foi seguida a metodologia citada por Oliveira e Ferreira (2001) no cálculo do maior comprimento (C), do comprimento do curso principal (CP), do comprimento total da rede (CR), do perímetro (P) e da área (A), as quais foram obtidas através do *software* Sistema de Informações Geográficas Idrisi Selva utilizado para manipulação, tratamento e análise dos dados gerados como as curvas de nível e a rede de drenagem da microbacia.

Na caracterização da composição e padrão de drenagem foram analisados os seguintes parâmetros: a densidade de drenagem (Dd), a extensão do percurso superficial (Eps), a extensão média do escoamento superficial (I), a textura da topografia (Tt), o coeficiente de manutenção (Cm), a rugosidade topográfica (Rt) e o

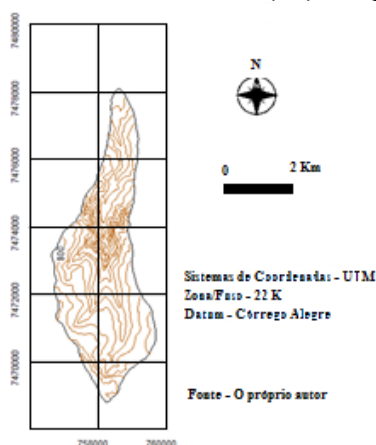


# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

índice de forma (K) foram determinados a partir da metodologia desenvolvida por Christofolletti (1969), bem como, o fator de forma (Kf), segundo Almeida (2007).



**Figura 2.** Planialtimetria da microbacia do Ribeirão das Agulhas – Botucatu (SP).

A densidade hidrográfica é a relação existente entre o número de rios ou canais e a área da bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1969), sendo expressa pela equação:  $Dh = N.A^{-1}$ , onde: Dh - Densidade hidrográfica em  $km^{-2}$ , N - Número total de rios e A - Área da bacia hidrográfica em  $km^2$ .

A declividade média foi obtida a partir da fórmula abaixo e classificada segundo Lepsch et al., 2001:  $H = (D.L) 100/A$ , onde: H - Declividade média em %, D - Distância entre as curvas de nível em m, L - Comprimento total das curvas de nível em m e A - Área da microbacia em  $m^2$ .

O coeficiente de rugosidade (CR = Dd.H, onde: CR = coeficiente de rugosidade; Dd = densidade de drenagem e H = declividade média), por ser um parâmetro que direciona o uso potencial das terras rurais, dependendo das características das atividades – agricultura, pecuária, silvicultura com reflorestamento ou preservação permanente, foi usado para definir as classes de uso da terra das cinco microbacias hidrográficas da bacia do rio Soledade, que são: A (menor valor de CR) – terras apropriadas à agricultura; B – terras apropriadas à pecuária; C – terras apropriadas à pecuária e reflorestamento e D (maior valor de CR) – terras apropriadas para florestas e reflorestamento (ROCHA e SILVA, 2001).

A densidade de drenagem é a correlação do comprimento total dos rios com a área da bacia, sendo obtida a partir da fórmula (Silva et al., 2004):  $Dd = L.A^{-1}$ , onde: Dd - Densidade de drenagem em  $km/km^2$ , L - Comprimento total dos rios ou canais em km e A - Área da bacia em  $km^2$ .

O índice de circularidade, também denominado por alguns autores como índice de forma, representa a relação existente entre o perímetro e a área da bacia. O número calculado independe da área considerada, dependendo apenas da forma da bacia



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

(SILVA et al., 2004). O menor valor possível a ser encontrado é 1,0, correspondendo a uma bacia circular (GANDOLFI, 1971). Esse parâmetro influencia a determinação da vazão e a intensidade de escoamento (SILVA et al., 2004). O índice de circularidade foi determinado pela equação:  $TC=12,57.P^2$ , onde: K - Índice de circularidade; P - Perímetro da bacia em km e A - Área da bacia em  $km^2$ .

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da microbacia e o perímetro de uma circunferência de um círculo de área igual da microbacia, que de acordo com Villela e Mattos (1975) é um número adimensional que varia com a forma da microbacia, independentemente de seu tamanho. Se a bacia for irregular, maior será o coeficiente de compacidade e menos sujeita à enchentes, sendo:  $K_c = 1 - 1,25$  (redondas para ovaladas);  $1,25 - 1,50$  (ovaladas);  $1,50 - 1,70$  (oblongas).

Na determinação do  $K_c$  utilizou-se da fórmula:  $K_c = 0,28 (P:A^{1/2})$ , onde:  $K_c$  - Coeficiente de compacidade, P - Perímetro em metros e A - Área de drenagem em  $m^2$ .

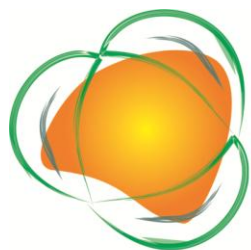
A forma de uma microbacia pode ser comparada conforme algumas figuras geométricas conhecidas. Assim, o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade compara a microbacia a um círculo e o fator de forma a compara a um retângulo. A forma da microbacia e a configuração do sistema de drenagem, estão associadas a estrutura geológica do terreno. O fator de forma (Ff) pode ser determinado pela seguinte equação:  $Ff = A/L^2$ , onde: Ff - Fator de forma, A - A área de drenagem em  $m^2$  e L - O comprimento do eixo da bacia em m.

A razão de relevo é a relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da bacia e seu comprimento (SCHUMM, 1956), que segundo Carvalho (1980) demonstra que, quanto maiores os valores, mais acidentado será o relevo na região. Quanto maior a razão de relevo, maior será a declividade geral da bacia, portanto maior será a velocidade da água a escoar no sentido de seu maior comprimento. Piedade (1981) utilizou os seguintes valores para quantificar a razão de relevo: Razão de relevo baixa - 0,00 a 0,10; média - 0,11 a 0,30 e alta - 0,31 a 0,60.

## **Resultados e Discussão**

A análise dos resultados obtidos para a microbacia do Ribeirão das Agulhas (Tabela 1) mostra que a área é de 14,45ha, o perímetro de 25,65km e o fluxo de água se dá na direção N-S da microbacia, com um comprimento de 22,54km. O comprimento total da rede de drenagem é de 36,97km, demonstra que a microbacia apresenta-se com poucos canais de drenagem.

A forma é um parâmetro importante na determinação do tempo de concentração, pois determina o tempo necessário para que toda a microbacia contribua na saída da água após uma precipitação, uma vez que quanto maior o tempo de concentração menor será a vazão máxima de enchentes. O baixo valor do fator de forma (0,25) obtido para o ribeirão das Agulhas indica que a microbacia tem o formato mais



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

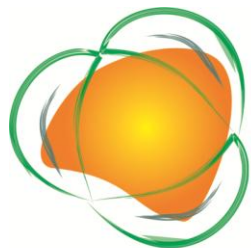
ovalado.

**Tabela 1.** Características morfométricas da microbacia Ribeirão das Agulhas, Botucatu-SP.

Características físicas	Unidades	Resultados
<b>Parâmetros dimensionais da microbacia</b>		
Área (A)	Km <sup>2</sup>	14,45
Perímetro (P)	Km	25,65
Comprimento do Rio Principal (C)	Km	22,54
Comprimento da rede de drenagem total (Cr)	Km	36,97
Comprimento axial	Km	18,91
Comprimento das curvas de nível (Cn)	Km	251,25
<b>Características do relevo</b>		
Coefficiente de compacidade (Kc)	---	1,89
Fator forma (Ff)	---	0,25
Índice de circularidade (Ic)	---	0,28
Declividade média (D)	%	34,78
Altitude média (Hm)	M	670
Maior altitude (MA)	M	860
Menor altitude (mA)	M	480
Amplitude altimétrica (H)	M	380
Coefficiente de Rugosidade (CR)	---	0,89
<b>Padrões de drenagem da microbacia</b>		
Ordem da microbacia (W)	---	2 <sup>a</sup>
Densidade de drenagem (Dd)	(km/km <sup>2</sup> )	2,56
Coefficiente de Manutenção (Cm)	(m/m <sup>2</sup> )	1,66
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	m	195,31
Gradiente de Canais (Gc)	%	45,47
Índice de Sinuosidade (Is)	-	1,19
Frequência de Rios (Fr)	-	0,76
Razão de Relevo	Km/km	38,45
Coefficiente de Manutenção	Km/Km <sup>2</sup>	390,63

O coeficiente de compacidade maior do que 1 (1,89) e o fator de forma baixo (0,25) permitiram afirmar que a microbacia, em condições normais de precipitação, é pouco susceptível a enchentes. Portanto, os resultados mostram que a microbacia não possui formato circular, tendendo para a forma alongada, elíptica e apresenta menor risco de enchentes sazonais, bem como o valor do índice de circularidade de 0,28 permitiu confirmar também que a microbacia não possui forma próxima à circular, isto é, apresenta forma alongada.

Os baixos valores de Dd e da razão de relevo, provavelmente, estão associados à presença de rochas permeáveis (Tonello et al., 2006), pois facilita a infiltração da água no solo diminuindo o escoamento superficial e o risco de erosão e degradação



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

ambiental, pois quanto maiores esses valores mais intenso é o processo de erosividade do solo (RODRIGUES et al., 2008).

A densidade de drenagem de  $2,56\text{km}/\text{km}^2$ , segundo Christofolletti (1969) é baixa, pois o valor é menor que  $7,5\text{km}/\text{km}^2$ , enquanto que para Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de  $0,5\text{km}/\text{km}^2$ , em microbacias com drenagem pobre,  $3,5\text{km}/\text{km}^2$  ou mais, em microbacias excepcionalmente bem drenadas, indicando que a microbacia apresenta baixa drenagem, indicando que estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação.

A sinuosidade (1,19) é um dos fatores controladores da velocidade de escoamento do canal, pois quanto mais próximo da unidade, demonstra que o rio segue exatamente a linha do talvegue, ou seja, apresenta-se com baixo grau de sinuosidade.

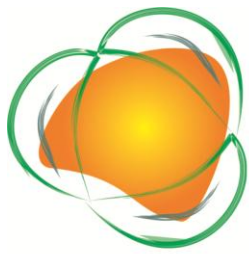
O valor da extensão do percurso superficial e do coeficiente de manutenção confirma a presença de solos permeáveis na microbacia.

A declividade média na microbacia, da ordem de 34,78 permitiu classificá-la (CHIARINI e DONZELI, 1973) como relevo Montanhoso, sendo impróprio para o cultivo de culturas anuais e indicado para a o uso de pastagens em eventual rotação com culturas anuais, podendo ser também exploradas com culturas permanentes que protegem o solo (café, laranja, cana-de-açúcar, leguminosas como forma de adubação verde, etc.), pois são terras sujeitas à erosão e a prática da conservação do solo é imprescindível (LEPSCH et al., 2001).

O coeficiente de rugosidade (0,89) é utilizado para diagnosticar as probabilidades de vir a ocorrer erosões, permitiu classificar a microbacia para vocação com uso por agricultura (Classe A), segundo Rocha (1991), uma vez que os altos valores do coeficiente de rugosidade mostram que estas têm maiores chances de sofrer os efeitos da erosão, necessitando de medidas para prevenção e maior taxa de áreas cobertas pela vegetação.

## Conclusões

Os resultados permitiram concluir que as variáveis morfométricas servirão para futuros planejamentos e gestões ambientais regionais. 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, permitindo inferir que o substrato tem permeabilidade alta com maior infiltração e menor escoamento da água. O Sistema de Informações Geográficas Idrisi Selva foi uma excelente ferramenta para a viabilização do monitoramento e gestão dos recursos hídricos da microbacia. O coeficiente de rugosidade permitiu classificá-la para vocação com uso por Agricultura (**Classe A**), pois altos valores mostram que estas têm maiores



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

chances de sofrer os efeitos da erosão, necessitando de medidas para prevenção e proteção com cobertura vegetal.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, A.Q. de. **Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES.** 2007. 80 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo.
- CARVALHO, W.A. **Relações entre relevos e solos da bacia do rio Capivara - município de Botucatu, SP. 1981.** 193 p. Tese (Livre-Docência) – Universidade Estadual Paulista.
- CHIARINI, J.J., DONZELLI, P.L. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. **Bol.Tec.Inst.Agron.**, Campinas, n.3, p.1-29, 1973.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfologia**, Campinas, v.09, n.18, p.35-64, 1969.
- GANDOLFI, P.A. **Investigações sedimentológicas, morfométricas e físi-químicas nas bacias do Moji-Guaçu, do Ribeira e do Peixe.** 1971.Tese (Livre Docência). Universidade de São Paulo.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cartas do Brasil.** Superintendência de Cartografia do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral do Brasil. Folha de Botucatu, 1973.
- LEPSCH, J.F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, **Soc.Bras.Cien.do Solo**, 2001.175p.
- MOREIRA, L., RODRIGUES, V.A. Análise morfométrica da microbacia da Fazenda Edgárdia – Botucatu (SP). **.Eletr.Eng.Florestal.** Garça, v.16, n.01, p.9-21, 2010.
- OLIVEIRA, A., FERREIRA, E. Caracterização de sub-bacias hidrográficas. Lavras: UFLA/FAEPE, 64p. **Geografia Física** v.03, n.01, p.112-122, 2001.
- PIEDADE, G.C.R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP.** 1980. 161P. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista.
- ROCHA, J. S. M. da. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Santa Maria: Edições UFSM, 1991. 181 p.
- ROCHA, J. S. M., SILVA, S.M.J.M. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Santa Maria: UFSM, 2001. 302p.
- RODRIGUES, F.M.; PISSARRA, T.C.T.; CAMPOS, Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.03, p. 310-322, 2008.
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in bedlands at Perth Amboy. New Jersey. **Bull. Geol. Soc. Am.**, Colorado, v.67, p.597-646, 1956.
- SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; BARBOSA, C.P. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias hidrográficas.** São Carlos : RiMa. 141p. 2004.
- TONELLO, K.C. DIAS, H. C. T., SOUZA, A. L. de., RIBEIRO, C.A. A.S. R., LEITE, F.P. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. R. **Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.05, p.849-857, 2006.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.