

## **UTILIZAÇÃO DA MORFOMETRIA NA DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DO RELEVO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PROENÇA, MUNICÍPIO DE CAMPINAS (SP)<sup>1</sup>.**

VITTE, A. C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professor Departamento de Geografia – Unicamp, Campinas (SP), CP 6152, CEP 13087-970, fone (19) 37884567, pesquisador CNPq, [vitte@uol.com.br](mailto:vitte@uol.com.br)

VILELA FILHO, L. R.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Mestrando, Departamento de Geografia – Unicamp, Campinas (SP), CP6152, CEP 13087-970, fone (19) 37884567, [vilela@agr.unicamp.br](mailto:vilela@agr.unicamp.br)

### **RESUMO**

Dentre as diversas questões abrangidas pela problemática ambiental urbana, as enchentes têm se constituído em uma das mais relevantes e de difícil controle por parte do poder público, particularmente nas grandes cidades brasileiras. Nas últimas décadas esses problemas se tornaram mais evidentes em decorrência da elevação do contingente populacional nos centros urbanos que incidiu de forma direta na aceleração do processo de expansão urbana. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo caracterizar a fragilidade potencial (ROSS, 1991, 1994, 1997) da bacia de drenagem do córrego Proença a partir do uso de alguns índices morfométricos e hidrográficos, associando-a a situações de risco ambiental na bacia, nesse caso, risco às enchentes. A área de estudo compreende a bacia de drenagem do córrego Proença que é caracterizada pela densa urbanização e possui uma área aproximada de 15 km<sup>2</sup>. Está situada entre as coordenadas 7463.000 e 298.000 UTM e, 7460.000 e 301.000 UTM, no município de Campinas (SP) que dista aproximadamente 100 km da cidade de São Paulo e tem como principais vias de acesso as rodovias Anhanguera, Bandeirantes, D. Pedro I e Santos Dumont (IG, 1993). Para o cálculo da fragilidade potencial do relevo foram utilizados alguns índices como a densidade de drenagem, o comprimento de vertentes, a declividade e a hierarquia fluvial. (Resultados) A correlação entre os índices morfométricos demonstrou que nos setores da média e da baixa bacia do Proença, os setores de média e baixa encosta apresentam alta fragilidade potencial do relevo e estão associados a quebra da ruptura do perfil das vertentes na cota 700m, definida a partir de contatos litológicos. Já no alto curso da bacia do Proença, os topos são dissecados, há uma maior frequência de drenagens de primeira ordem, assim como das densidades de drenagem, caracterizando todo o setor como sendo de alta fragilidade potencial.

Palavras – chave: enchentes urbanas, fragilidade potencial, bacia de drenagem.

### **INTRODUÇÃO**

Dentre as diversas questões abrangidas pela problemática ambiental urbana, as enchentes têm se constituído em uma das mais relevantes e de difícil controle por parte do poder público, particularmente nas grandes cidades brasileiras.

Nesse sentido, muitos têm sido os programas desenvolvidos nas esferas governamentais visando “combater as enchentes”. Entretanto, embora boa parte desses programas seja amparada por elevados investimentos financeiros, em geral, os resultados nem sempre conseguem atingir os objetivos previstos, e o que se vê, ano após ano, é a repetição do problema a cada estação chuvosa, com conseqüências socioambientais cada vez mais agravantes.

---

<sup>1</sup> Pesquisa vinculada ao processo CNPq 303144/2004-1

Nas últimas décadas esses problemas se tornaram mais evidentes em decorrência da elevação do contingente populacional nos centros urbanos que incidiu de forma direta na aceleração do processo de expansão urbana.

De maneira geral, esse processo caracteriza-se pela ampliação das edificações, dos sistemas viários e de outras áreas pavimentadas, resultando em uma diminuição considerável das superfícies de absorção de parte da água das chuvas, problema que é agravado com ocupação de áreas ribeirinhas, originalmente destinadas à inundação natural, e que normalmente são caracterizadas como áreas de maior fragilidade.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo caracterizar a fragilidade potencial (ROSS, 1991, 1994, 1997) da bacia de drenagem do córrego Proença a partir do uso de alguns índices morfométricos e hidrográficos, associando-a a situações de risco ambiental na bacia, nesse caso, risco às enchentes.

## **METODOLOGIA**

Utilização dos índices morfométricos para análise da fragilidade ambiental.

### **Densidade de Drenagem (Km/Km<sup>2</sup>).**

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. O cálculo da densidade de drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas, visto que, apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A densidade de drenagem relaciona-se com o escoamento superficial, gerando condições que refletem da relação entre a intensidade de fluxo de superfície e subsuperfície, com a infiltração. Outro fator relevante é que em um mesmo ambiente climático, o comportamento das rochas repercute na densidade de drenagem. Nas rochas (e regolitos) onde a infiltração é mais dificultada, há maior escoamento superficial, gerando possibilidades maiores para a esculturação de canais e consecutiva densidade de drenagem mais elevada (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O cálculo da densidade de drenagem se dá por meio da seguinte equação:

$$Dd = L/A$$

Sendo:

Dd = Densidade de Drenagem

L = Comprimento do canal

A = Área da bacia

Para a obtenção do mapa de densidade de drenagem da bacia do córrego Proença, utilizando-se as cartas topográficas na escala 1: 10.000 (folhas SF-23-Y-A-V-4-SE-B e SF-23-Y-A-V-4-SE-D) – editadas em 1979 pelo Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, executado pela Coordenadoria de Ação Regional Divisão de Geografia, do Governo do Estado de São Paulo – após a delimitação da bacia principal e a iluminação da rede de drenagem (inclusive dos canais intermitentes), delimitou-se as sub-bacias, obtendo-se um total de 260 sub-bacias.

Em seguida, utilizando-se de uma régua graduada em cm e mm, de acordo com a carta base escala 1:10.000, adotou-se a relação de 1cm na régua equivalendo a 100 m na carta. Em seguida delimitou-se a área de cada sub-bacia e o comprimento dos respectivos canais de drenagem. Após estabelecer-se a relação do comprimento do canal pela área da sub-bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980), chegou-se à densidade de drenagem de cada uma das sub-bacias.

De acordo com os valores obtidos, estabeleceu-se quatro intervalos de classes: < 0,003 Km/km<sup>2</sup> equivalendo à baixa densidade; 0,003 a 0,005 Km/km<sup>2</sup> equivalendo à média densidade; 0,005 a 0,01 Km/km<sup>2</sup> equivalendo à alta densidade e, > que 0,01 Km/km<sup>2</sup> equivalendo à densidade muito alta. Posteriormente, agrupou-se as sub-bacias aos seus respectivos intervalos de classe.

### **Comprimento das Vertentes**

Uma das principais variáveis do relevo que condicionam a ação exercida pelas águas pluviais é o comprimento das vertentes. De acordo com CHISTOFOLETTI (1980), o comprimento da superfície da vertente corresponde à soma dos comprimentos das superfícies dos segmentos que unem os diversos pontos plotados para o levantamento do perfil. Visto que as vertentes podem ser tomadas como exemplos de sistemas morfológicos, este índice torna-se importante para a compreensão da dinâmica do ambiente.

Para confeccionar o mapa de comprimento de vertentes, utilizando-se os mesmos procedimentos de escala adotados para o mapa de densidade de drenagem, estabeleceu-se seis intervalos de classes de distâncias entre os topos e os canais de drenagem: inferior a 100m; de 100 a 200m; de 200 a 300m; de 300 a 400m; de 400 a 500m e, acima de 500m. Posteriormente, para cada uma das duzentos e sessenta sub-bacias foi medido o comprimento de cada vertente, sendo o caminhar da régua sempre perpendicular em relação ao topo e ao canal de drenagem, de tal maneira que quando um dos valores

determinados para os intervalos de classe cortasse a divisor de águas, tinha-se a delimitação de uma unidade de vertente, definida pelo critério comprimento, sendo denominado de “parcela”.

Ao término da delimitação de todas as parcelas, agrupou-se cada qual ao seu respectivo intervalo de classe.

### **Hierarquia Fluvial**

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980) a hierarquia fluvial consiste no processo de classificação de curso d’água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isso é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre as bacias hidrográficas. Quanto maior a participação percentual de canais de primeira ordem, maior é a fragilidade da paisagem, pois os mesmos indicam maior dissecação do relevo, que pode ser provocada por controle estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos.

Para a ordenação dos canais, CHRISTOFOLETTI (1980) aponta os seguintes critérios: Os canais que não possuem tributários serão sempre designados como de primeira ordem; os canais de segunda ordem recebem os tributários de primeira ordem, mas somente estes. Os canais de terceira ordem podem receber um ou mais tributários de segunda ordem e também os de primeira ordem. Por sua vez, os de quarta ordem recebem tributários de terceira ordem e também os de ordem inferior; e assim sucessivamente.

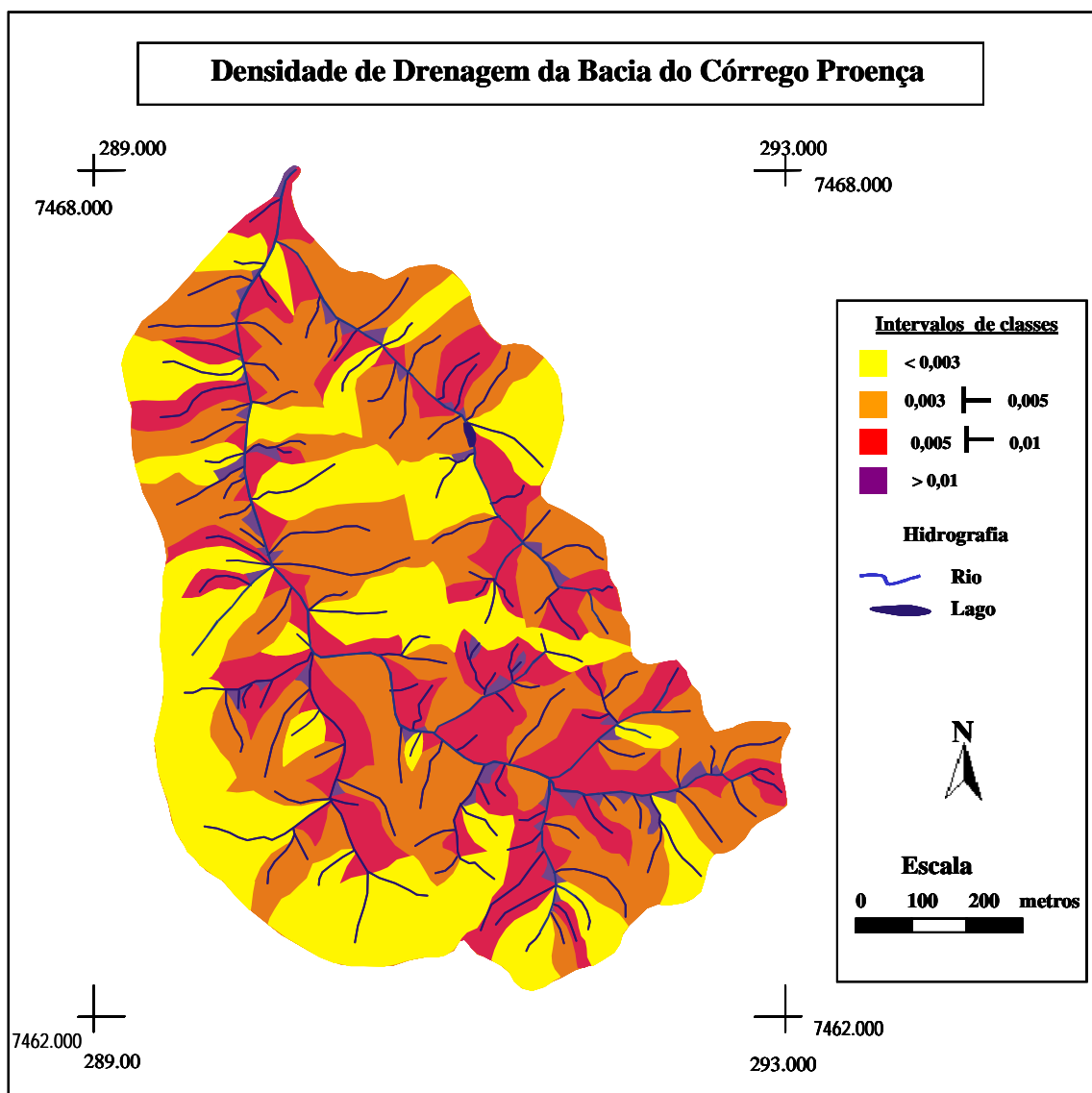
(Área de Estudo) A área de estudo compreende a bacia de drenagem do córrego Proença que é caracterizada pela densa urbanização e possui uma área aproximada de 15 km<sup>2</sup>. Está situada entre as coordenadas 7463.000 e 298.000 UTM e, 7460.000 e 301.000 UTM, no município de Campinas (SP) que dista aproximadamente 100 km da cidade de São Paulo e tem como principais vias de acesso as rodovias Anhanguera, Bandeirantes, D. Pedro I e Santos Dumont (IG, 1993).

A escolha dessa bacia como objeto de estudo se deu pelo fato dela possuir uma relação histórica com a origem de Campinas, pois sua área compreende parte do sítio histórico do município, e também porque os bairros que estão inseridos, total ou parcialmente, na área da bacia, bem como todo seu sistema viário e o sistema de drenagem, protagonizaram alguns dos principais projetos públicos e privados de desenvolvimento e expansão urbana de Campinas, resultando no desencadeamento de um intenso processo de intervenções no meio físico-natural da bacia, que, associado à estruturação dos bairros, resultou em constantes situações de risco com as enchentes, eventos que se tornaram mais

freqüentes a partir da década de 1970 com o intenso processo de expansão urbana ocorrido no município a partir daquele período.

## RESULTADOS

Os resultados do trabalho realizado na bacia do córrego Proença mostram que a densidade de drenagem se distribui da seguinte forma: 13% apresenta baixa densidade; 28% média densidade; 37% alta densidade e, 22% apresenta densidade de drenagem muito alta (Mapa 1).

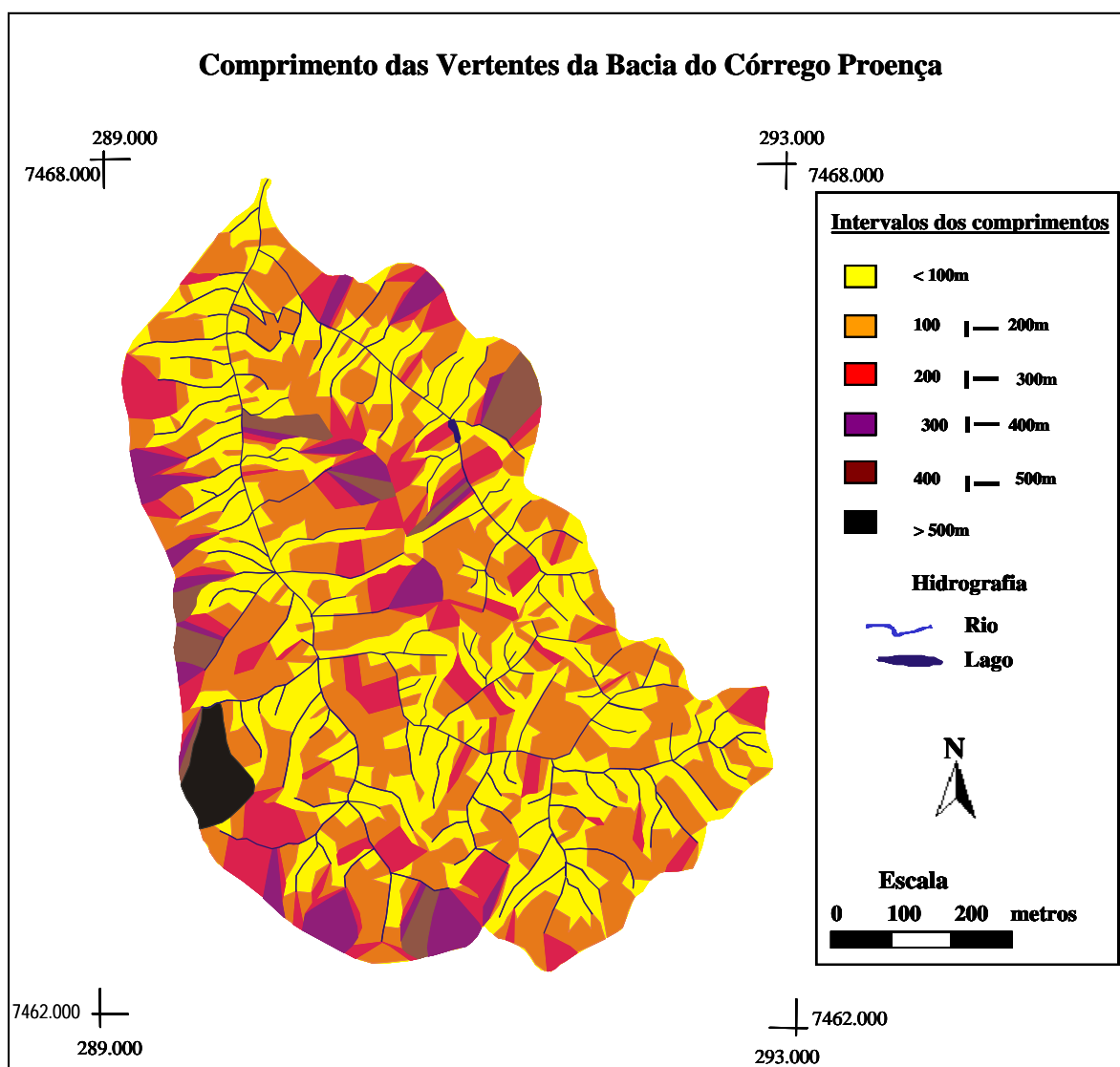


Mapa 1; Fonte: Trabalho de gabinete - Luís Ribeiro Vilela Filho

Esses dados mostram que há um predomínio das densidades alta e média, que juntas representam 65% do total. Somando-se ainda os dados para densidade muito alta, perfaz-se um total de 87%.

Por outro lado, apenas 13% apresenta densidade baixa, correspondendo às áreas pouco dissecadas. Em contrapartida, as áreas onde predominam as densidades média, alta e muito alta o relevo se apresenta mais dissecado, correspondendo às áreas de média e baixa vertentes.

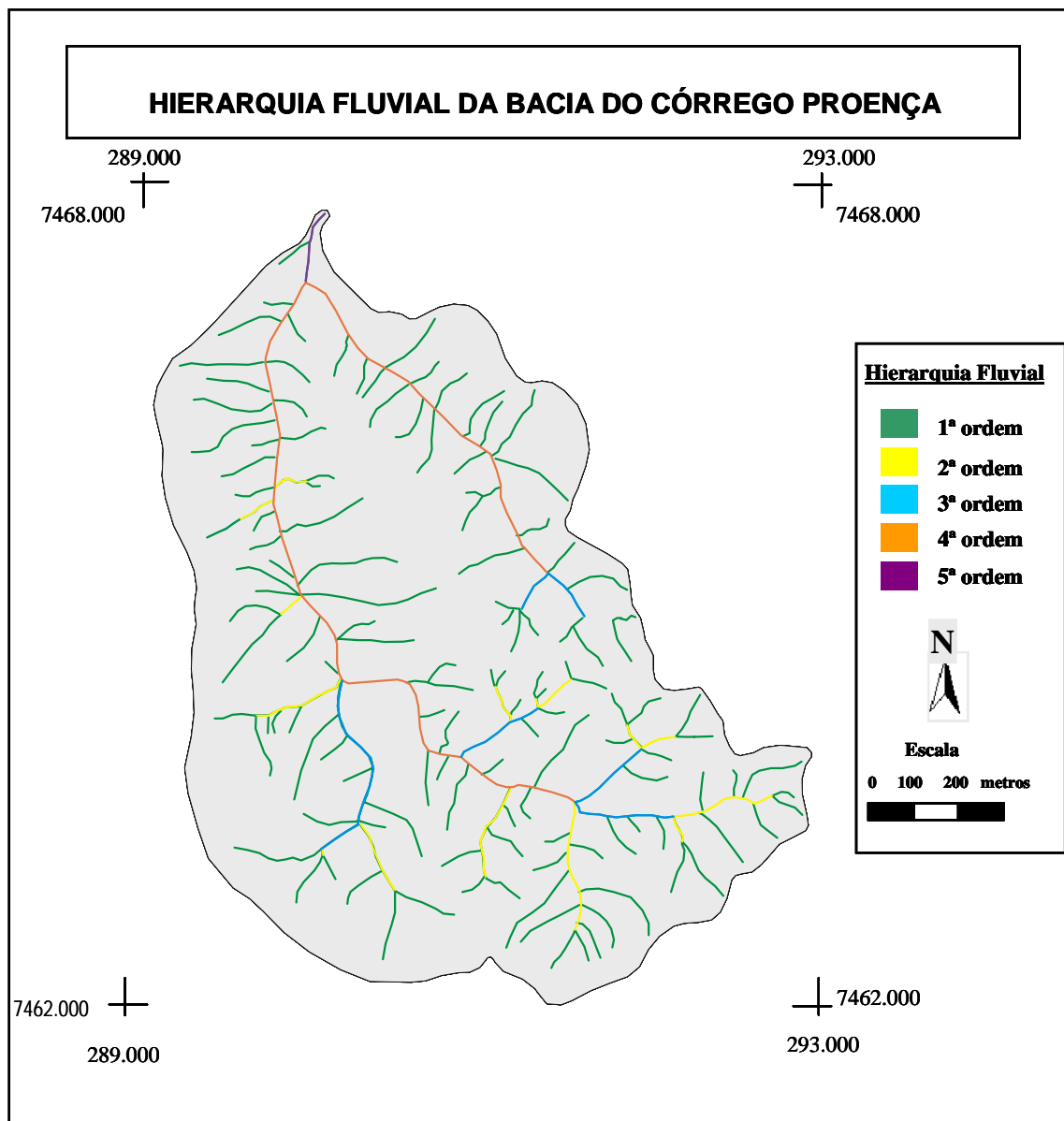
Para o comprimento das vertentes os resultados obtidos mostram que as vertentes com comprimentos inferiores a 100 metros e entre 100 e 200 metros são predominantes, representando respectivamente, 53% e 33% do total. Dentre as demais, 10% possuem comprimento ente 200 e 300 metros; 2,9% entre 300 e 400 metros; 1,0% entre 400 e 500 metros e 0,1% acima de 500 metros (Mapa 2).



Mapa 2; Fonte: Trabalho de gabinete - Luís Ribeiro Vilela Filho

Por fim, os resultados obtidos para hierarquia fluvial mostram que 82,2% dos canais fluviais são de primeira ordem; 12,3% de segunda ordem; 3,7% de terceira ordem e,

1,3% e 0,5% são canais de quarta e quinta ordem respectivamente (Mapa 3), demonstrando que há um amplo predomínio dos canais de primeira ordem, com 82,2% – sendo a quase totalidade destes, formada por canais intermitentes – indicando um relevo bastante dissecado e, conseqüentemente, com maior fragilidade.



Mapa 3; Fonte: Trabalho de gabinete - Luís Ribeiro Vilela Filho

## CONCLUSÕES

Correlacionando-se os índices morfométricos calculados para a bacia do córrego Proença pode-se aventar algumas conclusões que interessam diretamente às reflexões sobre a fragilidade do relevo e o conseqüente risco ambiental, no caso específico deste trabalho, o risco às enchentes.

Inicialmente o que chama a atenção em termos de fragilidade são os setores de média e baixa vertentes de toda a bacia, preferencialmente as que acompanham o canal

principal do Proença e de seus principais tributários, onde há uma forte correlação entre a densidade de drenagem, a hierarquia fluvial e o comprimento das vertentes.

Esses setores de média e baixa vertente caracterizam-se por apresentar rampas de pouca extensão de comprimento, maior densidade de drenagem e também estão associados à maior frequência de canais de 1ª ordem. Estes dados indicam uma maior fragilização deste ambiente em relação aos topos, que se apresentam extensos e aplainados, com exceção dos topos do setor de alto curso que são mais dissecados.

No alto curso do Proença a correlação entre os índices morfométricos demonstra que esse setor caracteriza-se por apresentar uma elevada fragilidade potencial do relevo, pois nesse setor há uma forte incidência de densidade de drenagem que inclusive apresentam maior dominância espacial, além do que, apresenta relativamente nos setores de médio e baixo curso uma maior frequência de canais de 1ª ordem, fazendo com que os topos sejam mais dissecados e praticamente não apresentem vestígios de aplainamento.

A correlação entre estas propriedades morfométricas e hidrográficas, demonstram que este setor do alto curso do Proença apresenta uma alta fragilidade potencial e alto risco aos processos erosivos nas encostas.

De maneira geral, pode-se dizer que ao analisar os dados morfométricos obtidos para a bacia do córrego Proença, percebe-se que a relação entre eles possibilita a interpretação da dinâmica hidrológica atual da bacia.

Dessa forma, nas áreas de alta vertente, os topos são aplainados e as rampas são longas. Conseqüentemente, nessas áreas predominam as baixas declividades, onde a energia potencial é baixa, o que revela a existência de terrenos menos dissecados e menor densidade de drenagem.

Por outro lado, essa condição propicia o aumento do volume de vazão. Assim, a água da enxurrada ao atingir as rampas curtas e declivosas das médias e baixas vertentes, propicia uma energia potencial grande, resultando em uma maior dissecação do terreno pelos canais de primeira ordem e, por conseqüência, maior densidade de drenagem.

A associação entre o volume de água e a energia potencial resulta em uma enorme capacidade de promover efeitos adversos com o carreamento de todo tipo de sedimento para as áreas mais baixas da bacia. Juntando-se a isso, as intervenções provenientes da urbanização como a impermeabilização do solo e as obras estruturais nos canais de drenagem, estas áreas tornam-se altamente suscetíveis aos problemas socioambientais, como é o caso das enchentes.



Dessa forma, estas características morfométricas associadas ao padrão de uso e a morfologia urbana podem viabilizar, ou nesse caso, intensificar processos morfogenéticos do sítio urbano, levando à situação de aumento da fragilidade potencial e de risco ambiental na bacia do córrego Proença.

## **BIBLIOGRAFIA**

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª edição, 1980. 188p.

IGC – **Plano Cartográfico do Estado de São Paulo**, Cartas Topográficas, folhas SF-23-Y-A-V-4-SE-B e SF-23-Y-A-V-4-SE-D), escala 1:10 000, Estado de São Paulo, 1979.

ROSS, J. L. S., **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**, São Paulo, Ed. Contexto, 1991. p. 84. (Repensando a Geografia).

-----, Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia**; n.8, p. 63 - 74. São Paulo, USP, 1994.

\_\_\_\_\_, Ensaio e Experimentos na Análise da Fragilidade dos Ambientes Naturais: O Penetrômetro de Percussão, In: **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. ° 11, p.57-66, 1997.