

CONTROLE LITO-ESTRUTURAL NA ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA BACIA DO RIO TAGAÇABA – PR: ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA REDE DE DRENAGEM.

Renata Adriana Garbossa, UFPR. garbossa@geologia.ufpr.br
Naldy Emerson Canale, UFPR. canali@qwnet.com.br

1 INTRODUÇÃO

As regiões montanhosas são resultantes de quatro tipos gerais de deformações; dobramentos, vulcanismo, ascensão de blocos falhados e ascensão vertical da crosta (PRESS and SIEVER, 1986). Quanto a origem geotectônica da Serra do Mar, no território paranaense está relacionada a ação de uma tectônica rígida Terciária que deixa como expressão fisiográfica um modelado resultante da ascensão de blocos falhados.

A tendência de um ambiente geotectônico de blocos falhados é derivar cadeias montanhosas com vertentes íngremes e paralelo onde o sistema de falhamento foi mais ativo e vertentes mais suaves onde os falhamentos foram menos ativos. (WOHL, 2000).

A influência da geologia sobre os processos e morfologia das vertentes numa bacia hidrográfica tem sido caracterizada pela relação da resistência da massa rochosa como função de suas propriedades de macividade, resistência ao intemperismo, orientação, espaçamento e continuidade dos lineamentos (junturas) e fluxo hídrico subsuperficial. (SELBY, 1980).

Entre as principais características de bacias hidrográficas de regiões serranas pode-se destacar; canais com gradientes elevados, margens resistentes dos canais fluviais com alta rugosidade do leito, fluxo turbulento, regime sazonal de descarga, forte controle geológico na morfologia dos canais e na organização da sua rede hidrográfica.

O objetivo deste estudo é identificar a existência e natureza do controle lito-estrutural na organização espacial da bacia hidrográfica do rio Tagaçaba, uma bacia de região montanhosa. Como é conhecido que as propriedades lito-estruturais do substrato geológico exercem controle sobre a organização espacial da rede de drenagem, quer se avaliar a natureza e intensidade desse controle na organização da rede hidrográfica de uma bacia esculpida em uma área serrana.

Dado que a configuração geomorfológica de uma bacia hidrográfica é determinada e determina um conjunto de relações entre as propriedades do seu ambiente e os processos hidrogeológicos, este estudo pode fornecer uma contribuição para melhor compreender-se o funcionamento de bacias hidrográficas de regiões montanhosas.

A compreensão e/ou identificação do controle estrutural sobre a organização espacial interna de uma bacia hidrográfica, bem como o conhecimento de sua fisiografia, será subsídio para a elaboração de um planejamento e manejo racional dos recursos naturais. O conhecimento desta base de informações contribui na tarefa de melhor planejar as atividades e estimular a ocupação racional de áreas disponíveis, porém pouco desenvolvidas.

O município de Guaraqueçaba está localizado no litoral Norte do Estado do Paraná, e caracteriza-se por apresentar dois setores de relevo bem distintos. Um montanhoso e

escarpado, constituindo parte da serra do Mar. O outro corresponde a planície costeira, entremeados de colinas e morros constituído de terrenos aluviais, ao longo do leito maior dos baixos cursos fluviais, além ilhas costeiras de formações arenosas com alguma elevação em rochas cristalinas.

2 METODOLOGIA

Definiu-se como sendo a área de estudo toda a bacia hidrográfica do Tagaçaba no Município de Guaraqueçaba -PR. Escolheu-se usar a bacia hidrográfica por ser uma bacia de área montanhosa e onde a ação tectônica foi acentuada.

A elaboração do mapa de rede de drenagem foi a partir dos dados extraídos através das cartas topográficas e posteriormente analisados juntamente com as fotografias áreas da referida área de estudo, por conter um maior detalhamento de informações.

Foram levantados materiais bibliográficos e cartográficos, os quais foram analisados, dando desta forma suporte e subsídios para se poder delinear os objetivos propostos.

As cartas topográficas utilizadas foram as folhas de Antonina, Serra Negra e da Virgem Maria, com equidistância de 20 metros entre as curvas de níveis, gerando a confecção de mapa de drenagem em escala acima citada, bem como a carta geológica para um maior detalhamento das informações.

Para o levantamento e análise dos dados da rede de drenagem da área de estudo adotou-se a metodologia de HORTON (1945) e STRALHER (1952), e detalhada na bibliografia de CHRISTOFOLETTI (1974), que desenvolveu a Análise de Bacias Hidrográficas que contempla a análise areal, linear e hipsométrica.

Os dados geológicos bem como os dados morfométricos referentes às análises linear, areal e hipsométrica, utilizadas na pesquisa, foram todas obtidas por meio de mediações elaboradas sobre os mapas confeccionados, tendo como material básico o curvímetero, escalímetro, planímetro e outros materiais. Os dados altimétricos foram obtidos através das cartas topográficas já citadas anteriormente.

Para a caracterização morfométrica da bacia do Tagaçaba foram calculados índices, relações e valores utilizados na interpretação morfométrica, ou seja, a análise morfométrica de bacias hidrográficas inicia-se pela ordenação dos canais fluvial, com a finalidade de estabelecer a hierarquia fluvial. A partir de então, analisam-se os aspectos lineares, areais e hipsométricos.

A partir do mapa topográfico, contendo a rede de drenagem, foram levantados valores como: ordem, número, extensão, perímetro, área, diâmetro e, finalmente diferenças máximas de altitude tanto na área quanto no curso do canal principal. Além destas informações foram efetuados os índices relacionados a morfometria tais como: ordem, nº de segmentos, relação de bifurcação (R_b), comprimento médio dos canais (L_m), relação ponderada de bifurcação (R_{pb}), relação entre o comprimento médio dos canais (R_{lm}) – Bacia do Tagaçaba em Guaraqueçaba.

No levantamento e análise dos dados lito-estruturais adotou-se a metodologia de SOARES E FIORI (1976), que contempla a lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Além disso, utilizou-se o Sistema de Informação

Geográfica - SIG - Spring, para a sobreposição de imagens e mapas cuja finalidade é o cruzamento de informações a partir da digitalização dos mesmos.

Posteriormente identificaram-se as principais feições geomorfológicas, como os divisores de água, tipos de topos, vertentes e vales, formas de encostas.

A confecção dos perfis topográficos, tanto longitudinais quanto transversais, foi realizada a partir das cartas topográficas citadas anteriormente, tendo como finalidade inter-relacionar com a hidrografia, geologia e geomorfologia. Os dados altimétricos foram obtidos em cartas topográficas acima citadas, efetuados no programa CAD e SPRING.

Para a distribuição das direções de fraturamento, e traços de foliação e fratura tanto da bacia do Tagaçaba utilizou-se as fotografias aéreas, onde traçou-se os alinhamentos, os traços de fratura e os traços de foliação. Posteriormente, da bacia do Tagaçaba (bacia principal) e das sub-bacias que são Rio do Anta, Rio Brumado, Rio do Cedro, Rio Capivari, Rio Potinga, Rio Trancado e Rio Guaípe.

Para se obter o direcionamento dos alinhamentos, dos traços de fratura e foliação usou-se a carta de drenagem retirando os dados e posteriormente obteve-se as direções, através do programa Stereo Net, sendo que os mesmos foram analisados a partir da bibliografia de SOARES E FIORI (1976).

3 RESULTADOS OBTIDOS

A bacia do Rio Tagaçaba no município de Guaraqueçaba segundo a sua magnitude hierárquica corresponde a uma bacia de 6ª ordem com uma área de drenagem de 291,62 km², e um eixo de 25,03 km. O levantamento do número de canais da referida bacia resultou em 321 rios de primeira ordem, 74 de segunda ordem, 16 de terceira ordem, 04 de quarta ordem, 02 de quinta ordem e 01 rio de sexta ordem. Possui uma densidade de drenagem de 1,8 km/km² e uma densidade hidrográfica de 1,1 rios/km². CANALI et al. (1998, p.142) ao estudarem 29 bacias afluentes da Baía de Paranaguá, encontraram valores de Dd entre 1,56 e 2,72 km/km², enquanto que para Dh os valores foram de 1,3 a 4,42, sendo que estes sistematicamente sempre foram maiores que os de Dd. Quando o valor de Dd. é superior ao de Dh, denota um acentuado controle estrutural, alongando os comprimentos dos canais, o que reflete num menor número de canais, porém com comprimentos mais elevados.

A forma da bacia foi calculado pelo Fator Forma-Ff - cujo valor ficou em 0,46, sendo caracterizada como uma bacia de forma circular. CHRISTOFOLETTI (1974) menciona que o índice de forma representa a relação existente entre o perímetro da bacia e a área que possui. Ainda segundo o autor acima citado o índice forma K=1,0 menor que (um), corresponde a uma bacia circular. Quanto mais o valor encontrado se afastar da unidade mais diferente do círculo será a bacia.

No que se refere ao gradiente do canal principal é de 3,35% ou 33,13 m/km e uma relação de relevo de 6,31%, ou 63,11 m/km. Wohl (2000, p.46) refere valores entre 1,50% e 6,80% para a Relação de Relevo em bacias de 5ª e 6ª ordens. CANALI et al. (1998, p.142) ao estudarem a Relação de Relevo de 29 bacias afluentes da bacia de Paranaguá, encontraram valores entre 2,8% a 11,93%. O comprimento do rio principal possui 46 km e sua amplitude altimétrica entre a altitude da foz e a altitude do ponto mais alto do divisor topográfico é de 1524 metros (mínima de 06 e máxima de 1530 metros). Estes valores

indicam a rápida concentração do runoff e o alto coeficiente de energia das bacias de drenagem das áreas montanhosas. Deve-se observar a diferença entre os valores do gradiente das encostas em relação aos do talvegue, o que demonstra o alto potencial erosivo nas encostas, daí a importância da preservação da vegetação da Mata Atlântica.

Em relação à textura topográfica obteve-se o índice de 2,756, sendo que tanto TOLENTINO E ALLI (1968) in CHRISTOFOLETTI (1974) consideram a textura topográfica como indicadora do estágio erosivo de uma determinada região.

Quanto às formas de vales, observa-se que as nascentes estão encaixadas em vales em formas de V, (geralmente os vales em formas de V, são rios que tem grande força erosiva), e no conjunto da bacia em tela aparecem vales assimétricos, contudo outras formas encontram-se na bacia do Tagaçaba porém de forma aleatória e não conjunta.

A bacia do rio Tagaçaba está esculpida em rochas do Pré-Cambriano, onde ocorrem predominantemente os migmatitos e granitos. Subsidiariamente há a presença de diques de diabásio, micrograbro e microdioritos e microgranitos do Jurássico-Cretáceo. Os depósitos do Quaternário (colúvios, aluviões e depósitos de tálus) também são expressivos nas baixas encostas e área da Planície Costeira. Os eventos tectônicos que deram origem ao sistema de blocos falhados deixaram registradas as linhas de controle da drenagem atual, representado pelo diagrama de rosetas baseado nas orientações dos trechos fluviais da rede de drenagem, que corresponde ao padrão de fraturamento das rochas nas direções dominantes de N30-40W e N30-45E.

Os padrões de drenagem paralelo e retangular da bacia do Tagaçaba refletem a influência lito-estrutural nos canais de 4^a a 6^a ordens, como, por exemplo, nas sub-bacias dos rios Cordeiro e Capivari, na junção do rio da Anta com os rios do Cedro e Trancado, ou ainda no alto curso do rio Tagaçaba. Este tipo de drenagem localiza-se em áreas onde há a presença de vertentes com declividades acentuadas ou onde existam controles estruturais. Na margem direita em relação à bacia principal, nos altos curso dos rios Brumado, Cedro e Trancado, observa-se o padrão de drenagem arborescente ou dendrítica. Este padrão de drenagem desenvolve-se, sobretudo, em rochas de resistências uniformes. A presença de confluências de ângulos retos, no padrão dendrítico constitui anomalia que freqüentemente pode ser atribuída aos fenômenos tectônicos, o que traduz um controle litológico. O comportamento da estruturação da rede de drenagem em relação ao substrato geológico é também confirmado pelos índices morfométricos das leis hortonianas, ou seja, os canais até 3^a ordem apresentam um fraco controle, ou ausência de controle estrutural, enquanto que este controle aparece nos índices dos canais de 4^a ordem acima, principalmente no desenvolvimento dos comprimentos dos canais, conforme quadro a seguir.

Ordem	Nº de Segmentos de canais	Relação de Bifurcação - Rb	Comp. Médio dos Canais -Lm (compr. total dos canais/Nº de canais)	Rel. entre Comp. Médio Canais - Rlm	Nº teórico de canais e de compr. Médios de canais
1 ^a	321		$296\ 725.78/321=924.38$		321 924,38
2 ^a	74	4,34	$90\ 428.49/74=1\ 222.01$	1,32	74,13 1621,81
3 ^a	16	4,62	$36\ 245.42/16=$	1,85	17,12

			2.265,34		2754,23
4 ^a	04	4,00	$53\ 557,59/04=$ 13389,40	5,91	3,95 4570,88
5 ^a	02	2,00	$11\ 578,20/02=$ 5 789,10	0,43	0,91 7585,78
6 ^a	01	2,00	$9\ 499,38/01=$ 9 499,38	1,64	0,21 12882,50
TOTAL	418		498 034,86 m		

Relação de bifurcação ponderada - $R_{bp} = 4,33$

Relação dos comprimentos médios ponderada - $R_{lmp} = 2,42$

Obs: os Números teóricos dos comprimentos médios foram calculados por regressão linear.

Horton (1945) formulou as leis da composição da drenagem utilizando formulando séries geométricas em relação ao número de canais de uma rede hidrográficas, bem como os comprimentos médios desses canais.

A lei do número dos canais significa que numa determinada bacia hidrográfica a soma do número de canais de cada ordem forma uma série geométrica inversa, cujo primeiro termo é a unidade da primeira ordem e a razão é a relação de bifurcação, obtida dividindo-se o número total de canais de uma ordem pelo número total de canais da ordem imediatamente superior. Assim quando o logarítimo do número de canais é lançado graficamente em relação ordem, ocorre uma relação linear entre ambas as variáveis. Strahler (1952) destaca que os valores característicos da relação de bifurcação ocorrem entre 3,0 e 5,0.

Da mesma forma, a lei dos comprimentos médios dos canais de uma determinada bacia hidrográfica ordena-se segundo uma série geométrica direta, cujo primeiro termo é o comprimento médio dos canais de primeira ordem e a razão é a relação entre os comprimentos médios, obtida através da divisão da soma dos comprimentos médios dos canais de determinada ordem pela soma dos comprimentos médios da ordem imediatamente inferior. Os valores entre os comprimentos médios ocorrem entre 1,5 e 3,5. Também para esta lei ocorre uma relação linear entre as variáveis quando os seus valores são lançados em um gráfico monolog.

Em relação à composição da rede drenagem, segundo as leis hortonianas, o pressuposto é que quando os valores encontrados formam as séries geométricas preconizadas, sem grandes desvios, isto significa que o substrato geológico tem pouca influência no controle da estruturação de rede de canais. E, ao contrário, quando ocorrem distorções significativas na composição das séries geométricas, estes desvios são devidos a um controle lito-estrutural.

Quando se projetam os valores teóricos do número de canais em relação aos valores encontrados, verifica-se que o controle estrutural não é muito significativo nos canais das ordens inferiores e somente a partir da relação da 4^a para 5^a ordem é que se manifestam os maiores distúrbios na composição da rede hidrográfica.

Na rede hidrográfica em estudo, o controle do substrato geológico é bastante notório no desenvolvimento dos comprimentos médios dos canais de 4ª ordem, onde ocorre um distúrbio muito significativo, pois os comprimentos médios destes canais estão muito acima dos valores esperados. Este fato gera uma falsa projeção dos canais das ordens superiores, que deveriam ser mais desenvolvidos, mas não tanto quanto os valores teóricos apontam.

4 CONCLUSÃO

As análises geomorfológicas no Brasil têm feito pouco uso da metodologia da análise morfométrica de redes de drenagem que parecem dar bons resultados, tanto para classificação e regionalização de bacias hidrográficas, quanto para a compreensão da influência do controle lito-estrutural, como também dos processos hidrológicos e hidrogeográficos.

O estudo de bacias fluviais de regiões de montanhas é um assunto relevante, na medida em que, o comportamento de tais sistemas processa um intenso fluxo de matéria e energia, o que significa dizer, gera ambientes de alta instabilidade, portanto dignos de manejos adequados.

Os resultados do presente trabalho permitiram verificar a associação de processos hidrogeomorfológicos ao controle lito-estrutural representados na estruturação das redes de drenagem.

REFERÊNCIAS

- CANALI, N. E; OKA-FIORI, C.; GUEDES, J. A . Propriedades físicas das bacias hidrográficas das baías de Antonina e Paranaguá-PR. **Anais do I Forum Geo-Bio-Hidrologia**, Curitiba, Out. 1998, 136-143.
- CHRISTOFOLETTI, A . **Geomorfologia**. São Paulo, Ed. Edgar Blucher, 1974.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and drainage hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bull. Geol. Soc. America**, 56 (3) 275-370, 1945.
- PRESS, F.; SIEVER, R. **EARTH**. 4ed., San Francisco, W.H. Freeman and Co. 1986.
- SELBY, M. J. **Hillslopes materials and process**. Oxford, Oxford Univ. Press, 1982.
- SOARES, P.C. & FIORI, A. P. Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. **Not. Geomorfológica**, Campinas, v. 16, n. 32, p. 71 - 104, 1976
- STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. **Geol. Soc. Of America Bull.** 63, 923-938, 1952.
- WOHL, E. **Mountain Rivers**. Washington, DC, Am. Geophysical Union, 2000