

O SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO MATINHOS: UMA ANÁLISE MORFOMÉTRICA

*Morphometrical analysis of the hidrographical
Matinhos-PR river complex*

José Rogério MILANI¹
Naldy Emerson CANALI²

RESUMO

Este artigo consiste na caracterização do tipo de drenagem do Município de Matinhos situado no litoral sul paranaense, com o objetivo de discutir a aplicação da análise morfométrica de bacias hidrográficas em sistemas de drenagem complexos, como é o caso de áreas costeiras com altas taxas de ocupação antrópica.

Palavras-chave: análise morfométrica, bacia hidrográfica, litoral paranaense, Matinhos, sistema hidrográfico.

ABSTRACT

This article consist to characterize the drainage type of the Matinhos Region in the South Coastal Paraná State, aiming the application of the morphometrics measurements in complex drainage basins, as it is the case of coastal areas with high taxes of antropic occupation.

Key-words: morphometrical analysis, hydrophical basin, Parana's litoral, Matinhos, hydrographical system.

¹ Geógrafo. Aluno do Curso de Mestrado em Geografia da Universidade Federal do Paraná.

² Doutor em Geografia. Professor Sênior do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná.

INTRODUÇÃO

O sistema hidrográfico do Rio Matinhos situado no município de Matinhos, litoral do Estado do Paraná é um sistema hidrográfico complexo, dado pela interação entre os ambientes continental e marinho e destes com elevada taxa de intervenção antrópica, tanto sobre a rede hidrográfica, quanto sobre a linha de costa. Trata-se de um sistema de drenagem independente das baías de Paranaguá e Guaratuba, ou seja, drena suas águas diretamente no oceano. Apesar de representar uma área pouco significativa em superfície, sua importância se deve ao seu alto coeficiente de energia hidrodinâmica, dado pelos sistemas continental e oceânico, além da alta taxa de urbanização. Matinhos, em 1991, possuía uma população de 11 318 habitantes, sendo 10 860 urbana e 458 rural. Em 2000, passou para uma população total de 27 628 habitantes, sendo 27 452 urbana e apenas 176 rural.(PARANÁCIDADE, 2000).

A orla marinha da planície costeira paranaense foi caracterizada por BIGARELLA (1946 e 1978), MAACK (1968) e ANGULO (1992) como constituída predominantemente por sedimentos arenosos, de origem flúvio-marinha, pleistocênicos e holocênicos. Esses autores caracterizam a Serra do Mar, como um sistema de blocos falhados originados no Terciário, a partir da estrutura Pré-Cambriana do embasamento cristalino brasileiro que, em determinados pontos, atinge altitudes superiores à 1500 m sobre o nível do mar.

A urbanização intensa e voltada para um turismo sazonal de segunda residência sobre uma área ambientalmente frágil tem resultado num processo rápido de degradação ambiental do sítio urbano de Matinhos, incluindo suas praias. Na perspectiva das práticas espaciais de CORRÊA (1992), trata-se de uma área sujeita a um processo de marginalização espacial que na atualidade ali se instala e merece estudos geográficos capazes de minimizar seus impactos.

CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO MATINHOS/PR

O sistema hidrográfico do Rio Matinhos, com uma área de 33 km², é composto por ambientes estuarinos, na Planície Litorânea e, por pequenas bacias hidrográficas, principalmente oriundas da região da Serra da Prata. Estamos designando de “*Sistema Hidrográfico do Rio Matinhos*”, visto que não se trata mais de uma bacia hidrográfica convencional, pois a rede hidrográfica do Rio Matinhos foi retilinizada e

ampliada pelo prolongamento dos seus canais de primeira ordem, bem como articulada à drenagem de pequenas bacias que drenavam para o sul na região de Caiobá, além de sua interação com o sistema oceânico, através do ambiente estuarino de sua foz (figura 1).

CHRISTOFOLETTI (1980, p. 102) define a bacia hidrográfica como: “uma área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. A quantidade de água que atinge os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração.” Sobre o estuário, GUERRA (1997, p. 258) caracteriza como sendo “as porções finais de um rio, estando sujeitos aos efeitos das marés. Por conseguinte, o estuário de um rio é a parte vizinha da costa invadida pelas marés, correntes e vagas.”

A desembocadura do rio Matinhos pode ser definida como um micro estuário, pois sofre os efeitos das ondas e marés até alguns quilômetros de sua desembocadura, o que a caracteriza como um estuário.

O aporte hídrico ao sistema Rio Matinhos é dado tanto pela contribuição marinha, através do micro estuário de Matinhos e mais duas ligações com o oceano (figura 1), como também pela entrada continental oriunda das precipitações pluviométricas que são da ordem de 2000 mm/ano (PARANÁ, 1998). Como o coeficiente médio de evapotranspiração para as bacias litorâneas é de 58% (BRASIL/MMA, 1994) resulta que o índice médio de drenagem é da ordem de 840 mm/ano. Parte importante dessa drenagem origina-se da vertente leste da Serra da Prata, com características de pequenas micro bacias, as quais proporcionam um ambiente de alta energia. Esta energia é transmitida pelos canais fluviais à planície costeira e à praia que interagem com as intervenções antrópicas, como retificação e articulação artificial dos canais. Tendo em vista a disponibilidade de energia proporcionada pelo relevo da Serra da Prata, bem como pela impermeabilização urbana, ampliação dos canais de primeira ordem e a retificação dos rios de acordo com o traçado urbano dos loteamentos. Resulta que esta conjugação de fatores leva a uma intensificação dos processos erosivos. A retificação e junção artificial dos rios da região de Caiobá, ao sul, com o sistema hidrográfico do rio Matinhos, ao norte, facilitado pela planura e composição do terreno, permitiram que o atual sistema hidrográfico apresente três desembocaduras junto ao oceano, descaracterizando completamente seu quadro natural de drenagem, impossibilitando uma classificação hierárquica de alguns segmentos hídricos do sistema.

LOCALIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO MATINHOS

Visto tratar-se de um sistema hidrográfico complexo, o objetivo deste trabalho é o de caracterizar o comportamento e a resposta das propriedades geomorfológicas da “bacia”, mediante uma análise morfométricas dos seus principais parâmetros físicos. Desta forma, são analisados alguns parâmetros morfométricos, visando sua aplicabilidade neste tipo de sistema hídrico, bem como, auxiliar na compreensão das transformações ambientais associadas aos processos erosivos resultantes.

Os parâmetros analisados foram: comprimento médio dos canais de cada ordem, densidade de drenagem, densidade hidrográfica, amplitude altimétrica, cálculo da cota máxima, relação de relevo do complexo hidrográfico, gradiente do canal principal.

Quanto a ordem de hierarquização dos segmentos hídricos, devem ser tomadas as devidas precauções em relação à sua classificação, podendo os rios com nascentes em altitudes mais elevadas serem classificados normalmente utilizando a proposta de HORTON³ ou STRALLER⁴, citados por CHRISTOFOLETTI (1980). Os rios de planície podem ser subdivididos em dois grupos: a) os que se encaixam na classificação hierárquica já mencionada; b) os que estão sob influência direta das marés. Estes seriam rios com menor importância em relação à principal desembocadura do sistema, possuindo comunicação com o oceano, geralmente caracterizando processos de alterações antrópicas.

OS RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados da análise morfométrica, dando-se ênfase à peculiaridade de uma área em ambientes litorâneos complexos, visando testar este tipo de análise nas condições mencionadas.

Os dados morfométricos:

Área da bacia	33,0 km ²
Perímetro da bacia	39,2 km
Ponto de maior altitude	455 m
Ponto de menor altitude	0 m

³ HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. America Bulletin*, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

⁴ STRALLER, A. N. Dimensional analysis applied to fluvial eroded landforms. *Geol. Soc. America Bulletin*, v. 69, p. 279-300, 1958.

Número de canais de primeira ordem	8
Número de canais de segunda ordem	3
Número de canais de terceira ordem	1
Número de canais com influência direta das marés	2
Comprimento das canais de primeira ordem	24,05km
Comprimento dos canais de Segunda ordem	5,9 km
Comprimento dos canais de terceira ordem	1,5 km
Comprimento dos canais com influência direta das marés	1,95 km

CÁLCULO DOS ÍNDICES:

COMPRIMENTO MÉDIO DOS CANAIS DE CADA ORDEM (CMC)

De acordo com CHRISTOFOLETTI (1980) esta medida pode ser obtida através do seguinte cálculo:

$$C_{mc} = \frac{C_n}{N_n}$$

onde C representa o comprimento dos canais de cada ordem e N o númeroⁿ de canais de cada ordem.

O mesmo cálculo pode ser aplicado para se obter o comprimento médio dos canais com influência direta das marés.

Para os canais de primeira ordem, obteve-se o seguinte resultado:

$$C_{mc} = \frac{24,05 Km}{8} = C_{mc} = 3,01 Km;$$

para os canais de segunda ordem:

$$C_{mc} = \frac{5,9 Km}{3} = C_{mc} = 1,96 Km;$$

para os canais de terceira ordem:

$$C_{mc} = \frac{1,5 Km}{1} = C_{mc} = 1,5 Km;$$

E para os canais com influência direta das marés:

$$C_{mc} = \frac{1,95Km}{2} = C_{mc} = 0,98Km.$$

Observa-se que há um desequilíbrio na relação entre os comprimentos médios dos canais de primeira e demais ordens. Além disso, não há uma progressão geométrica direta no aumento dos comprimentos médios, conforme propõe a segunda lei hortoniana da composição da drenagem, ao contrário, os comprimentos médios decrescem com o aumento da ordem. Este comportamento revela o resultado do prolongamento dos canais de primeira ordem, pois em condições naturais eles tenderiam a ser mais curtos.

DENSIDADE DE DRENAGEM (DD)

De acordo com CHRISTOFOLETTI (1980, p. 116) a densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área drenada.

No complexo hidrográfico aqui analisado, para a utilização deste parâmetro, efetuaram-se as seguintes observações: a) quando o oceano fornece água através das elevações do nível das marés para o continente, os fluxos dos rios invertem-se, ou permanecem estagnados até onde existir influência significativa das marés. A descarga das águas continentais, ou a drenagem para o oceano, neste sistema hidrográfico, não se dá de forma contínua, sendo regulada pelas amplitudes das marés; b) além da soma total dos comprimentos das ordens envolvidas, deve ser considerada também a soma total dos comprimento dos canais com influência direta das marés que não permitem uma classificação hierárquica.

CHRISTOFOLETTI (1980) menciona que a densidade de drenagem pode ser obtida através da seguinte expressão:

$$Dd = \frac{N}{A}$$

onde N representa a soma total dos comprimentos entre as ordens envolvidas e A representa a área de drenagem.

Considerando os canais com influência direta das marés, o cálculo apresenta-se da seguinte forma:

$$Dd = \frac{N + N_1}{A}$$

onde, N representa a soma total dos comprimentos dos canais com influência direta das marés. O resultado deste cálculo não difere do obtido pela expressão anterior, e permite sua aplicação em áreas onde não seja possível hierarquizar todos os segmentos hídricos.

Para a área em análise obteve-se o seguinte resultado:

$$Dd = \frac{31,45 \text{ Km} + 1,95 \text{ Km}}{33 \text{ Km}^2} \quad Dd = 1,01 \text{ Km} / \text{Km}^2.$$

A densidade de drenagem reflete a propriedade de transmissibilidade do terreno e consequentemente a suscetibilidade a erosão. Uma área com um índice elevado de densidade de drenagem é resultante da baixa transmissibilidade do terreno e portanto mais sujeita a erosão. CANALI et al. (1998) analisando 29 bacias hidrográficas litorâneas que drenam para as baías de Antonina e Paranaguá, encontraram índices de densidade de drenagem variando entre 1,32 e 2,72, com um coeficiente de variação de 20%. Portanto o índice encontrado de 1,01 pode ser considerado como de baixa densidade de drenagem e elevada transmissibilidade, ou seja, o terreno apresenta um bom grau de infiltração.

DENSIDADE HIDROGRÁFICA (DH)

CHRISTOFOLETTI (1980, p. 115) refere que a densidade hidrográfica é resultante do “número de rios ou cursos de água em relação a área da bacia hidrográfica,” ou seja, quantos rios existem por KM^2 em uma dada bacia hidrográfica.

A densidade hidrográfica pode ser obtida através da seguinte expressão:

$$Dh = \frac{N}{A}$$

onde N corresponde ao número total de canais e A representa a área de drenagem total.

Para o sistema hidrográfico em análise, obteve-se o seguinte resultado;

$$Dh = \frac{10}{33Km} = Dh = 0,33 \text{ rios / Km.}$$

Este índice tende a refletir mais ou menos as mesmas propriedades que o antecedente, porém dá uma idéia mais clara sobre os processos de controle no desenvolvimento da rede hidrográfica, quer sejam naturais, quer sejam artificiais. CANALI (1998) encontraram índices de Dh entre 1,3 e 4,42 que se comparados a 0,33 deixa evidente a intervenção antrópica no sistema analisado. Ao se prolongar artificialmente os canais de primeira ordem, aumenta-se a área da bacia, mas não aumenta-se o número de canais, apenas o comprimento total dos mesmos. Em redes de canais naturais, sem controle estrutural, este índice é sempre superior ao de densidade de drenagem. No presente caso o controle é devido a intervenção antrópica.

AMPLITUDE ALTIMÉTRICA (HM)

De acordo com CHRISTOFOLETTI (1980, p. 119) a amplitude altimétrica máxima é representada pela diferença entre o ponto mais elevado e a desembocadura do canal principal.

A *Hm* do sistema hidrográfico em análise foi obtida através da diferença entre o ponto mais elevado (455 m – morro do Cabaraquara) e o de menor elevação (0 m – desembocadura do rio Matinhos, junto à praia) desta forma a amplitude obtida foi igual a maior altitude, ou seja, 455 m.

CÁLCULO DA COTA MÁXIMA (CM)

CHRISTOFOLETTI (1980, p. 119) menciona que este cálculo corresponde a “média resultante dos pontos mais elevados entre os canais de primeira ordem do trecho superior da bacia considerada”.

Na área estudada, para o cálculo da *Cm* foram somados os oito pontos mais elevados da parte superior do complexo cristalino da Serra da Prata, extraindo-se sua média e obtendo-se o resultado de 315m.

RELAÇÃO DE RELEVO DO COMPLEXO HIDROGRÁFICO (RR)

SCHUMM⁵, citado por CHRISTOFOLETTI (1980, p. 120) considera esta relação como “o relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima de uma bacia e a maior extensão da referida bacia, medida paralelamente a principal linha de drenagem.” Como existem várias propostas para estabelecer o comprimento da bacia, aconselha-se a utilização do “diâmetro geométrico da bacia”, ou o comprimento do principal curso d’água.

Tendo em vista seu formato irregular, adotou-se para o sistema hidrográfico em análise seu comprimento ao longo do principal segmento hídrico, ou seja, do rio Matinhos.

De acordo com o autor mencionado, esta relação pode ser obtida através da seguinte fórmula:

$$Rr = \frac{Hm}{Lb}$$

onde, Hm representa a amplitude topográfica máxima e Lb o comprimento do sistema hidrográfico ao longo do principal curso hídrico.

Para o sistema hidrográfico em análise, este cálculo pode ser empregado de duas maneiras, uma considerando a área como um todo e outra subdividindo-a em duas partes distintas, região serrana e planície costeira.

Para o cálculo da Rr do setor de planície foi utilizado a altitude mencionada por BIGARELLA (1946, 1978), o equivalente a 8 m, próximo ao Tabuleiro e Sertãozinho. Para o setor serrano os dados foram extraídos da folha topográfica de Guaratuba (SG.22-X-D-V-4).

Considerando o sistema hidrográfico como um todo, obteve-se o seguinte valor para esta relação:

$$Rr = \frac{455 m}{4000 m} = Rr = 0,114 , \text{ ou } 114 m/Km.$$

Na análise com o sistema hidrográfico subdividido em duas regiões distintas obteve-se os seguintes resultados: para a região serrana

⁵ SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. *Geol. Soc. America Bulletin*, v. 67, p. 597-646, 1956.

$$Rr = \frac{447 \text{ m}}{1250 \text{ m}} = Rr = 0,358, \text{ ou } 358 \text{ m/Km, ou } 36\%;$$

e para a região de planície

$$Rr = \frac{8 \text{ m}}{2750 \text{ m}} = Rr = 0,0030, \text{ ou } 3 \text{ m/Km, ou } 0,29\%.$$

Transformando-se estes valores em porcentagem, observa-se que 99,17% da inclinação total do relevo da área em análise encontra-se situado na região serrana, enquanto, apenas 0,83% deste encontra-se na região de planície. Através deste parâmetro observa-se que a região serrana representa um relevo de alta energia quando comparado com a planície em seu sopé, desta forma, a energia é repassada diretamente da serra para a planície, através dos rios, os quais, retilinizados artificialmente, estão sujeitos a atuação de processos erosivos severos.

CANALI (1998) encontraram índices de Rr entre 2,03 e 11,93%; 9,68% para bacias com áreas de dimensões parecidas e relevo acidentado e 2,03% para relevo suave. No setor montanhoso do Sistema Matinhos portanto, a Rr é bem superior a esta média e, ao contrário ocorre no setor de planície.

GRADIENTE DO CANAL PRINCIPAL (GCP)

CHRISTOFOLETTI (1980, p. 112) menciona que “o gradiente dos canais vem a ser a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo segmento fluvial. A sua finalidade é indicar a declividade dos cursos de água, podendo ser medido para o rio principal e para todos os segmentos de qualquer ordem”. Este parâmetro reflete o potencial de energia no canal fluvial.

Este gradiente pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$G_{cp} = \frac{A_{cp}}{C_{cp}} 1000$$

onde, A_{cp} representa a amplitude altimétrica do canal principal, C_{cp} o comprimento do canal principal e 1000 representa a unidade de transformação em m/Km.

Considerando o sistema hidrográfico como um todo obteve-se:

$$G_{cp} = \frac{190}{4350} 1000 = g_{cp} = 43,68 \text{ m / Km, ou } 4,37\%.$$

Subdividindo o sistema hidrográfico em setor serrano e de planície, obtém-se para o primeiro o seguinte resultado:

$$G_{cp} = \frac{190}{950} 1000 = G_{cp} = 200 \text{ m / Km, ou } 20\%.$$

e para a segunda:

$$G_{cp} = \frac{8}{3400} 1000 = G_{cp} = 2,35 \text{ m / Km, ou } 0,23\%.$$

Comparando-se os resultados obtidos percebe-se que o maior gradiente do rio Matinhos encontra-se na Serra da Prata, representando 98,84% do total da inclinação, enquanto apenas 1,16% desta, encontra-se no setor de planície.

Comparando a R_r com G_{cp} pode-se avaliar o grau de incisão dos canais fluviais, ou o grau de dissecação do relevo. Quanto maior for a diferença entre ambos, maior será o grau de entalhamento do canal, ou dissecação do relevo. No presente caso em que, para o setor serrano, o R_r é de 36% e o G_{cp} é de 20% verifica-se que o índice de entalhamento do canal é 16%, ou seja o leito do canal principal é muito encaixado, desenvolvendo vertentes íngremes, portanto suscetíveis a erosão, quando desmatadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da análise morfométrica facilita a compreensão 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, pode-se setorizar os seus elementos e identificar à participação isolada de cada um.

A análise morfométrica do Sistema Hidrográfico do Rio Matinhos apresentou os resultados preliminares do diagnóstico ambiental da área, permitindo identificar as diferenças de comportamento entre dois setores distintos – serrano e de planície, além das alterações dos parâmetros morfométricos da rede hidrográfica devidas à intervenção antrópica.

REFERÊNCIAS

ANGULO, R. J. *Geologia da planície costeira do Estado do Paraná*. São Paulo, 1992. 334 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.

BIGARELLA, J. J. Contribuição ao estudo da planície litorânea do estado do Paraná. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v. 1, p. 95-143, 1946.

BIGARELLA, J. J. et al. *A serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná: um problema de segurança ambiental e nacional*. Curitiba: Gov. Par./ SEPL / ADEA, 1978.

BRASIL/MMA. Plano Diretor para a Utilização dos Recursos Hídricos no Paraná. *Relatório Principal*. 1994. Disponível em: <www.hidricos.mg.gov.br/ufparana> Acesso em 12 mar. 2001.

CANALI, N. E.; OKA-FIORI, C.; GUEDES, J. A. Propriedades Físicas das Bacias Hidrográficas das Baías de Antonina e Paranaguá - PR. In: FÓRUM GEO-BIO-HIDROLOGIA, 1., 1998. *Anais...* [S. l. :s.n.], 1998. p. 136-143.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgar Blüchler, 1980.

CORRÊA, R. L. Corporação, práticas espaciais e gestão do território. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p. 115-121, 1992.

DSG / CODEPAR. *Folha Topográfica da Ilha do Mel*. Rio de Janeiro: [s. n.], 1971. 1 mapa: SG.22-X-D-VI-1. Escala 1:50.000; Lat. 25° 30' - 25° 45'; Long. 48° 15' - 48° 30'. Região Sul do Brasil.

_____. *Folha Topográfica de Paranaguá*. Rio de Janeiro: [s. n.], 1971. 1 mapa: SG.22-X-D-V-2. Escala: 1:50.000; Lat. 25° 30'-25° 45'; Long. 48° 30'- 48° 45'. Região Sul do Brasil.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo dicionário geológico e geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

IBGE. *Folha topográfica de Guaratuba*. Rio de Janeiro: [s. n.], 1992. 1 mapa: Folha SG. X-D-V-4. Escala: 1:50.000 Lat. 25° 45'-26° 00'; Long. 48° 30'-48° 45'; Região Sul do Brasil.

MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. Curitiba: BADEP/UFPR / IBPT, 1968.

PARANÁ/SEMARH/SUDERHSA. *Atlas de Recursos Hídricos do Estado Paraná*. Curitiba, 1998.

PARANÁCIDADE. <prcidade@paranacidade.pr.gov.br> Copyright © 1998 .