

## ZONEAMENTO HIDROGEOMORFOLÓGICO DA BACIA DO RIO CUBATÃOZINHO, LITORAL SUL DO PARANÁ

SOUZA, T.G. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bolsista PIBIC/CNPq/UFPR, (41) 3354-7965, [thiagogranado@gmail.com](mailto:thiagogranado@gmail.com)

OKA-FIORI, C. <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Professora Doutora UFPR, (41) 3361-3452, [chisato@ufpr.br](mailto:chisato@ufpr.br)

### RESUMO

O presente trabalho está integrado a pesquisa de Macrozoneamento Geomorfológico, Hidrográfico e Clinográfico para o Macrozoneamento do Litoral do Paraná, o qual está inserido ao projeto Dinâmica de Encostas Litorâneas e Implicações em Obras de Engenharia (PRONEX). A área definida para o estudo é a bacia hidrográfica do rio Cubatãozinho, localizada no litoral sul do Estado do Paraná, município de Guaratuba. A área é compreendida por sete cartas topográficas na escala 1:25.000, produzidas pelo Departamento de Serviço Geográfico (DSG) e obtidas junto à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA. Extraíram-se os dados referentes às curvas de nível, pontos cotados e rede hidrográfica. O trabalho constituiu-se em mapear as feições geomorfológicas de detalhe a fim de propor um zoneamento hidrogeomorfológico. A metodologia adotada para a identificação das formas de relevo foi Tricart (1965) e Oka-Fiori, Canali e Kozciak (2002); e para a análise morfométrica da drenagem, Christofoletti (1974), Canali e Oka-Fiori (1998). Dessa forma, correlacionaram-se os dados geomorfológicos com os da análise morfométrica. Definiram-se quatro compartimentos: Serra, Planície, Morros Isolados e Serras Isoladas. O compartimento de Serras corresponde a 66,66% da área total da bacia. As altitudes chegam a 1.497 metros e abriga as nascentes dos principais rios, incluindo o Cubatãozinho. A declividade é elevada com predomínio de erosão linear, padrão de drenagem predominantemente paralelo, vales em “V”, vertentes retilíneas e côncavas com topos alongados e angulosos. O compartimento de Planície corresponde a 26,66% da área total. Possui relevo plano e suavemente ondulado, com altitudes inferiores a 60 metros. É originada sobretudo por sedimentos aluvionares indiferenciados. Apresenta baixa declividade, vales de fundo chato e canais meandrantos. No interior da planície delimitou-se o compartimento de Morros Isolados, que corresponde a 1,41% da área total da bacia hidrográfica. As altitudes não ultrapassam 160 metros, com declividade média, predomínio de topos arredondados, vertentes convexas e contato abrupto com a planície. O compartimento de Serra Isolada corresponde a 5,27% da área. É caracterizado pela presença de topos arredondados e alongados, vertentes côncavas e convexa-côncavas, com altitudes variando de 60 a 410 metros, apresentando declividades médias. Distingui-se do compartimento de Serras sobretudo pela sua geologia diferenciada (Complexo Metamórfico Indiferenciado) e pelo padrão de drenagem arbóreo e retangular. A pesquisa fornece subsídios para o ordenamento e gestão da região litorânea, além de apoiar os estudos relacionados com a fragilidade e vulnerabilidade ambiental.

Palavras-chave: Zoneamento Hidrogeomorfológico, Bacia Hidrográfica, Mapeamento

### INTRODUÇÃO

Devido à fragilidade e complexidade natural dos ecossistemas litorâneos, a utilização inadequada dos seus recursos pode resultar em grandes danos e impactos ambientais. Neste sentido, é fundamental o estudo e o conhecimento dos componentes do meio físico, bem como dos fatores humanos e econômicos existentes, a fim de facilitar a elaboração de políticas que definam a utilização do espaço costeiro e que estejam vinculadas a projetos de desenvolvimento sustentável, na busca de uma conciliação entre o desenvolvimento econômico e ambiental, para que as gerações futuras tenham acesso aos recursos naturais hoje existentes.

O conhecimento dos processos hidrogeomorfológicos e a análise geomorfológica são indispensáveis para o planejamento ambiental, pois fornecem os subsídios para o gerenciamento costeiro, a utilização dos recursos naturais de forma coerente, a minimização dos impactos provocados no meio em razão da ocupação humana, além da identificação de áreas de riscos ambientais e a elaboração de cenários futuros.

As classificações geomorfológicas auxiliam no conhecimento ambiental e, quando apoiadas nos Sistemas de Informações Geográficas, ganham grande aplicabilidade, como em modelos tridimensionais e de declividade do terreno, estimativas de impactos ambientais, dentre muitos outros aspectos.

O presente trabalho está integrado à pesquisa de Mapeamento Geomorfológico, Hidrográfico e Clinográfico para o Macrozoneamento do Litoral do Paraná, o qual está inserido ao projeto Dinâmica de Encostas Litorâneas e Implicações em Obras de Engenharia, tendo por intuito contribuir com o ordenamento e gestão da região litorânea do Estado do Paraná, através do mapeamento das bacias hidrográficas que compõem o litoral.

Especificamente, objetivou-se confeccionar a carta base e as temáticas da bacia hidrográfica do rio Cubatãozinho, estas últimas representadas pela geologia, hipsometria e declividade, detalhar e hierarquizar a rede hidrográfica e identificar as feições geomorfológicas de detalhe da bacia, a fim de elaborar uma proposta de compartimentação geomorfológica, objetivo principal da pesquisa.

## **ÁREA DE ESTUDO**

A área definida para estudo é a bacia hidrográfica do rio Cubatãozinho (Figura 1), com 439 km<sup>2</sup> de área, localizada no litoral sul do Estado do Paraná, município de Guaratuba, possuindo como exultório o rio Cubatão, o qual deságua na porção norte da baía de Guaratuba.

O litoral do estado do Paraná situa-se entre as latitudes sul 25° 12' e 25° 58' e entre as longitudes oeste 48° 01' e 49°. A planície costeira possui cerca de 10 a 20 quilômetros, atingindo um máximo de 50 quilômetros na Baía de Paranaguá.

A drenagem desta área é densa, devido sobretudo à elevada pluviosidade e boa distribuição anual de chuvas. Na drenagem da porção oriental do estado, a maioria dos rios tem suas nascentes distribuídas na encosta da serra ou próximo aos topos, sob forma de córregos ou riachos. Em períodos de estiagem são poucos os cursos d'água que secam, devido à já citada densa drenagem, sobretudo nas áreas das bacias de recepção. (BIGARELLA *et al*, 1978).

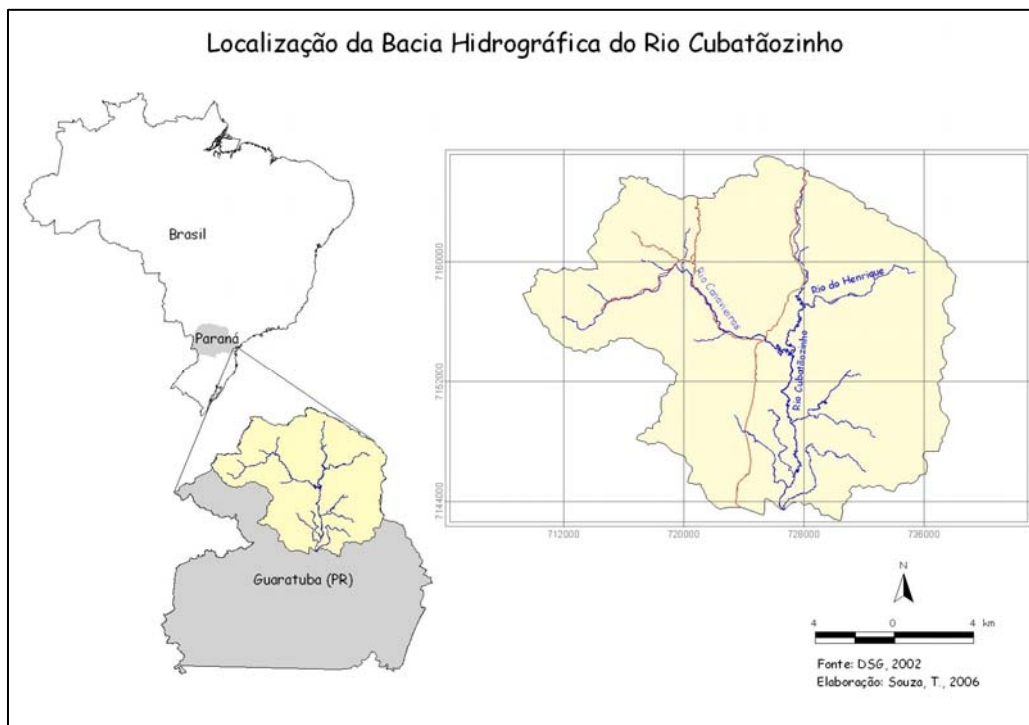


Figura 1 – Localização da Área de Estudo

## METODOLOGIA

A escala de trabalho adotada para a pesquisa foi de 1:25.000. Assim, a bacia do Cubatãozinho é compreendida por sete cartas topográficas na referida escala produzida pelo Departamento de Serviço Geográfico (DSG) em 2002, a seguir: 2858-1 NE (Rio Sagrado), 2858-2 NO (Alexandra), 2858-1 SO (Represa Guaricana), 2858-1 SE (Rio Canavieiras), 2858-2 SO (Limeira), 2858-3 NE (Cubatão) e 2858-4 NO (Baía de Guaratuba).

Com o intuito de elaborar uma proposta de zoneamento hidrogeomorfológico, o trabalho consistiu-se em mapear as feições geomorfológicas de detalhe da bacia hidrográfica do rio Cubatãozinho. Para tal, foi utilizada a metodologia de Tricart (1965) e Oka-Fiori, Canali e Kozciak (2002) para a identificação das formas de relevo; Christofolletti (1974) e Canali e Oka-Fiori (1987) para a análise da rede de drenagem, levando-se em consideração tanto os canais fluviais quanto os pluviais, hierarquizando-os posteriormente.

As cartas que recobrem a bacia na sua porção paranaense foram obtidas em extensão *JPG* (*Scan Maps*) e em formato vetorial junto à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA, já devidamente georreferenciadas. Foi utilizada

também, uma imagem LANDSAT 7 ETM combinação 5, 4 e 3, mais Pancromática do ano de 2002, obtida junto a Engesat Imagens de Satélite.

Sobre os *ScanMaps* delimitou-se a bacia em questão, considerando-se os seus divisores de drenagem e utilizando-se uma escala de 1:8000, a fim de obter uma maior precisão dos contornos. Em relação aos tipos litológicos da carta geológica da bacia em estudo, foram adaptados do Mapa Geológico da Comissão Geológica do Paraná, na escala 1:50.000, de 1970.

Para a geração dos mapas temáticos, foi necessária a prévia elaboração da Carta Base, produzida a partir da Carta Topográfica e Hidrográfica da bacia. Para tal, inicialmente foi necessário inserir as respectivas cotas altimétricas no *layer* curvas de nível, visto que o mesmo não apresentava dados atributivos. O procedimento seqüencial corresponderia na inserção de tais valores; no entanto, como os vetores encontravam-se segmentados devido à junção das cartas, tendo-se efetuado a união dos segmentos de forma manual e seqüencialmente atribuídas as cotas de cada uma das curvas.

Assim como as curvas de nível, os pontos cotados também não possuíam valores altimétricos, apresentando ainda o agravante de estarem representados por feições lineares, em vez de feições pontuais. Portanto, foi criado um novo *layer* em ambiente *ArcView GIS 3.2* com vetores pontuais para os pontos cotados. Este procedimento foi adotado visando à futura utilização dos mesmos na geração do modelo digital do terreno. Em seguida, os valores altimétricos foram inseridos manualmente em cada ponto cotado, tomando-se como referência os *ScanMaps*.

O *layer* hidrografia era composto por linhas segmentadas, à exemplo das curvas de nível. Portanto, foi necessária a união manual destas linhas, concomitantemente com a hierarquização da rede de drenagem, seguindo a proposta de Strahler (1952) *apud* Christofolletti (1974, p. 86).

É importante frisar que os três *layers* acima citados (curvas de nível, pontos cotados e hidrografia), são fundamentais para a elaboração das cartas temáticas da pesquisa.

No que tange às feições geomorfológicas, foram identificadas cinco formas de vertentes, conforme a disposição das curvas de nível, a seguir: retilínea, côncava, convexa, côncava-convexa e convexa-côncava. Para a inserção da simbologia das vertentes, adotou-se o seguinte procedimento: em ambiente *ArcView GIS 3.2* criou-se um tema linear denominado vertentes, inserindo-se os segmentos indicando a orientação das mesmas, além dos atributos de forma de cada uma. Após a identificação das vertentes, exportou-se os vetores para o software *AutoCAD 2000*, inserindo-se a simbologia, bem como efetuou-se a

rotação dos símbolos conforme a direção das vertentes. Por fim, as informações geradas foram novamente salvas no formato de dados padrão do software ArcView GIS 3.2.

Da mesma forma, identificou-se os tipos de topos, classificados em alongados, arredondados, angulosos e assimétricos. Foram identificados na bacia também, zonas de contato abrupto e trechos de contato suave entre a baixa vertente e a planície. As rupturas de declive foram identificadas pela quebra na continuidade da vertente.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O primeiro resultado obtido diz respeito ao mapa hipsométrico através da correção do *layer* curvas de nível, as quais possuem equidistância de 10 metros. Os pontos cotados distribuídos ao longo da bacia em estudo são em número de 2170. As maiores altitudes da bacia encontram-se em sua porção Norte e Noroeste, com altitudes de até 1497m acima do nível do mar. As menores altitudes por sua vez encontram-se na porção Centro-Sul da mesma, correspondentes à planície, com pontos apenas 2m de altitude.

No tocante à rede de drenagem da bacia (Figura 2), esta é composta por 3.667 canais, dentre pluviais e fluviais. Destes, de acordo com a já citada proposta de Strahler (1952) apud Christofolletti (1974), 912 são de segunda ordem, 218 de terceira ordem, 57 são de quarta ordem, 15 de quinta ordem, 3 de sexta ordem e o rio Cubatãozinho, como único representante de sétima ordem. Cabe ressaltar que a hierarquização fluvial é fundamental para a análise morfométrica da rede de drenagem. As nascentes dos rios encontram-se, em sua maioria, nas porções mais elevadas da bacia, apresentando predomínio do escoamento superficial concentrado e erosão linear, em função das altas declividades, que diminuem a taxa de infiltração da água no terreno. No tocante a análise morfométrica, foram produzidas duas tabelas que tratam dos aspectos lineares (Tabela 1), areais e hipsométricos da bacia (Tabela 2):

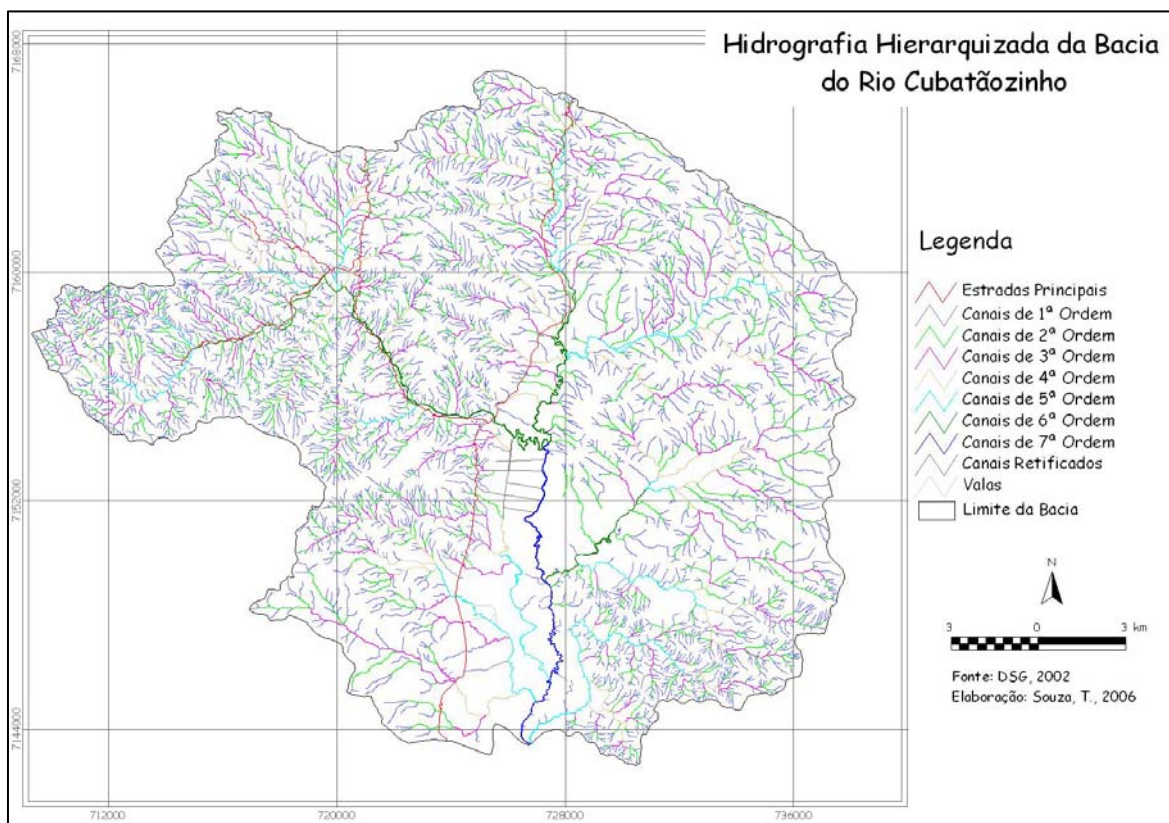


Figura 2 – Rede de Drenagem Hierarquizada

Tabela 1. Resultado da Análise Morfométrica da Bacia do Rio Cubatãozinho

Ordem	Nº de segmentos por ordem ( $N_u$ )	Comp. Total ( $L_t$ )	Relação de Bifurcação ( $R_b$ )	Comp. Médio dos Canais ( $L_m$ )	Rel. entre o Comp. Médio dos Canais ( $RI_m$ )	Índice do Comp. Médio e o de Bifurcação ( $RI_b$ )
1ª	3.667	1083315,25 m	-	295,42 m	-	-
2ª	912	401852,71 m	4,02	440,63 m	1,49	0,37
3ª	218	215769,82 m	4,18	989,77 m	2,25	0,54
4ª	57	113170,94 m	3,82	1985,46 m	2,01	0,53
5ª	15	78756,03 m	3,80	5250,40 m	2,64	0,69
6ª	3	83559,92 m	5,00	27853,31 m	5,30	1,06
7ª	1	30470,22 m	3,00	30470,22 m	1,09	0,36
<b>Total de Canais</b>	3.667	-	-	-	-	-

Fonte: Carta de drenagem elaborada para a pesquisa, 2006

Tabela 2. Resultado da Análise Morfométrica da Bacia do Rio Cubatãozinho

<b>Parâmetros Analisados</b>	<b>Resultados</b>
Ordem da Bacia	7ª ordem
Área da Bacia (A)	438.73 Km <sup>2</sup>
Perímetro da Sub-bacia (P)	108.80 Km
Amplitude Altimétrica (H <sub>m</sub> )	1495 m
Extensão do Canal Principal	62.83 Km
Densidade Hidrográfica (D <sub>h</sub> )	8.35 rios/Km <sup>2</sup>
Densidade de Drenagem (D <sub>d</sub> )	2.47 Km/Km <sup>2</sup>
Índice de Sinuosidade (I <sub>s</sub> )	2.72
Gradiente do Canal Principal	17 m/km
Gradiente de Canais (G <sub>c</sub> )	0,017%
Coefficiente de Manutenção (C <sub>m</sub> )	404.86 m/Km <sup>2</sup>
Relação de Relevô (R <sub>r</sub> )	0.024
Extensão do Percurso Superficial (E <sub>ps</sub> )	0.20 Km

Fonte: Carta de drenagem elaborada para a pesquisa, 2006

Analisando-se as tabelas morfométricas evidencia-se a elevada densidade hidrográfica da bacia, denotando grande capacidade na geração de novos cursos d'água, bem como a elevada densidade de drenagem, resultante principalmente do grande escoamento superficial existente em função da declividade acentuada e da granulometria mais grosseira de rochas como o granito, o que possibilita a formação de novos canais, sobretudo de primeira e segunda ordens. Embora as proções marginais da bacia sejam fortemente declivosas, o gradiente de canais não é tão elevado, visto que o rio Cubatãozinho tem boa parte de sua extensão em área de planície. O índice de sinuosidade relativamente elevado mostra as formas tortuosas assumidas pelo canal principal, sobretudo na área de planície, na qual a energia do rio é menor e predominam os processos de deposição, notando-se inclusive a presença de meandros abandonados. Observa-se variância na relação entre o comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, o que indica, segundo Christofletti (1974), que o tamanho dos canais poderá diminuir ou aumentar progressivamente com a elevação da ordem dos canais, pois são os fatores hidrológicos, morfológicos e geológicos que determinam o último grau do desenvolvimento da drenagem em determinado bacia. Na bacia em questão, percebe-se um aumento progressivo no comprimento médio dos canais conforme a elevação da ordem dos mesmos.

A geologia da bacia é deveras importante, tanto pelo auxílio no entendimento do relevo, bem como do comportamento hídrico do local. Neste sentido, foi elaborada a carta de Geologia, na qual pode-se verificar a predominância do Complexo Gnáissico-Migmatítico, correspondendo a 40% da área total da bacia, e dos sedimentos recentes nas áreas de planície, ocupando 28% da área total.

Para subsidiar a compartimentação hidrogeomorfológica, foram elaboradas as cartas de Hipsometria, produzida à partir da interpolação dos pontos cotados com as curvas de nível; e Declividade, obtida a partir de uma reclassificação da hipsometria, no software ArcView GIS 3.2.

A hipsometria de uma bacia hidrográfica possibilita a observação da altimetria do local, dado importante na análise de processos relativos à dinâmica de uso e ocupação do terra. Na bacia do rio Cubatãozinho, percebe-se que as maiores altitudes encontram-se na sua porção Norte e Noroeste, na região de Serras, representadas pelos tons de marrom mais escuro.

Da mesma forma, a análise da declividade permite evidenciar a distribuição das inclinações das superfícies do relevo, sendo esta característica muito importante quando da análise do uso e ocupação do solo de uma área, bem como do fluxo torrencial de superfície e os conseqüentes processos erosivos e arrastamento de materiais para o curso hídrico da bacia (MENDONÇA, 1999). De modo geral, quanto maior a declividade de uma vertente, mais susceptível ela será aos processos erosivos.

A carta de declividade contida neste trabalho seguiu a proposta elaborada por De Biase (1995), variando-se a tonalidade desde o amarelo claro (declividade baixa) até o marrom escuro (declividade elevada). Na bacia em questão, nota-se um predomínio das baixas e médias declividades, com acentuação apenas nas proximidades dos divisores d'água.

No que tange às feições geomorfológicas de detalhe (Figura 3), percebe-se o predomínio de vertentes côncavas e topos alongados e arredondados. Quanto às zonas de contato entre a baixa vertente e a planície, 48.54 km apresentaram contato abrupto, com uma quebra repentina na continuidade da vertente, enquanto 93.02 km são áreas de contato suave e gradual. Não foram encontradas rupturas de declive significativas na bacia.

A partir das cartas temáticas já citadas, bem como dos dados morfométricos da drenagem, elaborou-se a Carta de Compartimentação Hidrogeomorfológica da bacia do rio Cubatãozinho (Figura 4).



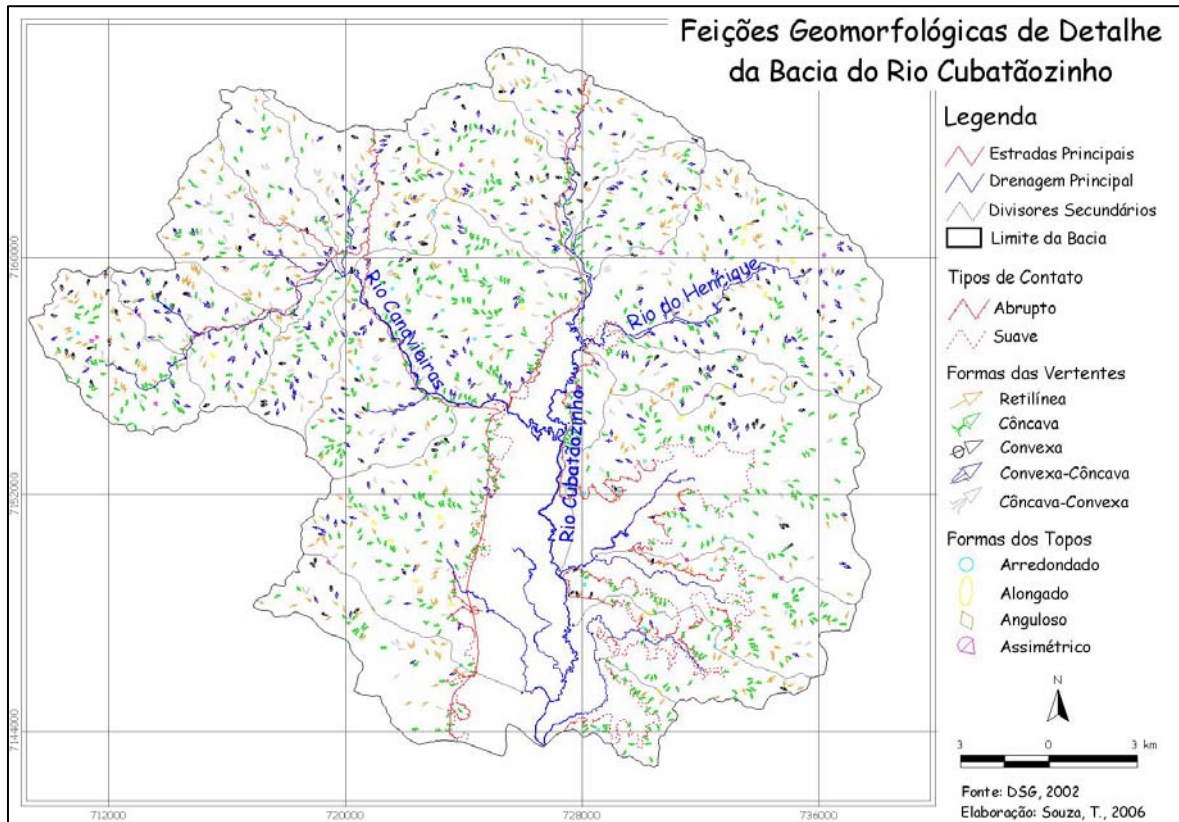


Figura 3 – Feições Geomorfológicas de Detalhe

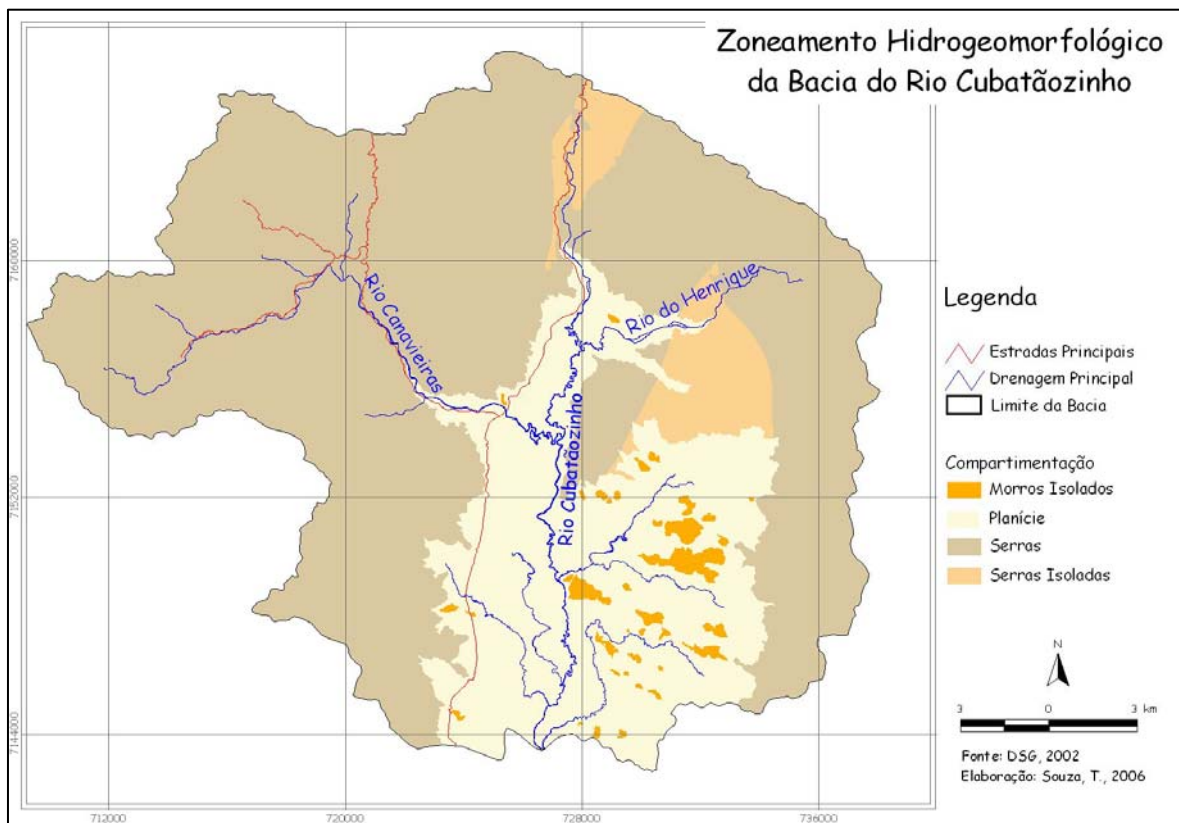


Figura 4 – Compartimentação Hidrogeomorfológica

Analisando-se a carta, percebemos a existência de 4 compartimentos distintos, com características próprias, sintetizadas no Quadro 1.

	Área Total da Bacia	Altitude	Declividade	Padrão de Drenagem	Feições Geomorfológicas	Geologia
Serras	66,66%	Até 1497m	Elevada 30 – 47 e > 47%	Paralelo, com elevada densidade hidrográfica e de drenagem	Vales em “V”, vertentes retilíneas e côncavas, topos alongados e angulosos	Granitos, Gnáisses e Migmatitos
Planície (colúvio-aluvionar e aluvial)	26,66%	Inferior a 60 m	Baixa 0 – 5%	Meândrico	Vales de fundo chato	Aluviões indiferenciados
Serras Isoladas	5,27%	Entre 60 m e 410 m	Média 12 – 30%	Arbóreo (canais principais) e Retangular (secundários), com densidade de drenagem média	Vertentes côncavas e convexas-côncavas, topos arredondados e alongados	Complexo Metamórfico Indiferenciado
Morros Isolados	1,41%	Inferior a 160 m	Média 12 – 30%	Arbóreo, com elevada densidade de drenagem	Vertentes convexas de topos arredondados	Complexo Metamórfico Indiferenciado

Quadro 1. Características dos Compartimentos Hidrogeomorfológicos da Bacia

## CONCLUSÕES

A partir dos dados altimétricos (curvas de nível e pontos cotados) e hidrográficos, foram gerados uma série de informações, tais como: carta hipsométrica, declividade e carta de feições geomorfológicas, que associadas à geologia e análise da rede de drenagem, auxiliaram no estabelecimento do zoneamento hidrogeomorfológico da Bacia do rio São João.

Cabe destacar que a metodologia utilizada demonstrou-se complexa, dado a elevada variedade de *softwares* envolvidos.

O zoneamento hidrogeomorfológico, objetivo principal da pesquisa, é de grande relevância, visto auxiliar no ordenamento e gestão da região litorânea do Estado do Paraná, além de fornecer subsídios para estudos de fragilidade e vulnerabilidade ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIGARELLA, J. J.; *et al.* **A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná.** Curitiba: Secretaria do Estado e Planejamento, 1978.

CANALI, N. E.; OKA-FIORI, C. Análise Morfométrica da Rede de drenagem da área do Parque Marumbi – Serra do Mar (PR). In: **Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia.** Curitiba, 1987.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1974.

MENDONÇA, Francisco de Assis. **Diagnóstico e análise Ambiental de Microbacia Hidrográfica:** Proposição Metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. In: RA'E GA, Curitiba, n.3, 1999. p. 67-89.

OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E. & KOZCIAK, S. Mapeamento Geomorfológico e Hidrográfico do Litoral Sul do Estado do Paraná. In: Raquel E. B. Negrele; Renato E. Lima (org.). **Meio Ambiente e Desenvolvimento do Litoral do Paraná: Subsídios à Ação.** 333 Ed. Curitiba, 2002, v.1, p. 117-127.

TRICART, J. **Princípios e Métodos em Geomorfologia.** Paris: Massom & Cie, 1965.