

PKS

**PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT**

**REVISTA DE GEOGRAFIA
(UFPE)**

www.ufpe.br/revistageografia

OJS

**OPEN
JOURNAL
SYSTEMS**

AVALIAÇÃO DE TENDÊNCIA A ENCHENTES DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA (SP)

Cristiane Alessandra de Moura ¹

1 - Doutoranda do Programa de Pós-graduação e Geociências e Meio Ambiente - Universidade Estadual Paulista – UNESP-Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Campus Rio Claro -Av. 24-A 1515 – Rio Claro - SP. cristimoura@hotmail.com

Artigo recebido em 31/05/2012 e aceito em 08/09/2013

RESUMO

As enchentes causam sérios impactos econômicos e sociais na sociedade. Com intuito de contribuir no enriquecimento deste assunto, este trabalho buscou caracterizar as bacias hidrográficas pertencentes ao município de Caraguatatuba (SP) - que tem o Rio Juqueriquerê como principal da região - e determinar quais destas possuem maior tendência a enchentes a partir de uma análise morfométrica de bacias. Neste trabalho foram limitadas 15 sub-bacias para as quais foram definidos os cinco parâmetros morfométricos a seguir: densidade de drenagem, densidade hidrográfica, índice de forma, índice de circularidade e índice de sinuosidade. Também foi analisado o perfil longitudinal dos rios que é um importante elemento da geomorfologia fluvial, pois estabelece estágio de equilíbrio hidrológico do rio. Os parâmetros morfométricos foram analisados de forma conjunta tornando possível a identificação das bacias com maior suscetibilidade a enchentes e das 15 bacias analisadas quatro apresentaram as maiores tendências a enchentes ou inundação. A análise morfométrica constitui um importante indicador no diagnóstico de bacias com riscos a inundações.

Palavras-chave: análise morfométrica, inundação, geomorfologia fluvial.

EVALUATION OF THE TENDENCY TO FLOOD OF THE RIVER BASIN IN THE CITY OF CARAGUATATUBA (SP)

ABSTRACT

Floods cause serious economic and social impacts on society. Aiming to contribute to the enrichment of this issue, this study sought to characterize the river basins of the city of Caraguatatuba (SP) - which has the Juqueriquerê as the main river of the region - and determine which of these are more prone to flooding through a morphometric analysis of basins. This work was limited to 15 sub-basins for which the five morphometric parameters below were defined: drainage density, hydrographic density, form index, circularity index and sinuosity index. The longitudinal profile of rivers was also examined for being an important element of fluvial geomorphology because it sets the stage of hydrological balance of the river. The morphometric parameters were analyzed jointly enabling the identification of basins with greater susceptibility to flooding and 15 basins analyzed showed four major trends to flooding or flood. The morphometric analysis is an important indicator in the diagnosis of basins at risk of flooding.

Keywords: morphometric analysis, flooding, fluvial geomorphology.

INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada do espaço urbano e o manejo inadequado das atividades antrópicas acarretam problemas ambientais sérios às cidades e, portanto são essenciais à sociedade estratégias de gestão e diminuição do impacto social, ambiental e econômico provocados por enchentes e alagamentos.

Neste trabalho pretendeu-se caracterizar as bacias hidrográficas pertencentes ao município de Caraguatatuba e determinar entre as 15 bacias delimitadas quais possuem maior tendência a enchentes a partir de uma análise morfométrica de bacias. Conforme Souza (2005), é comum o uso de correlações de parâmetros morfométricos para a determinação de suscetibilidade a inundações e enchentes em bacias hidrográficas, mas essas relações são feitas de forma isolada devido a dificuldade em se estabelecer intervalos genéricos de referência em graus de suscetibilidade. A proposta deste trabalho consistiu numa análise conjunta de cinco parâmetros: Densidade de Drenagem (Dd), Densidade Hidrográfica (Dh), Índice de forma (k), Índice de circularidade (Ic) e Índice de sinuosidade (Is), a partir dos quais foi possível estabelecer graus de tendência a enchentes e inundações destas bacias.

A caracterização morfométrica de uma bacia é uma informação com numerosas aplicações, tais como na modelagem dos processos hidrológicos, de transporte e deposição de poluente e na predição de inundações. A análise morfométrica permite uma análise das características fisiográficas de uma bacia hidrográfica e a compreensão da dinâmica hidrográfica/ambiental da mesma.

A escolha do município de Caraguatatuba para o estudo foi devido ao fato deste ser considerado pelo Cemaden (Centro Nacional de Monitoramento de Desastres Naturais) como um dos cinquenta e seis municípios prioritários para monitoramento de desastres - tais como enchentes ou Movimentos em massa - das regiões Sul e Sudeste do Brasil.

O município de Caraguatatuba no ano de 1967 foi devastado por um dos piores eventos climáticos ocorridos no Brasil. Este evento aconteceu em 18 de março de 1967 e foi chamado de “A Catástrofe”, uma vez que causou enchentes e uma sequência de deslizamentos da Serra do Mar decorrentes de uma anomalia positiva de precipitação que provocou segundo registros jornalísticos da época, a morte de mais de 400 pessoas, além de grandes prejuízos à infraestrutura e à economia local.

Segundo Cruz (1974), este evento foi decorrente de um conjunto de perturbações atmosféricas em diversos níveis e esta relacionados a sistemas frontais que somados às condensações orográficas características do relevo da região geraram elevados índices

pluviométricos provocando o completo encharcamento do solo e, conseqüentemente, o deslizamento em muitas encostas.

Segundo o Plano Preventivo de Defesa Civil para Caraguatatuba o estado de atenção inicia-se no caso do acúmulo de chuvas atingir mais de 120 milímetros em 72 horas, além da previsão de chuvas com tendência de longa duração. No evento climático de 1967 esse acúmulo chegou a 240 mm em menos de 24 horas, após uma sequência de 10 dias consecutivos de chuvas. Esses valores de precipitação registrados foram totalmente discordantes ao registrado nos anos 1966 e 1968, ou seja, tratou-se esse de um evento climático anômalo dentro do contexto regional (Figura 1).

Ao analisar-se o evento de 1967 pode-se afirmar que o impacto de um evento como este poderia ter conseqüências muito piores atualmente devido a crescente urbanização em Caraguatatuba, pois ao invés dos 10 mil habitantes existentes na época do evento, Caraguatatuba possui hoje 100 mil habitantes permanentes dentro de um modelo de crescimento desordenado, com diversas problemáticas como: ocupação em áreas de suscetibilidade à ocorrência de fenômenos naturais extremos, falta de infraestrutura básica, entre outros.

Além do exposto outros fatores potencializadores vêm sendo incorporados ao meio, como a instalação da Unidade de Tratamento de Gás Monteiro Lobato – UTGCA da Petrobras, parte do Plano de Aceleração de Crescimento (PAC) do Plano de Antecipação da Produção e Gás (Plangas) - que aumenta a população residente nas imediações da usina e altera fisicamente a área de instalação como também a geração de emissões atmosféricas que poderão atingir diretamente as encostas da Serra do Mar (CASTRO; SOUZA; PENA, 2010, p. 15).

Os óxidos de enxofre (SO_x) e de nitrogênio (NO_x) em contato com a alta umidade atmosférica típica da região litorânea, poderão formar nuvens orográficas que, muito provavelmente, poderão provocar chuva ácida nas mesmas encostas em que ocorreram os movimentos em massa há 43 anos atrás (CASTRO; SOUZA; PENA, 2010, p. 14).

Sendo assim o presente trabalho pretendeu a partir da análise morfométrica das bacias existentes no município determinar as com maior tendência a enchentes sobe circunstâncias de chuvas extremas. Também foram analisados os perfis longitudinais das bacias para determinação de anomalias topográficas em seu percurso.

ÁREA DE ESTUDO

O município de Caraguatatuba está localizado no litoral norte do estado de São Paulo, possui área de 485 Km², compreende as Folhas Topográficas de Caraguatatuba e São Sebastião

e suas principais vias de acesso são Rodovia Rio - Santos (BR 101/SP 55) e Rodovia dos Tamoios (SP 099).

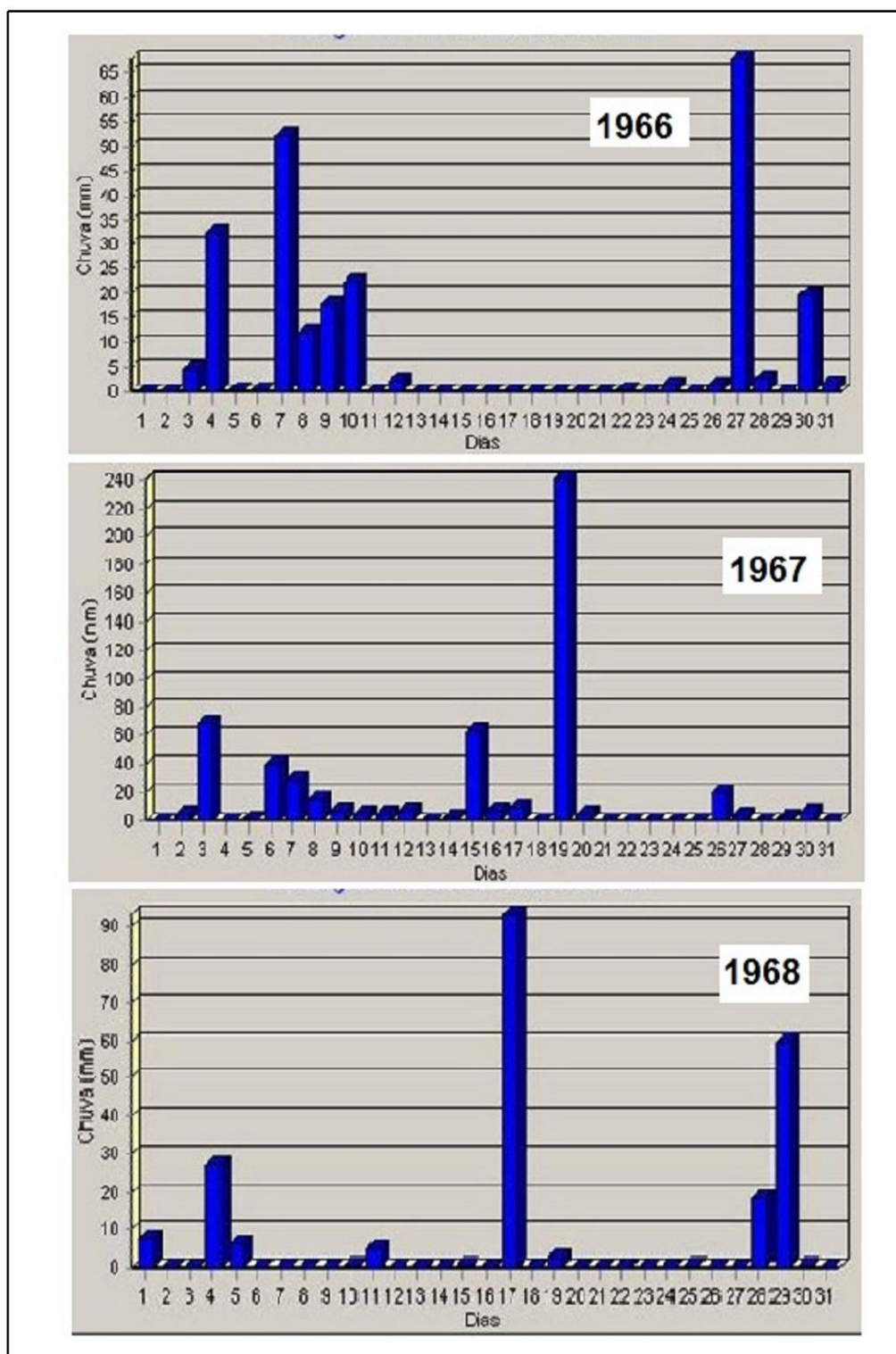
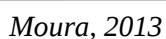


Figura 1 – Pluviogramas do mês março de 1966, 1967 e 1968 da precipitação diária no município de Caraguatatuba, posto de coleta E2-046 (Fonte: SigRH-SP).



127

127

127

127

Juqueriquerê situa-se no promontório que se destaca no litoral norte do estado de São Paulo, defronte a Ilha de São Sebastião (CAMPANHA, ENS & PONÇANO 1994).

A área de estudo possui pelo menos um mês com temperatura média inferior a 18°C, no mês mais frio (junho ou julho) varia de 15°C a 18°C. A temperatura média anual é quase sempre inferior a 22°C, variando principalmente entre 18°C a 20°C. No verão a média da temperatura é acima de 22°C (NIMER, 1989).

Segundo Nimer (1989) a Serra do Mar em São Sebastião possui uma altura média de precipitação de 2500 mm por ano, com concentração muito significativa das chuvas no semestre mais chuvoso (outubro a março) cerca de 70 a 80% da pluviometria anual. Esta forte concentração pluviométrica no semestre de verão decorre mais do fato de serem mais intensas as chuvas nessa época do ano do que de sua frequência.

MATERIAL

O programa empregado neste trabalho foi o ArcMap 9.3 da ESRI utilizado no georreferenciamento dos dados, implementação do banco de dados geográficos e edição dos produtos cartográficos como também na obtenção dos dados necessários aos cálculos morfométricos. Para a elaboração dos perfis longitudinais dos canais principais foi utilizado o programa Global Mapper 11.

Toda a base cartográfica foi organizada através do Sistema de Coordenadas Geográficas, utilizando-se o Datum South American 1969 (SAD69). A projeção cartográfica definida para o Sistema de Banco de Dados Geográfico foi a Universal Transversa de Mercator (UTM), sendo a área de estudo pertencente ao fuso 23.

Também foram utilizadas as cartas topográficas escala 1: 50.000 do IBGE: Pico do Papagaio (SF-23-Y-D-V-2), Caraguatatuba (SF -23-Y-D-VI-1), Maresias (SF-23-Y-D-V-4) e São Sebastião (SF -23-Y-D-VI-3), editadas em 1974, 1976, 1973 e 1969 respectivamente.

MÉTODOS E RESULTADOS

O estado de São Paulo possui 23 UGRHIs (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos). As bacias hidrográficas do município de Caraguatatuba pertencem a UGRHI-03.

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001).

Souza (2005) afirma que os estudos de bacias em áreas costeiras devem levar em conta a compartimentação geomorfológica dessas bacias que apresentam em geral cabeceiras em terrenos de embasamento cristalino com declives elevados e desagüam em áreas de planície costeira com declividades muito baixas e até mesmo nulas.

Neste trabalho as bacias foram limitadas ao atingirem o nível de base (próximo de 0 a 20 metros) até as cotas máximas que atingiram até 1200 metros.

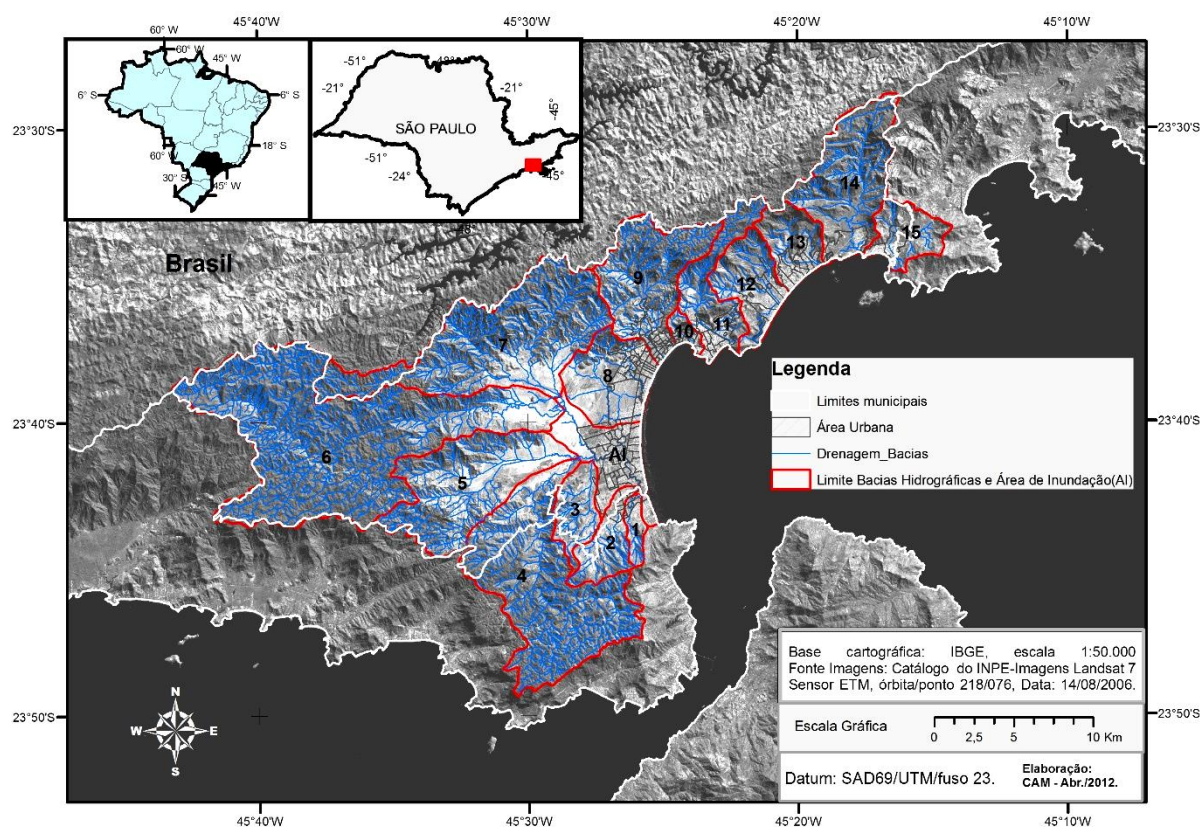


Figura 3 – Divisão das sub-bacias do município de Caraguatatuba.

Foram divididas 15 bacias hidrográficas as quais são observáveis na Figura 3. A maioria destas bacias estão localizadas dentro do limite administrativo de Caraguatatuba. Somente as bacias 1, 2, 4, 7 e 15 ultrapassam os limites administrativos de Caraguatatuba. A bacia 16 da UGRHI-03, referente ao Rio Juqueriquerê foi dividida em oito sub-bacias e uma Área de Inundação(AI), devido sua complexidade, litológica e estrutural.

A análise morfométrica realizada para essas 15 bacias tem como objetivo determinar a tendência a enchentes destas bacias.

Análise Morfométrica

Horton (1945) foi o primeiro a desenvolver estudos quantitativos de bacias de drenagem e analisar as relações entre as características morfométricas de uma bacia e o seu comportamento hidrológico. A análise morfométrica foi apresentada na literatura brasileira por Christofolleti (1980) e Villela & Mattos (1975).

As variáveis morfométricas foram obtidas com auxílio do programa Arcgis 9.3. No programa Arcgis 9.3 foram delimitadas as bacias hidrográficas acompanhando os divisores de águas em relação às bacias circunvizinhas.

Os dados determinados foram: Área da Bacia (A); Perímetro (P); Número de canais (Nt); Comprimento do canal principal (L); = Distância vetorial do canal principal L_v ; = Área do círculo com perímetro igual ao da bacia (A_c).

Estes dados foram utilizados para o cálculo dos parâmetros morfométricos a seguir: Densidade de Drenagem (Dd), Densidade Hidrográfica (Dh), Índice de forma (k), Índice de circularidade (Ic) e Índice de sinuosidade (Is) (Figura 4). Os resultados obtidos para os parâmetros morfométricos das 15 bacias delimitadas estão apontados na Figura 5.

Parâmetros Morfométricos		Fórmula	Unidades	Descrição	Classes- Intervalos	Autores
Padrão e forma da bacia	Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Km/ Km ²	Lt = Comprimento total dos canais e A= Área da bacia	Alta < 1.50 Moderada 1,50 – 2.25 Baixa > 2.25	Horton ,1945
	Densidade Hidrográfica (Dh)	$Dh = \frac{Nt}{A}$	canais Km ² /	A= Área da bacia e Nt=Número de canais totais	Alta < 2.0 Moderada 2.0 – 4.0 Baixa > 4.	Christofolleti, 1970
	Índice de forma (k)	$K = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$		P= Perímetro das bacias e A= Área da bacia	Alta < 1.50 Moderada 1.50-1.75 Baixa > 1.75	Gandolfi, 1971
	Índice de circularidade (Ic)	$Ic = \frac{A}{A_c}$		A= Área da bacia e A_c = Área do círculo com perímetro igual ao perímetro da bacia.	Alta > 0.55 Moderada 0.45 – 0.55 Baixa < 0.45	Muller, 1953 e Schumm, 1956
	Índice de sinuosidade (Is)	$Is = \frac{L}{L_v}$		L= Comprimento do canal principal e L_v = Distância vetorial do canal principal	Alta < 1.40 Moderada 1.40-1.75 Baixa > 1.75	Schumm, 1963

Figura 4 – Detalhamento dos Parâmetros morfométricos calculados para as bacias.

Parâmetros morfométricos

Densidade Hidrográfica e Densidade de Drenagem

A Densidade Hidrográfica relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia hidrográfica, expressa a magnitude da rede hidrográfica, indicando sua capacidade de gerar novos cursos d'água (CHRISTOFOLETTI , 1970, p.14).

Já a Densidade de drenagem foi definida inicialmente por Horton (1945) e corresponde ao comprimento médio de canais de uma bacia por unidade de área. Em relação à Densidade de Drenagem quanto maior o índice menor é a capacidade de infiltrar água, valores baixos indicam que a região é mais favorável à infiltração contribuindo com o lençol freático. Essa variável se relaciona com os processos climáticos atuantes na área estudada, os quais influenciam o fornecimento e o transporte de material detrítico.

Para um mesmo tipo de clima, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico das rochas. As rochas mais impermeáveis possuem melhores condições para o escoamento superficial, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem.

Dados básicos															
Bacias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	4,56	13,3	13,2	76,1	51,6	13,5	78,0	26,3	38,6	3,4	22,4	21,0	14,4	40,7	14,5
P	11,1	19,9	19,3	54,5	39,1	83,3	56,4	20,6	32,3	9,1	33,6	22,6	16,4	32,1	17,9
Nt	9	36	21	436	161	638	289	46	184	3	112	58	26	171	22
Lt	6,9	26,3	19,6	190	94,9	32,75	178,1	38,6	103,7	3,84	51,3	40,2	17,8	91,9	18,3
L	5,37	9,45	8,68	19,2	17,8	36,24	19,41	9,39	13,60	3,44	12,6	5,62	5,14	13,4	6,04
Lv	4,17	7,01	6,81	13,1	13,3	23,27	16,12	5,31	9,22	1,75	9,38	5,07	4,00	10,0	3,99
Ac	9,7	31,5	29,76	236	121	552,6	253,1	33,7	83,33	6,52	89,9	40,6	21,4	82,1	25,4
Parâmetros morfométricos															
Bacias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Dd	1,52	1,99	1,48	2,49	1,84	2,44	2,28	1,46	2,68	1,11	2,29	1,91	1,23	2,26	1,26
Dh	1,97	2,72	1,59	5,73	3,12	4,74	3,71	1,75	4,76	0,87	5,00	2,76	1,80	4,20	1,52
K	1,13	1,47	1,37	2,00	1,39	1,22	1,42	1,32	1,47	1,37	2,00	1,39	1,22	1,42	1,32
Ic	0,47	0,42	0,44	0,32	0,42	0,24	0,31	0,78	0,46	0,53	0,25	0,52	0,67	0,50	0,57
Is	1,29	1,35	1,27	1,46	1,35	1,56	1,20	1,77	1,48	1,96	1,34	1,11	1,28	1,33	1,51
Siglas: A= Área; P=Perímetro; Nt= Número de canais; Lt=Comprimento do canal principal; Lv= Distância vetorial do canal principal; Ac= Área do círculo com perímetro igual ao da bacia; Dd=Densidade de drenagem; Dh=Densidade Hidrográfica; K=Índice de forma; Ic= Índice de circularidade; Is=Índice de sinuosidade.															

Figura 5 – Resultados obtidos na análise das bacias.

O cálculo da densidade de drenagem é relevante nas análises morfométricas, pois apresenta uma relação inversa com o comprimento dos rios, ou seja, ao aumentar o valor da densidade diminui proporcionalmente o tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1970, p.14).

Segundo Hiruma & Ponçano, 1994 para a definição de classes de densidade de drenagem os limites seriam para alta densidade valores superiores a 2.50, média densidade valores entre 1.25-2.50 e baixa densidade de drenagem abaixo de 1.25.

As classes utilizadas neste trabalho para a determinação da tendência a enchentes das bacias para os parâmetros de densidade de drenagem e hidrográficas foram as seguintes: Para a Densidade hidrográfica os intervalos foram: Alta < 2.0 ; Moderada $2.0 - 4.0$; Baixa > 4.0 . Enquanto para a Densidade de drenagem: Alta $< 1,50$; Moderada $1.50-2,25$; Baixa $> 2,25$. No caso da Densidade de drenagem optou-se em não utilizar os intervalos propostos por Hiruma & Ponçano, pois não contribuiriam com uma classificação das bacias visto que ocorre uma concentração de 80% das bacias no intervalo moderado.

Consideramos que bacias com maior Densidade de drenagem e hidrográfica - bacias mais bem hierárquizadas - têm menor tendência a cheias rápidas, já que possuem maior número de ramificações de drenagem conduzindo a diminuição da velocidade de escoamento.

Índice de Forma, Índice de Circularidade e Índice de Sinuosidade.

O Índice de forma representa a relação existente entre o perímetro da bacia e a área que ela possui. Para o Índice de Forma (K) os valores que se aproximam da unidade 1 configuram bacias que tendem a ser circulares (GANDOLFI, 1971). Este índice conforma conclusões e resultados semelhantes ao Índice de circularidade, pois evidencia bacias com maior tendência a cheias rápidas.

Já o Índice de Circularidade (I_c) representa a relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia. Sendo assim, $I_c=0,51$ representa um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas. Valores maiores que 0,51 indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas). Já os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento mais lento (MULLER, 1953 e SCHUMM, 1956 apud LANA 2001).

O Índice de Sinuosidade (I_s) relaciona o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois pontos extremos do canal principal (SCHUMM, 1963 apud LANA 2001). Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo. Já os valores superiores a 2,0 indicam canais tortuosos e os valores intermediários sugerem formas transicionais, regulares e irregulares. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação

litológica e estruturação geológica. Em canais mais tortuosos a velocidade de escoamento da água é menor que em canais retilíneos favorecendo cheias rápidas.

As classes utilizadas para os parâmetros de Índice de Forma, Índice de Circularidade e Índice de Sinuosidade para a determinação da tendência a enchentes das bacias foram as seguintes:

- Para o Índice de Forma os intervalos foram: Alta < 1.50 ; Moderada 1.50-1.75; Baixa > 1.75 ;
- Para o Índice de Circularidade os intervalos foram: Alta > 0.55 ; Moderada 0.45-0.55; Baixa < 0.45 ;
- Para o Índice de Sinuosidade os intervalos foram: Alta < 1.40 ; Moderada 1.40-1.75; Baixa > 1.75 .

Perfis Longitudinais

Segundo Martinez (2005), a existência de um canal envolve significativa escala temporal e o desenho de seu curso deixa pistas passíveis de se compreender eventos naturais ocorridos ao longo do tempo e que resultaram na configuração atual de um vale fluvial. As topografias existentes no ambiente fluvial também dependem das formações litológicas existentes no leito, sendo distintas as formas originadas em leitos aluviais e em leito sobre rocha.

O perfil longitudinal é um importante elemento da geomorfologia fluvial, pois estabelece as condições limites para os processos de vertente. Por meio do perfil longitudinal de um curso de água pode-se determinar não apenas o seu gradiente, mas o comportamento dessa variável ao longo do canal, da nascente à foz (CRISTOFOLETTI, 1980).

A concavidade do perfil está também relacionada ao seu estado de equilíbrio. De acordo com Etchebehere (2000), considera-se uma drenagem equilibrada, ou trechos dela, quando não se verificar agradação ou entalhe do talvegue, havendo, tão somente, fluxo de carga sedimentar.

Segundo Guedes et al. (2005) o equilíbrio da bacia está relacionado com estabilidade do comportamento hidráulico da corrente, fazendo com que não haja erosão do talvegue nem agradação, somente passagem de carga sedimentar. Já no caso de perfis com menor concavidade, corrugações no perfil, ou mudanças bruscas a indicação é de condições de desequilíbrio.

Qualquer alteração leva o rio a buscar um novo equilíbrio, seja erodindo seu próprio leito, seja propiciando agradação. Os rios que apresentam perfis convexos podem ser

considerados anômalos, pois revelam a presença de elementos modificadores de relevo, que muitas vezes não são identificados devido à complexidade das variáveis que interagem no seu controle.

Essas variáveis podem estar relacionadas a uma ou mais das seguintes causas entre elas: a ocorrência de rochas com diferentes resistências, introdução de carga sedimentar maior ou mais grossa no sistema fluvial, atividade tectônica e a descida ou subida do nível de base, como a mudança do nível do mar durante uma glaciação (KNIGHTON, 1998, p. 244).

DISCUSSÃO

Os perfis longitudinais das bacias 2, 4, 5, 7, 9, 11 e 14 apresentam quebras ou rupturas marcantes. Essas quebras estão relacionadas às características líticas como também a movimentações tectônicas, estas representam convexidades no perfil longitudinal indicadoras de anomalias nas bacias (figura 6).

Todos os perfis apresentam similaridade quanto aos altos e baixos cursos devido ao percurso na bacia sedimentar costeira dos baixos cursos e das nascentes (altos cursos) nas áreas altas do planalto cristalino. Os canais fluviais ao adentrar as áreas de planície tornam-se meandramentos. Nas áreas de planície muitos cursos foram retificados para facilitar a ocupação urbana, essa situação também acentua a tendência à enchente destas bacias. Nos altos cursos o padrão de drenagem existente varia entre dendrítico, treliça e distorcido devido ao alto controle estrutural da área.

De acordo com os perfis apresentados na figura 6 as bacias 5, 6, 7, 9, 11 e 14 apresentam as maiores amplitudes entre as cotas máximas e mínimas sendo estas entre 750-250 metros. Nos perfis destas bacias fica evidente nos altos cursos a existência de um planalto (Planalto Atlântico) que culmina em declives abruptos nas escarpas da Serra do Mar. Nas áreas de planalto a densidade de drenagem é alta e possui alta orientação (tropia) dos cursos devido à litologia fraturada, ou seja as orientações da drenagem são condicionadas pela tectônica. Estas bacias estão localizadas na Zona de Cisalhamento Camburu, portanto tanto o relevo como a drenagem são condicionados por essa estrutura. Já na planície ocorre diminuição na densidade de drenagem por se tratar de uma área onde a infiltração é maior que o escoamento, em decorrência do fato de que em áreas sedimentares a infiltração da água é favorecida pelas rochas com maior porosidade, diferentemente de áreas com rochas cristalinas.

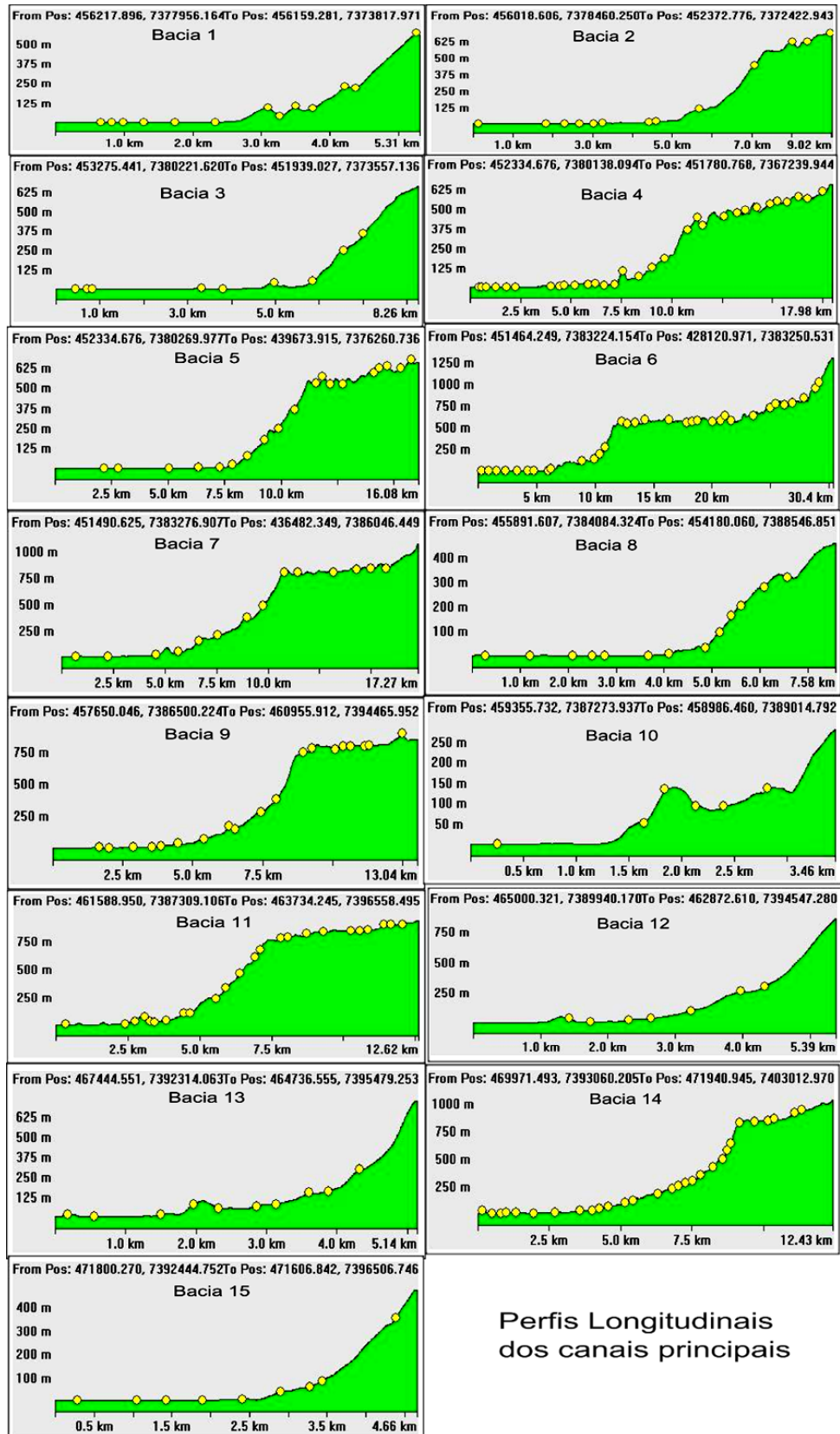


Figura 6 - Perfis Longitudinais dos canais principais das bacias.

Os intervalos estabelecidos para os parâmetros morfométricos quanto à tendência a enchentes das bacias hidrográficas foram agrupados em um quadro (figura 7) e preenchidos em tons de cinza, conforme a tendência a enchentes destas bacias.

Este quadro permitiu a melhor visualização dos resultados, portanto levou a uma interpretação mais adequada destes. Obviamente toda a área de estudo esta suscetível a enchentes se submetida a eventos climáticos extremos como o ocorrido em 1967, pois em condições de anomalias pluviométricas as bacias atingem seu limite de vazão de forma generalizada.

No quadro (figura 7) as bacias com maiores tendências a cheias são as bacias 1, 10, 13 e 15 que são bacias menos hierarquizadas. Ao analisar-se os resultados confirmou-se que as bacias mais bem hierarquizadas e com maior densidade de drenagem possuem maior capacidade de desaceleração dos fluxos de água, consequentemente possuem menor tendência a transbordamento. Secundariamente estão as bacias 3, 8 e 12 como as de maior suscetibilidade a enchentes.

P. M. Bacias	Dd	Dh	K	Ic	Is
1	1,52	1,97	1,13	0,47	1,29
2	1,99	2,72	1,47	0,42	1,35
3	1,48	1,59	1,37	0,44	1,27
4	2,49	5,73	2,00	0,32	1,46
5	1,84	3,12	1,39	0,42	1,35
6	2,44	4,74	1,22	0,24	1,56
7	2,28	3,71	1,42	0,31	1,20
8	1,46	1,75	1,32	0,78	1,77
9	2,68	4,76	1,47	0,46	1,48
10	1,11	0,87	1,37	0,53	1,96
11	2,29	5,00	2,00	0,25	1,34
12	1,91	2,76	1,39	0,52	1,11
13	1,23	1,80	1,22	0,67	1,28
14	2,26	4,20	1,42	0,50	1,33
15	1,26	1,52	1,32	0,57	1,51

Figura 7 – Quadro de classificação de tendência a enchentes das bacias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho levaram ao conhecimento do comportamento das bacias de drenagem do município de Caragatatuba e à detecção de áreas anômalas distribuídas nestas bacias. O estudo do perfil longitudinal juntamente com a análise morfométrica foi de suma importância para a detecção de irregularidades na configuração dos cursos de água

fornecendo um retrato da suscetibilidade destas bacias hidrográficas quanto à tendência maior ou menor a enchentes.

É importante salientar que todas as bacias da região estão suscetíveis a enchentes se submetida a eventos climáticos extremos como o ocorrido em 1967, pois em condições de anomalias pluviométricas as bacias atingem seu limite de vazão de forma generalizada.

Além dos atributos morfométricos também devem ser consideradas as limitações ou más projeções da estrutura de escoamento pluvio-fluvial e a impermeabilização do solo promovida pela ocupação urbana, pois as bacias ao atingirem a planície costeira sofrem retificações dos canais que diminuem a área de dispersão e captação da água, facilitando obviamente o transbordamento.

A análise do perfil de longitudinal dos rios deverá posteriormente ser mais aprofundada para a área que pode ser classificada como muito complexa hidrograficamente considerando a existência de diversos níveis de topográficos na área (Planaltos do Moraes e Lourenço Velho - mais elevados - e o planalto de Juqueriquerê mais rebaixado), os quais marcam a complexidade litológica e tectônica da área.

A análise dos parâmetros morfométricos poderia ter sido dificultada pelo número de dados, da mesma forma que a comparação entre bacias para classificação da tendência a enchentes. No entanto esta a análise foi facilitada pela utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Deve-se salientar que ainda são necessários trabalhos que busquem análises com maior número de parâmetros morfométricos e que também desenvolvam mapas ou cartogramas com esses resultados com o auxílio de ferramentas SIG.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista in Geologia do Estado de São Paulo Boletim Instituto de Geografia e Geologia, São Paulo, nº 41, p. 169-263, 1964.
- CAMPANHA, G.A.C.; ENS, H.H.; PONÇANO, W.L. Análise morfotectônica do planalto do Juqueriquerê, São Sebastião, Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, v.24, n.1, p.32-42. 1994.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas do planalto de Poços de Caldas (MG). Livre - Docência, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, 215 p., 1970.
- CRUZ, O. A Serra do Mar e o litoral na região de Caraguatatuba. Tese (doutorado). Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 1974.
- GANDOLFI, N. Estudo Morfométrico da Drenagem da Bacia do Mogi-Guaçu - SP. Notícia Geomorfológica, v. 2, n. 21, p. 23-40, 1971.

GUEDES I. C.; SANTONI G. C. 2; ETCHEBEHERE M. L. C.; STEVAUX J. C.; MORALES N.; SAAD A. R. Análise de perfis longitudinais de drenagens da Bacia do Rio Santo Anastácio (SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. Revista UNG – Geociências v.5, n.1, p. 75-102, 2006.

HIRUMA, S. T.; PONÇANO, W. L. Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfopedológicos na área do Alto Rio Pardo, SP e MG, Revista Instituto Geológico. São Paulo, 15(1/2), p. 49-57, jan.dez/ 1994.

HORTON R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, v.56 n 3, p. 275-370, 1945.

KNIGHTON, D. Fluvial forms & processes. Londres: Arnold, 1998. 383 P. Lana, c. e; Alves, J .M. P.; Castro, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG – Brasil Revista Escola de Minas, Rev. Esc. Minas vol.54 no.2 Ouro Preto Abr./Jun, 2001.

LUPINACCI, C. M. MENDES, I. A. & SANCHEZ M. S. A Cartografia do Relevo: Uma Análise Comparativa de Técnicas de Gestão Ambiental. In: Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 4, N° 1, Uberlândia, p. 1-9, 2003.

MAFFRA, C.Q.T. Geologia estrutural do embasamento cristalino na região de São Sebastião, SP: evidências de um regime transpressivo. Dissertação (Mestrado em geoquímica e geotectônica) - Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 2000.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. São Paulo: EDUSP, p 35-51. 2001.

SOUZA, C.R.G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 6 n.1, p. 45-61, 2005.

VILLELA, S. M. & MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo / SP, Ed. McGraw - Hill do Brasil, 1º ed., 1975.