

## HIERARQUIZAÇÃO DA REDE FLUVIAL DA SUB-BACIA VAGALUME DO RIBEIRÃO PIRAPÓ – PARANÁ

FERNANDA CRISTINA ARAUJO<sup>1</sup>, ELOY L. DE MELLO<sup>2</sup>, BRUNO B. DA SILVA<sup>3</sup>, GISELE  
M. GOLLIN<sup>3</sup> ANGÉLICA CHINI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, fer.crisaraujo@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Professor doutor do PGEAGRI/CCET, UNIOESTE, Cascavel - PR.

<sup>3</sup> Mestrando em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel- PR.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014 - Campo Grande - MS, Brasil

**RESUMO:** A hierarquia fluvial é um procedimento importante na análise de uma rede de drenagem no âmbito dos recursos hídricos e permite estimar a taxa de bifurcação e a taxa de comprimento, através das 1ª e 2ª Leis de Horton. Desta maneira o presente trabalho objetivou realizar a hierarquia da rede fluvial da sub-bacia Vagalume do Ribeirão Pirapó – Paraná, através do método de Strahler e calcular os valores de taxa de bifurcação e taxa de comprimento. Para tanto se utilizou o software ArcGis 10.1 e adotou-se o modelo digital do terreno (MDT) do projeto Brasil em Relevo (Embrapa). Depois de empregar os métodos disponíveis no software, foram calculados o número de segmentos de rios de 1ª ordem, 2ª ordem, 3ª ordem e 4ª ordem, o comprimento total e o comprimento médio, para encontrar a taxa de bifurcação, que foi 8 entre 3ª/ 4ª ordem, 9,375 entre 2ª/ 3ª ordem e 5,67 entre 1ª/ 2ª ordem e a taxa de comprimento, 4,79 entre 4ª/ 3ª ordem, 2,02 entre 3ª/ 2ª ordem e 0,33 entre 2ª/ 1ª ordem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hierarquia fluvial, Leis de Horton, Strahler.

## HIERARCHY OF FLUVIAL NETWORK OF SUB-BASIN VAGALUME OF RIBEIRÃO PIRAPÓ – PARANÁ

**ABSTRACT:** Fluvial hierarchy is an important procedure to analysis of drainage network in water resources and that allows estimate bifurcation and length rate, through the 1st and 2nd Laws of Horton. Thus, the study aimed do the hierarchy of fluvial network in Vagalume of Ribeirão Pirapó – Paraná sub-basin, through the Strahler method and calculate the values to bifurcation and length rate. For this, was used the ArcGis 10.1 software and adopted the digital terrain model (DTM) from project relief Brazil (Embrapa). By using the methods available in the software, was calculated the segments number of rivers in 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> order, the total and medium length, to find the bifurcation rate, which was 8 in 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup>, 9.375 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup>, and 5.67 in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> order and length rate of 4.79 between 4<sup>th</sup>/3<sup>rd</sup>, 2.02 in 3<sup>rd</sup>/2<sup>nd</sup> and 0.33 in 2<sup>nd</sup>/1<sup>st</sup> order.

**KEYWORDS:** morphometry, watersheds, automatic delineation.

**INTRODUÇÃO:** A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais (TEODORO et al., 2007), pois o sistema fluvial é o grande responsável pelos processos morfogenéticos ativos na escultura da paisagem terrestre, principalmente nas regiões de clima úmido. Dessa forma, pode-se afirmar que os aspectos geomorfológicos e hidrológicos estão diretamente relacionados nas bacias de drenagens pela dinâmica dos processos hidrogeomorfológicos (VESTENA et al., 2011). As análises sobre redes de drenagens tornaram-se consistentes devido às ideias de Horton, o qual desenvolveu um grupo de leis, através da análise morfométrica, chamadas de “Leis da composição de drenagem”, o que contribuiu especialmente na técnica de ordenação de canais. A ordem dos rios é uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia, utilizando um mapa da bacia bem detalhado, nos quais são incluídos todos os canais. São consideradas de primeira ordem as correntes formadas, ou seja, os pequenos canais que não tenham tributários, quando dois canais, de primeira ordem se unem é formado um segmento de segunda ordem; a junção de dois rios de segunda ordem dá lugar a formação de um rio de terceira ordem e, assim, sucessivamente: dois rios de ordem “n” dão lugar a um rio ordem “n + 1” (VILLELA E MATTOS, 1975). Desta maneira, o presente trabalho objetivou realizar a hierarquia da rede fluvial da sub-bacia Vagalume do Ribeirão Pirapó – Paraná, através do método de Strahler, assim como calcular os valores das taxas de bifurcação e comprimento.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado tomando-se por base a área da sub-bacia Vagalume, localizada inteiramente no Estado do Paraná, a qual possui uma área total de 2610 km<sup>2</sup> (ANA, 2009), sendo cerca de 50% da área da bacia hidrográfica do Pirapó. A região apresenta grande variedade de solos, como Latossolo Roxo de alta fertilidade característico de área de basalto, e solos mais arenosos com fertilidade natural característicos do Arenito Caiuá (SEMA, 2010). O SIG utilizado foi o ArcGis 10.1, o qual permite gerenciar bancos de dados georreferenciados e realizar análises espaciais, e bases cartográficas digitais no formato vetorial shapefile (.shp) e matricial raster (.GRID/.TIN). O modelo numérico do terreno (MNT) foi adotado previamente da página da Embrapa (Brasil em Relevo: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/>), formato: GEOTIFF (16 bits); Resolução espacial: 90 metros; Unidade de altitude: metros; Sistema de Coordenadas Geográfica e Datum: WGS-84. O MNT eleito foi o SF-22-Y-D no Brasil em Relevo. A metodologia utilizada no processo de delimitação automática subdividiu-se em quatro etapas, sendo: preenchimento de falhas (“fill sinks”), confecção do mapa de direção de fluxo (“flow direction”), confecção do mapa de fluxo acumulado (“flow accumulation”) e por fim a delimitação automática da sub-bacia de interesse (“Watershed”) (Figura 1).

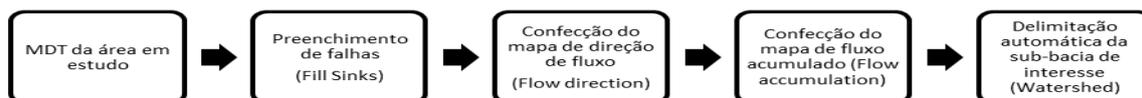


FIGURA 1. Principais etapas realizadas para delimitação de bacias hidrográficas a partir de dados MDT.

A imagem gerada pelo comando foi convertida para as feições de um polígono, através da extensão do GIS, por meio da ferramenta Spatial Analyst e do comando Convert Raster to Features. Primeiramente, utilizando o MDT e a sub-bacia delimitada, extraiu-se o MDT somente para a bacia de interesse utilizando o comando Extraction - Extract by mask. Em seguida, realizou-se a hierarquia fluvial de acordo com a metodologia proposta por Strahler (1952), utilizando a ferramenta Map Algebra - Raster Calculator, entretanto fez-se necessário a conversão da imagem em raster para vetor através da ferramenta Conversion Tools - Raster to Polyline. A 1ª Lei de Horton (Lei do número de canais), a qual define a taxa de bifurcação, e a 2ª Lei de Horton (Lei do comprimento de canais), que define a taxa de comprimento, foram calculadas conforme Equações 1 e 2.

$$R_b = N_\omega / N_{(\omega+1)} \quad (\omega = 1, 2, \dots, \Omega - 1) \quad (1)$$

Em que,

$N_\omega$  é o número de segmentos de ordem  $\omega$  e  
 $\Omega$  é a máxima ordem.

$$RL=L_{(\omega+1)}/L_{\omega} \quad (\omega = 1, 2, \dots, \Omega- 1) \quad (2)$$

Em que,

$L_{\omega}$  é o comprimento médio dos segmentos de ordem  $\omega$  e

$\Omega$  é a máxima ordem.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O limite da área de drenagem extraída automaticamente está representado na Figura 2, juntamente com o rio principal, gerados a partir do MDT. A Sub-bacia hidrográfica Vagalume, resultante da delimitação deste estudo, constitui área de 2583,785 Km<sup>2</sup>, a delimitação automática foi precisa, no caso analisado, devido à diferença ser menos de 0,5% entre a área encontrada e a fornecida pela ANA (2009) (Tabela 1).

TABELA 1. Comparação da área fornecida pela ANA (2009) e a área encontrada por meio da delimitação automática

Área (ANA, 2009)	Área delimitação automática	Diferença
2610 Km <sup>2</sup>	2583,785 Km <sup>2</sup>	0,26%

A sub-bacia hidrográfica Vagalume do Ribeirão Pirapó apresentou grandeza de 4<sup>a</sup> ordem. Na Tabela 2 encontra-se a o número de seguimentos de ordem “n” e seus respectivos comprimentos. As ordens dos canais estão representadas na Figura 1.

TABELA 2. Relação hierárquica, quantidade e extensão de canais da rede de drenagem da sub-bacia Vagalume

Ordem n	Número de segmentos	Comprimento total (Km)	Comprimento médio (Km)
1 <sup>a</sup> ordem	425	1037,20	2,44
2 <sup>a</sup> ordem	75	542,72	7,23
3 <sup>a</sup> ordem	8	116,79	14,59
4 <sup>a</sup> ordem	1	69,88	69,88

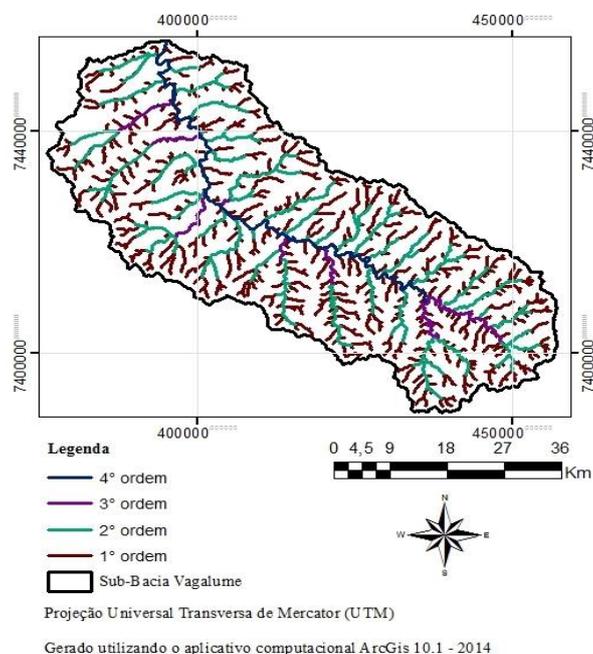


FIGURA 1. Classificação dos rios segundo Strahler para a sub-bacia hidrográfica Vagalume. Analisando as taxas de bifurcação para a sub-bacia Vagalume do Ribeirão Pirapó (Tabela 3), temos que o maior produto do índice de bifurcação foi entre a 2<sup>a</sup> e a 3<sup>a</sup> ordens de 9,375 e o menor valor foi entre 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens de 5,67, segundo Borsato e Martoni (2004). Valores altos podem ser encontrados

em regiões de vales rochosos escarpados, visto que Strahler (1964) apresenta que o valor da taxa de bifurcação varia normalmente entre 3 e 5.

TABELA 3. Taxa de bifurcação para a sub-bacia Vagalume do Ribeirão Pirapó

Relação	Comprimento médio (Km)
3 <sup>a</sup> /4 <sup>a</sup> ordens	8
2 <sup>a</sup> /3 <sup>a</sup> ordens	9,375
1 <sup>a</sup> /2 <sup>a</sup> ordens	5,67

Na Tabela 4 encontram-se as taxas de comprimento para os canais da sub-bacia Vagalume do Ribeirão Pirapó, os valores variam de 0,33 a 4,79. Observando os resultados obtidos para a relação entre o índice de comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, pode-se constatar que não existe uma igualdade entre ambos. Desse modo, os valores encontrados indicam que o tamanho dos canais aumenta quase que progressivamente com a elevação da ordem dos canais, o que também pode ser observado na Figura 1.

TABELA 4. Taxa de comprimento para a sub-bacia Vagalume do Ribeirão Pirapó

Relação	Comprimento médio (Km)
4 <sup>a</sup> /3 <sup>a</sup> ordens	4,79
3 <sup>a</sup> /2 <sup>a</sup> ordens	2,02
2 <sup>a</sup> /1 <sup>a</sup> ordens	0,33

**CONCLUSÕES:** A metodologia aplicada mostra-se adequada e de fácil utilização, podendo ser empregada em estudos de outras localidades. A delimitação automática apresentou precisão compatível com os dados apresentados no inventário das estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA). Utilizando as ferramentas disponíveis no software pode-se verificar a 1<sup>a</sup> Lei de Horton (Lei do número de canais) e a 2<sup>a</sup> Lei de Horton (Lei do comprimento de canais).

## REFERÊNCIAS

- BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and social Sciences**. Maringá, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.
- BRASIL. ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Inventário das estações fluviométricas**. 2 ed. Brasília: ANA; SGH, 2009.
- CHOW, Ven Te (Ed.). **Handbook of applied Hidrology**. New York: McGraw-Hill. p. 4.39-4.76, 1964.
- MAGALHÃES, P. S.; GOMES, A. da S.; SOUZA, C. M. P. de; FERNANDES, E. S. Análise Fisiográfica da Sub-Bacia de Transição do Rio das Contas, Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema**, v. 8, n. 1, p. 26-45, Fortaleza, 2014.
- SEMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Bacias hidrográficas do Paraná**. Curitiba: SEMA, 2010.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (Area-altitude) analysis of erosional topography. *Bull. G.S.A.*, v. 63, p. 1117-1142, 1952.
- STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, n. 20, p. 137-157, 2007.
- VESTANA, L. R.; CHECCHIA, T.; KOBYIAMA, M. Análise morfométrica e geomorfológica da bacia hidrográfica do caeté, Alfredo Wagner/ SC, **Boletim de Geografia**, v. 29, n. 2, p. 93-106, 2011.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, p. 245, 1975.