

**ESTUDO MORFOMÉTRICO DA BACIA DO CÓRREGO DA FORQUILHA,
CONCHAL / SP: ASPECTOS DO RELEVO E DRENAGEM**

**MORPHOMETRIC STUDY FORQUILHA STREAM BASIN, CONCHAL / SP:
ASPECTS OF RELIEF AND DRAINAGE**

Edéria Pereira Gomes Azevedo¹ Sérgio Campos² Mariana Wagner de Toledo Piza³
Maria Beatriz Sartor³ Gabriel Rondina Pupo da Silveira³

RESUMO

Este trabalho objetivou a aplicação de geoprocessamento na caracterização morfométrica da microbacia do Córrego da Forquilha – Conchal / SP através do Sistema de Informações Geográficas IDRISI Selva e software CartaLinx. A microbacia apresenta uma área de 632,50 ha e está localizada entre os paralelos 22° 19' 07" e 22° 20' 41" de latitude S e 47° 10' 47" e 47° 14' 11" de longitude W Greenwich. A base cartográfica utilizada foi a carta planialtimétrica de Conchal / SP, em escala 1:50000 (IBGE, 1974) na extração das curvas de nível, da hidrografia e da topografia, e posteriormente em ambiente de Sistema de Informações Geográficas IDRISI Selva para determinação dos índices morfométricos. Os resultados demonstram que a microbacia possui baixa densidade de drenagem, com formato entre redondo e ovalado e com tendência mediana a enchentes. A pouca declividade classifica o relevo como plano ondulado, com aptidão para agricultura (classe A), com solos permeáveis. A sinuosidade é moderada e a bacia apresenta pequena vazão.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Microbacia. Morfometria.

ABSTRACT

This work aimed at the geoprocessing application in the morphometric characterization of Forquilha Stream Watershed – Conchal / SP through the Geographical Information System IDRISI Selva and software CartaLinx. The watershed has an area of 632.50 ha and it ranges from 22° 19' 07" S to 22° 20' 41" S and 47° 10' 47" W to 47° 14' 11" W. The cartographic base used was the planialtimetric letter of Conchal / SP, in scale 1:50000 (IBGE 1974) in the extraction of the level curves, the hydrography and the topography, and later on Geographical Information System IDRISI Selva environment to determine the morphometric indices. Results demonstrate that the watershed has low drainage density, with format of round, oval and median tendency to flood. The small declivity classifies the relief as wavy plan, with suitability for agriculture (class A), and permeable soils. The sinuosity is moderate and the basin has little flow.

Keyword: Geoprocessing. Watershed. Morphometric

¹ Mestranda do Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciência Agronômica (FCA), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Botucatu - SP E-mail: ederia@lpnet.com.br

² Professor Titular do Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciência Agronômica (FCA), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Botucatu - SP

³ Doutoranda(o) do Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciência Agronômica (FCA), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Botucatu - SP

1. INTRODUÇÃO

Conceitualmente, a bacia hidrográfica tem sido utilizada como unidade de gestão da paisagem nas áreas relacionadas ao planejamento ambiental, especialmente na gestão dos recursos hídricos. Pires et al. (2005) destacam que o conceito tem sido ampliado ao longo dos anos, sendo a bacia hidrográfica compreendida como um sistema biofísico complexo, que evidencia sistemas hidrológicos e ecológicos coesos. A água é o ponto de convergência de um sistema ambiental de múltiplas relações estabelecidas entre os diversos componentes físicos, bióticos e antrópicos.

A delimitação de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais (CARDOSO et al., 2006). Seus elementos principais são a água, o solo, as espécies vegetais e animais, os quais coexistem em uma interação permanente e dinâmica, de forma que as interferências naturais (intemperismo e modelagem da paisagem) e antrópicas (uso e cobertura da terra) os afetam como um todo. Todas as áreas urbanas, industriais ou rurais compõem uma bacia hidrográfica, ou seja, tudo o que estiver dentro dos divisores de águas, que são os pontos mais altos determinantes do limite da bacia hidrográfica fazem parte desta.

Diversas áreas, como margens dos recursos hídricos e nascentes dos mananciais, não têm sido devidamente respeitadas, devido ao uso inadequado dos recursos naturais. Esses recursos foram intensamente reduzidos na maioria das Áreas de Preservação Permanente (APPs), em muitos casos, pelo desconhecimento da população e pela incorreta interpretação do Código Florestal Brasileiro. O planejamento adequado da terra deve ser realizado constantemente para que a degradação não ocorra ou, ao menos, seja diminuída nessas áreas de APPs.

O uso adequado dos recursos naturais exige estudos aprofundados para que sejam compreendidos os possíveis impactos provocados pela ação antrópica. (QUEIRÓZ, 2007)

A caracterização de variáveis morfométricas de bacias hidrográficas é uma análise representativa e investigativa do comportamento do relevo, abrangendo assim diversos parâmetros, sendo que alguns envolvem a hidrografia, relevo e outros, indicando se a bacia é susceptível ou não à erosão.

Na morfometria, são estabelecidas as relações entre os parâmetros mensuráveis de uma bacia hidrográfica e os seus condicionantes, através de índices numéricos que classificam a rede de drenagem. Tais índices numéricos são de fundamental importância na caracterização das potencialidades das áreas de uso de uma bacia hidrográfica,

permitindo o seu manejo adequado com diagnósticos e análises de riscos de degradação dos recursos ambientais.

O estudo morfométrico da bacia do Córrego da Forquilha, Conchal / SP, é essencial para elaboração e implantação de futuros projetos agroambientais regionais, uma vez que os resultados darão maior compreensão do escoamento superficial desta bacia hidrográfica. Com a adequada avaliação dos recursos hídricos e utilizando o monitoramento dos dados relativos à microbacia, pode-se propor uma adequação da ocupação do solo em relação ao seu potencial e de suas limitações, tornando possível um manejo racional e equilibrado com a natureza, conquistando assim a sustentabilidade.

Segundo Ferreira (1997), os Sistemas de Informações Geográficas podem ser considerados um instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente e auxiliando o planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas. O IDRISI é um programa SIG, ou seja, um sistema de informação geográfica, que possui a função de processar, armazenar e gerenciar informações de imagens com dados de localização espacial. Uma das mais recentes atualizações do IDRISI, a versão Selva, lançada em 2012, trouxe ferramentas modernas para o software, deixando o seu manuseio mais simples e eficaz.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da bacia do Córrego da Forquilha, Conchal / SP, em ambiente do Sistema de Informações Geográficas IDRISI Selva e do software CartaLinx, visando ao planejamento e ao manejo integrado dos recursos hídricos da área.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Córrego da Forquilha está localizada no município de Conchal / SP, entre as coordenadas 22° 19' 07" e 22° 20' 41" de latitude S e 47° 10' 47" e 47° 14' 11" de longitude W Gr, apresentando uma área total de 632,50 hectares.

O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa – clima subtropical úmido com invernos secos e verões quentes, em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e do mês mais quente ultrapassa os 22°C, sendo a temperatura média de 20,3°C e a pluviosidade média anual de 1300 mm.

Na caracterização morfométrica da área, foi utilizada a carta planialtimétrica do IBGE (1974), em escala 1:50000, folha Conchal SF-23-Y-A-II-4, com curvas de nível de 20 em 20 metros, para extração da rede de drenagem e da planialtimetria.

O software CartaLinx foi utilizado no georreferenciamento da bacia e para a realização das análises morfométricas e obtenção dos dados necessários como comprimento da rede de drenagem (Cr), comprimento do curso principal (CP), do perímetro (P) e da área (A) da bacia.

O SIG IDRISI Selva foi utilizado na vetorização das curvas de nível, do divisor de água, da rede de drenagem e nascentes.

A rede de drenagem da bacia do Córrego da Forquilha, Conchal / SP, foi sobreposta no SIG IDRISI Selva, que calculou o comprimento total da drenagem. Para a caracterização e composição da rede de drenagem foram analisados os seguintes parâmetros: densidade de drenagem (Dd), declividade média (H), coeficiente de rugosidade (RN), índice de circularidade (Ic), índice de forma (IF), coeficiente de compacidade (Kc), extensão de percurso superficial (EPS), gradiente de canais (GC), índice de sinuosidade (IS), razão de relevo (Rr), frequência de rios (Fr) e coeficiente de manutenção (Cm).

A Equação 1 apresenta o cálculo da Densidade de Drenagem (Dd), conforme proposto por França (1968):

$$Dd = Cr/A \quad (1)$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem (Km/Km²);

Cr = Comprimento da rede de drenagem (Km);

A = Área da bacia hidrográfica (Km²), que foi obtida através do SIG IDRISI Selva.

Tabela 1. Intervalo de valores para densidade de drenagem e respectiva classificação

Densidade de drenagem (Km/Km ²)	Classificação
< 1,5	Baixa
1,5 a 2,5	Média
> 2,5	Alta

Fonte: França (1968)

A Equação 2 apresenta o cálculo da Declividade Média (H), conforme proposto por Mota (1981):

$$H = D.L/A \quad (2)$$

Onde:

H = Declividade média da bacia hidrográfica (%);

D = Eqüidistância vertical das curvas de nível (Km);

L = Comprimento total das curvas de nível da bacia hidrográfica (Km);

A = Área da bacia hidrográfica (Km²).

Tabela 2. Classes de declive segundo o relevo

Classes de declive (%)	Relevo
0 a 12	Plano ondulado
12 a 20	Forte ondulado
20 a 40	Acidentado
> 40	Montanhoso

Fonte: Chiarini e Donzelli (1973)

A Equação 3 apresenta o cálculo do Coeficiente de Rugosidade (RN), conforme proposto por Rocha (1997):

$$\mathbf{RN = Dd \times H} \quad (3)$$

Onde:

RN = Coeficiente de rugosidade (Adimensional);

Dd = Densidade de drenagem (Km/Km²); e,

H = Declividade média (%).

Tabela 3. Bacias e respectivos Coeficientes de Rugosidade (RN)

Valor do RN	Classe do RN	Coeficiente de rugosidade (RN)
1,09 até 10,63	A	Agricultura
10,64 até 20,18	B	Pastagem
20,19 até 29,73	C	Pastagem / Florestamento
29,74 até 39,28	D	Florestamento

Fonte: Deamo (2009)

A Equação 4 apresenta o cálculo do Índice de Circularidade (Ic), conforme proposto por Christofolletti (1980):

$$\mathbf{Ic = 4.\pi.A/P^2} \quad (4)$$

Onde:

Ic = Índice de circularidade (adimensional);

A = Área da bacia hidrográfica (ha ou km²);

P = Perímetro bacia hidrográfica (km); = Coeficiente de rugosidade (Adimensional).

Tabela 4. Intervalo de valores para interpretação dos resultados quanto aos índices de forma (IF) e de circularidade (Ic)

Índice de forma (IF)	Índice de circularidade (Ic)	Formato da bacia	Tendência a enchente
> 0,75	1,00 – 0,80	Circular	Alta
0,75 – 0,50	0,80 – 0,60	Ovalada	Média
0,50 – 0,30	0,60 – 0,40	Oblonga	Baixa
< 0,30	< 0,40	Comprida	Tendência à conservação

Adaptado de Villela e Mattos (1975)

A Equação 5 apresenta o cálculo do Índice de Forma (IF), conforme proposto por Villela e Mattos (1975):

$$IF = A/L^2 \quad (5)$$

Onde:

IF = Índice de forma (adimensional);

A = Área da bacia hidrográfica (ha);

L = Comprimento do eixo da bacia (Km).

A Equação 6 apresenta o cálculo do Coeficiente de Compacidade (Kc), conforme proposto por Villela e Mattos (1975):

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

Onde:

Kc = Coeficiente de compacidade (adimensional);

P = Perímetro da bacia hidrográfica (Km);

A = Área da bacia hidrográfica (Km²).**Tabela 5.** Intervalo de valores para interpretação dos resultados do Coeficiente de Compacidade (Kc)

Coeficiente de compacidade (Kc)	Formato da bacia
1 – 1,25	Redondas ovaladas
1,25 – 1,50	Ovaladas
1,5 – 1,70	Oblongas

Adaptado de Villela e Mattos (1975)

A Equação 7 apresenta o cálculo da Extensão do Percurso Superficial (EPS), conforme proposto por Horton (1945):

$$EPS = (1/2 \cdot Dd) \cdot 1000 \quad (7)$$

Onde:

EPS= Extensão de Percurso Superficial (m);

Dd = Densidade de Drenagem (Km/Km²).

A Equação 8 apresenta o cálculo dos Gradientes de Canais (GC), conforme proposto por Freitas (1952):

$$\mathbf{GC = Hm\acute{a}x/L} \quad \mathbf{(8)}$$

Onde:

GC= Gradiente de canais (%);

Hm^áx = Altitude Máxima (Km);

L= Comprimento do Canal Principal (Km).

A Equação 9 apresenta o cálculo do Índice de Sinuosidade (IS), conforme proposto por Freitas (1952):

$$\mathbf{IS = L/LV} \quad \mathbf{(9)}$$

Onde:

IS= Índice de Sinuosidade (Adimensional);

L = Comprimento do canal principal (Km);

LV = Comprimento vetorial do canal principal (Km).

A Equação 10 apresenta o cálculo da Razão de Relevô (Rr), conforme proposto por Schumm (1956):

$$\mathbf{Rr = Hm/L} \quad \mathbf{(10)}$$

Onde:

Rr= Razão do Relevô (Km/Km)

Hm= Amplitude Altimétrica Máxima (Km);

L= Comprimento do canal principal (Km).

A Equação 11 apresenta o cálculo da Frequência de Rios (Fr), conforme proposto por Horton (1945):

$$\mathbf{Fr = Nt/A} \quad \mathbf{(11)}$$

Onde:

Fr = Frequência de rios (Adimensional);

Nt = Número de rios (quantidade);

A = Área da bacia (Km²).

A Equação 12 apresenta o cálculo do Coeficiente de Manutenção (Cm): área que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem

$$\mathbf{Cm = (1/Dd)x1000} \quad \mathbf{(12)}$$

Onde:

Cm= Coeficiente de manutenção (Km/Km²);

Dd= Densidade de Drenagem (Km/Km²).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados obtidos para a bacia hidrográfica do Córrego da Forquilha, com base na análise morfométrica, mostra que a área da bacia é de 6,32 km² (632 ha). O comprimento total da rede drenagem é de 6,28 Km, com poucos canais de drenagem, num córrego de 2ª ordem e, segundo França (1968), com baixa densidade de drenagem.

Tabela 6. Características morfométricas da microbacia do Córrego da Forquilha, Conchal / SP

Características físicas	Unidades	Resultados
Parâmetros dimensionais da microbacia		
Área (A)	Km ²	6,32
Perímetro (P)	Km	10,80
Comprimento do Rio Principal (C)	Km	5,80
Maior Largura (L)	Km	2,40
Comprimento da Rede de Drenagem Total (Cr)	Km	6,28
Comprimento Axial (LV)	Km	5,00
Comprimento das Curvas de Nível (Cn)	Km	27,29
Características do relevo		
Coefficiente de Compacidade (Kc)	---	1,20
Índice de Forma (IF)	---	0,19
Índice de Circularidade (Ic)	---	0,68
Declividade Média (D)	%	8,60
Altitude Média (Hm)	m	630
Maior Altitude (MA)	m	680
Menor Altitude (mA)	m	580
Amplitude Altimétrica (H)	m	100
Coefficiente de Rugosidade (RN)	---	8,54
Padrões de drenagem da microbacia		
Ordem da Bacia (W)	---	2 ^a
Densidade de Drenagem (Dd)	Km/Km ²	0,99
Coefficiente de Manutenção (Cm)	Km/Km ²	1,01
Extensão do Percorso Superficial (EPS)	m	496,50
Gradiente de Canais (Gc)	%	0,12
Índice de Sinuosidade (Is)	---	1,16
Frequência de Rios (Fr)	---	0,63
Razão de Relevo (Rr)	Km/Km	0,017

Para Villela e Mattos (1975), com o coeficiente de compacidade de 1,20 e índice de circularidade de 0,68, o formato da bacia é caracterizado como redondo para ovalado; significa que têm maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda sua extensão e que possui tendência mediana a enchentes.

A declividade média da microbacia, da ordem de 8,60, permitiu classificá-la com relevo plano ondulado (Chiarini e Donzelli, 1973), apropriada para o uso de pastagens, culturas anuais, podendo ser também exploradas com culturas perenes, que protegem o solo (café, laranja, cana-de-açúcar, leguminosas como forma de adubação verde, etc.) e o coeficiente de rugosidade de 8,54, apresenta aptidão para agricultura (classe A) (Deamo, 2009). Pelo fato da área possuir um relevo plano e solos férteis, a agricultura pode ser mecanizada.

A microbacia do Córrego da Forquilha apresenta 0,63 segmentos de rios a cada Km² da área (frequência de rios). A razão de relevo é baixa, com apenas 0,017 Km de rios por Km de relevo, mostrando que a bacia apresenta pouca declividade geral e pequena vazão.

O valor médio da extensão do percurso superficial mostra que a água percorre 496,50 m em escoamento normal e juntamente com o coeficiente de manutenção de 1,01 Km/Km², indicam existência de solos permeáveis e diminuição na velocidade de escoamento superficial.

A diferença de cotas altimétricas na área de 100 m, sendo considerada baixa, resultando em baixa declividade.

A sinuosidade, um dos fatores controladores da velocidade de escoamento do canal, segundo Freitas (1952), valores < 1,00 indicam canais retilíneos e valores > 2,00, canais sinuosos, ou seja, o Córrego da Forquilha apresenta uma sinuosidade moderada (1,16).

A bacia apresenta 27,29 Km de curvas de nível (Cn), sendo o Cn um reflexo da declividade, conclui-se que a bacia possui pouca declividade.

4. CONCLUSÕES

A velocidade do escoamento da água é reduzida pelo relevo plano ondulado que a área da bacia apresenta e aos bons solos que a compõem.

O fator de forma e a densidade de drenagem, classificados como baixo, permitem inferir que o solo tem alta permeabilidade, alta taxa de infiltração e baixo escoamento de água.

Dados obtidos pelo coeficiente de rugosidade classificaram a bacia com vocação para a Agricultura (Classe A), apropriada para o uso de pastagens, culturas anuais, podendo ser também exploradas com culturas perenes, que protegem o solo.

Os resultados encontrados concluíram que os estudos morfométricos podem servir como base para o planejamento e a gestão de futuros trabalhos.

REFERÊNCIAS

- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S.V. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo (RJ). **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
- CHIARINI, J.J.; DONZELLI, P.L. Levantamento por fotointerpretação das classes decapacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. **Bol. Tec. Inst. Agrônômico**, Campinas, n.3, p.1-29, 1973.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- DEAMO, J.C.M.; VALLE JUNIOR, R.F. do; VIEIRA, D.M.S.; VIEIRA, T.A.; COUTO, R.G.C. Diagnóstico Físico-Conservacionista da microbacia dos córregos Pindaíba, Marimbondo e Tenda, Uberlândia-MG. In: II Seminário Iniciação Científica – IFTM, Uberaba, MG, 2009. **Anais...**Uberaba: IFTM, 2009.
- FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos em Minas Gerais**. Universidade Federal de Viçosa, 1997, 158p.
- FRANÇA, G. V. **Interpretação de bacias e redes de drenagem aplicados a solos da região de Piracicaba (SP)**. 1968. 151p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba / SP. 1968.
- FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, v.11, p.53-57, 1952.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Boletim da Sociedade Geológica da América**, v.56, n.3, p.275-370, 1945.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta topográfica: Conchal (SF-23-Y-A-II-4)**. Serviço gráfico do IBGE, 1974. Escala 1:50000.

MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 1981.

PIRES, J. S. R; SANTOS, J. E; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de Bacia Hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. **Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2005.

QUEIRÓZ, H.A. **Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira (SP)**. 2007. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira / SP. 2007.

ROCHA, J. S. M. **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997, 446p.

SCHUMM, S. A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. *Boletim da Sociedade Geológica da América*, v.74, n.9, p.1089-1100, 1956.

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