

ANÁLISE COMPARATIVA DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DE DUAS SUB-BACIAS COMO INSTRUMENTO AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL NO MUNICÍPIO DE ITAPEVI/SP

Fernanda Sota Salomão ¹; Alexandre Marco da Silva ²

Resumo – O município de Itapevi, localizado na porção oeste da Região Metropolitana de São Paulo, apresenta forte tendência à expansão urbana periférica para áreas de encostas e planícies de inundação. Dentre os locais em que esse cenário se apresenta está a bacia hidrográfica do Ribeirão Sapiantã, caracterizada por possuir ainda significativas porções de cobertura vegetal, na qual destacam-se fragmentos primários e em estágios médio e avançado de regeneração. Devido ao importante papel que esta porção do território exerce no amortecimento de cheias na malha urbana consolidada, o presente estudo visa avaliar algumas das propriedades físicas de duas de suas sub-bacias, a fim de possibilitar proposições quanto a eventuais respostas do meio, face às alterações na cobertura da terra, promovidas pela atual demanda habitacional. Para tanto, foram avaliados 20 parâmetros morfométricos, obtidos por meio de técnicas de geoprocessamento e calculadas por meio de equações obtidas na literatura. Verificou-se que as sub-bacias possuem características do meio físico bastante similar, devido principalmente ao fato de estarem próximas entre si. Contudo, as diferenças observadas nos diversos parâmetros morfométricos estimados nos leva a inferir que elas possuem diferentes vulnerabilidades a processos ambientais dinâmicos, os quais estão também, por sua vez, bastante relacionados às questões de cobertura da terra. Sendo assim, dentro das previsões de expansão territorial para essas áreas, faz-se necessária atenção especial quanto à preservação dos fragmentos vegetais, bem como a adoção de medidas de restrição das taxas de impermeabilização do solo, de modo a evitar a incidência de processos erosivos acelerados e ocorrências de cheias em áreas mais densamente ocupadas.

Abstract – The municipality of Itapevi, located in the western portion of the Metropolitan Region of São Paulo, has a strong tendency towards urban peripheral expansion to areas of slopes and floodplains. One of the places where this scenario is presented is the watershed of the Sapiantã River, characterized by a significant percentage of remaining vegetation cover, in which primary fragments stand out and in middle and advanced stages of regeneration. Due to the important role that this part of the territory plays in damping floods in the consolidated urban network, the present study aims to evaluate some of the physical properties of two of its sub-watersheds, to enable propositions regarding possible responses of the environment, against the land cover change promoted by the current housing demand. For that, we analyzed 20 morphometric parameters by means of geoprocessing techniques and mathematical equations surveyed in the literature. The sub-watersheds have very similar characteristics regarding the physical environment, mainly due to the fact that they are close to each other. However, the observed differences in the various morphometric parameters estimated lead us to infer that they have different vulnerabilities to processes of environmental dynamic, which are also, in turn, very related to land cover. Therefore, within the predictions of territorial expansion for these areas, special attention is needed regarding the preservation of the forest fragments, as well as the adoption of measures to restrict the waterproofing rates of the soil, in order to avoid the speed up the incidence of the erosive processes and flood events in the more densely populated areas.

Palavras-Chave – Análise morfométrica; sub-bacias; uso do solo; planejamento territorial.

¹ Aluna de pós-graduação - PPG Eng. Civil e Ambiental - ICTS - Universidade Estadual Paulista: Sorocaba – SP, (15) 3238-3411, fsalomao.ea@hotmail.com

² Orientador - Prof. Adj. - ICTS - Universidade Estadual Paulista: Sorocaba – SP, (15) 3238-3411, amsilva@sorocaba.unesp.br

1. INTRODUÇÃO

A interação entre a ocupação antrópica e o ambiente é uma questão que vem se tornando complexa e de difícil equacionamento, em especial quando se verifica a intensificação da demanda por espaços, os quais, muitas vezes, não possuem capacidade de suporte e resiliência frente às alterações do uso do solo.

A ocupação de áreas ambientalmente frágeis acaba se tornando alternativa viável, principalmente à população de menor renda. Assim, em um curto espaço de tempo são criadas condições críticas de instabilidade, já que os processos e riscos geomorfológicos locais acabam induzidos e intensificados.

Tal realidade é amplamente verificada na Região Metropolitana de São Paulo, na qual se destaca a situação do município de Itapevi, localizado em sua porção oeste, e para qual, se observa atual tendência à expansão periférica para áreas de encostas e planícies de inundação. Esse cenário é resultado da busca por lotes e construções de baixo custo, bem como da saturação demográfica e imobiliária da região central da cidade.

Dentre as áreas alvo dessa nova demanda habitacional, está a bacia hidrográfica do Ribeirão Sapiantã, que possui a maior parte de sua área de drenagem inserida no município de Itapevi, e cujo corpo hídrico principal desagua em afluente direto do Rio Tietê. Caracteriza-se pela expressiva cobertura vegetal ainda presente, fator este que contribui indiretamente para o amortecimento de processos de inundação e alagamento, recorrentes em malha urbana situada à jusante. Assim, conforme citam Soares *et al* (2016) e Abboud & Nofal (2016), a partir do reconhecimento das características naturais do local, é possível prever seu comportamento hidrológico, identificar alterações ambientais, verificar o grau de vulnerabilidade da população a fenômenos extremos, bem como fornecer subsídios ao processo de planejamento territorial.

Estudos sobre a morfologia incluem análise quantitativa acerca das formas terrestres, e da dinâmica modificadora do ambiente (PANDI *et al*, 2017). Para Lindner *et al* (2007) *apud* Trajano *et al* (2012) os índices morfométricos são importantes pressupostos para prevenção de eventos hidrometeorológicos, além de serem capazes de apontar a suscetibilidade a processos de modelagem do relevo, configurando importante instrumento para gestão de áreas.

Neste sentido, o presente artigo visa avaliar algumas das características morfométricas de duas sub-bacias, de modo a possibilitar proposições acerca de eventual resposta do meio, face às formas de pressão antrópica a que está sujeito. Os parâmetros morfométricos considerados nesta pesquisa são referentes à geometria, rede de drenagem e relevo, observados nas sub-bacias. Para obtenção desses índices, propõe-se a associação entre técnicas de geoprocessamento, aplicadas sobre modelo digital de elevação (MDE), e o uso de equações amplamente difundidas na literatura, conforme metodologias aplicadas por Silva (1999); Cherem (2008); Trajano *et al* (2012); Aher *et al* (2014); Abboud & Nofal (2016); e Pandi *et al* (2017).

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A bacia hidrográfica do Ribeirão Sapiantã abrange área de 39,25 km², inserindo-se em maior parte no município de Itapevi (80,7%), sendo o percentual restante (19,3 %), dentro dos limites do município de Vargem Grande Paulista, onde se encontram parte das nascentes que originam o canal principal, cujo nome denomina a bacia. Limita-se ainda com os municípios de São Roque, a noroeste, e Cotia, a sudeste.

O padrão climático da região, apresenta chuvas mais intensas no verão e período seco no inverno, sendo a média pluviométrica anual, observada entre os anos de 1995 e 2015, correspondente a 1357 mm (DAEE, 2018).

A área foco da pesquisa corresponde a duas sub-bacias que se encontram totalmente inseridas nos limites de Itapevi, denominadas “B1” e “B2”, e que apresentam diferentes padrões de uso e ocupação do solo (Figura 01).

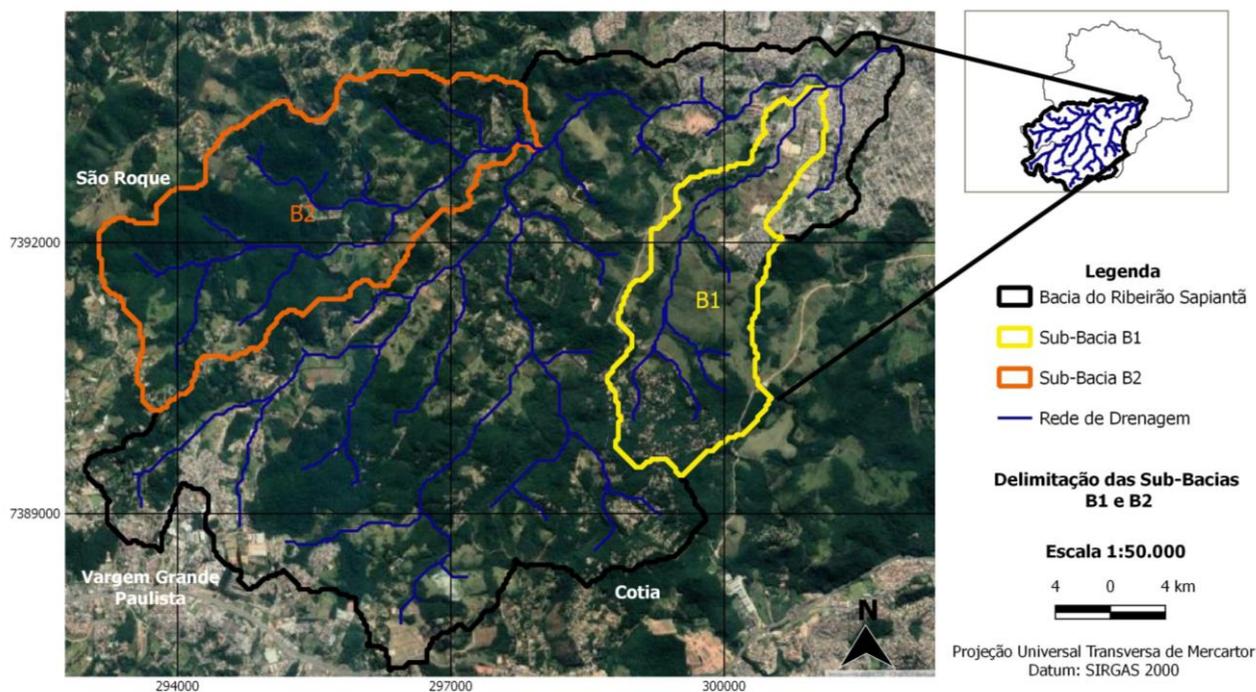


Figura 1. Localização das Sub-Bacias B1 e B2 em relação à Bacia Hidrográfica do Ribeirão Sapiantã - Itapevi/SP. Fonte: Autores.

A sub-bacia B1 situa-se na porção leste da bacia, e caracteriza-se por possuir fragmentos florestais remanescentes de Mata Atlântica, associados à ocupação antrópica por meio de residências unifamiliares em sua porção montante. À jusante, próximo à confluência com o corpo hídrico principal, verifica-se redução acentuada de cobertura vegetal, e inserção de áreas mais densamente ocupadas e integradas à área urbana consolidada do município, inclusive com ocorrência de aglomerado subnormal às margens de um dos afluentes do Ribeirão Sapiantã. Por sua vez, a sub-bacia B2 encontra-se na porção oeste da bacia, e apresenta-se com predomínio de densa cobertura vegetal, inclusive com pontos de incidência de vegetação primária e estágio avançado de regeneração. A ocupação antrópica presente corresponde a chácaras de recreio e atividade agrícola de pequeno porte. Em sua porção jusante, destacam-se áreas destinadas à exploração comercial de eucalipto.

De acordo com informações de IPT (2009), ambas as sub-bacias se situam sobre substrato do embasamento pré-cambriano, predominando a presença de rochas graníticas, migmatitos e gnaisses graníticos em B1, e migmatitos e gnaisses graníticos em B2. Também fazem parte do substrato de ambas as áreas, sedimentos cenozóicos do quaternário, caracterizados por aluviões fluviais de areia, cascalho e argila, encontrados ao longo dos canais principais de drenagem.

As sub-bacias situam-se no Planalto Paulistano, mais especificamente, no compartimento de relevo Morraria do Embu, o qual caracteriza-se por dinâmicos processos de evolução de vertentes, apresentando relevos de degradação desenvolvidos em planaltos dissecados (IPT, 2009).

A sub-bacia B1 insere-se em área com predominância de *Relevo de Morros*, sendo a porção central na tipologia *Morros Paralelos*, onde se destacam topos arredondados e vertentes com perfis retilíneos a convexos. Sua porção mais à montante é constituída por *Mar de Morros*, com formas de topos arredondados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, drenagem com alta densidade e padrões dendríticos a retangulares, vales abertos a fechados e planícies aluvionares interiores desenvolvidas. Já a porção sudeste, caracteriza-se por *Relevo de Morrotes Alongados Paralelos*, com topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos a convexos, vales fechados, e drenagem de alta densidade, cujo padrão varia entre paralelo e treliça (IPT, 2009).

A sub-bacia B2 é totalmente caracterizada por *Relevo de Morros*, predominando a tipologia *Morros Paralelos*. Sua borda oeste apresenta a tipologia *Morros com Serras Restritas*, na qual se

apresentam topos arredondados e vertentes com perfis retilíneos, por vezes abruptos. Na porção extremo norte há incidência da tipologia *Mar de Morros* (IPT, 2009).

O Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, em escala 1:250.000, elaborado por Rossi (2017), aponta que ambas as sub-bacias apresentam predominância de Argissolos Vermelho-Amarelos, distróficos, típicos e profundos, com horizonte A moderado ou proeminente, de textura argilosa, média ou media/argilosa, característicos de relevos acidentados e dissecados. Ressalta-se que solos com essas características podem apresentar relevante suscetibilidade à erosão.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de proceder com a análise das características físicas das sub-bacias B1 e B2, os estudos pautaram-se nas etapas detalhadas a seguir.

3.1. Geração de Mapas Temáticos

- Primeiramente, foi obtido junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Nacionais – INPE - *Projeto Topodata (2011)*, Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de 30 metros, em formato *raster*, cuja abrangência equivalesse à área total dos municípios de Itapevi e Vargem Grande Paulista (folha 23s48), uma vez que a necessidade de correspondência a toda área da bacia hidrográfica do Ribeirão Sapiantã;

- Obtenção de arquivo vetorial correspondente à delimitação administrativa dos municípios do Estado de São Paulo, em formato *shapefile*, junto à base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, visando à extração do limite municipal de Itapevi;

- Processamento digital do MDE por meio de software de livre acesso *Quantum Gis*, versão 2.18.7, com definição da projeção e demais parâmetros cartográficos, adotando-se a Projeção Universal Transversa de Mercator, e datum planimétrico SIRGAS 2000;

- Delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão Sapiantã, por meio da ferramenta *Taudem* (Quantum Gis), a partir da definição de ponto de exultório, direção de fluxos, área de contribuição e rede de drenagem;

- Categorização da hierarquia fluvial, conforme método definido por Strahler (1964) *apud* Abboud & Nofal (2016), e elaboração de respectivo mapa;

- Delimitação das sub-bacias B1 e B2, tendo em vista critérios como, a inserção total no município de Itapevi; densidade de rede hidrográfica; e distinção nas formas de uso e ocupação do solo;

- Elaboração de mapa hipsométrico da bacia hidrográfica e sub-bacias B1 e B2, a partir de reclassificação do MDE por representação discreta, por meio de algoritmo *r.reclass* (Quantum GIS), sendo a definição das classes altimétricas feita a partir de verificação das cotas mínima e máxima encontradas no município;

- Elaboração de mapa de declividade da bacia hidrográfica e sub-bacias B1 e B2, a partir de reclassificação do MDE por representação discreta, por meio de algoritmo *r.reclass* (Quantum Gis), sendo a definição das classes feita a partir de proposta realizada por EMBRAPA (1999);

3.2. Análise Morfométrica das Sub-Bacias B1 e B2

Nesta etapa, inicialmente foram definidos quais os parâmetros morfométricos melhor representariam as características físicas das áreas em estudo, tais como dinâmica hidrológica e suscetibilidade a processos de modelagem do relevo, de modo a possibilitar avaliação do possível comportamento do local frente a alterações no uso do solo, promovidas pelo atual cenário de expansão territorial.

Os parâmetros foram calculados, a partir de metodologias consagradas na literatura, em especial, estudos realizados por Horton (1945) *apud* Abboud & Nofal (2016), Schumm (1956) *apud* Abboud & Nofal (2016), Strahler (1958); Strahler (1964) *apud* Abboud & Nofal (2016); e Christofolletti (1969, 1971 e 1980). De modo complementar, também foram utilizadas propostas de Muller (1968) *apud* Abboud & Nofal (2016) e Villela & Matos (1975) *apud* Trajano *et al* (2012). Foram obtidos 20 parâmetros, classificados conforme Cherem (2008) nas seguintes categorias: *Classe Zonal*; *Classe Linear*; e *Classe Hipsométrica*. Tais parâmetros são capazes de expressar relações diretas ou inversamente proporcionais à ocorrência de formas de degradação nas áreas em análise (AHER *et al.*, 2014).

4. RESULTADOS

Seguindo-se as etapas definidas previamente, foram obtidos os mapas temáticos de ambas as áreas (Figuras 02, 03 e 04 – respectivamente: hierarquia da rede de drenagem, hipsometria e classes de declividade). De forma complementar, as Tabelas 01, 02 e 03, detalham quantitativamente as características representadas por cada um dos mapas.

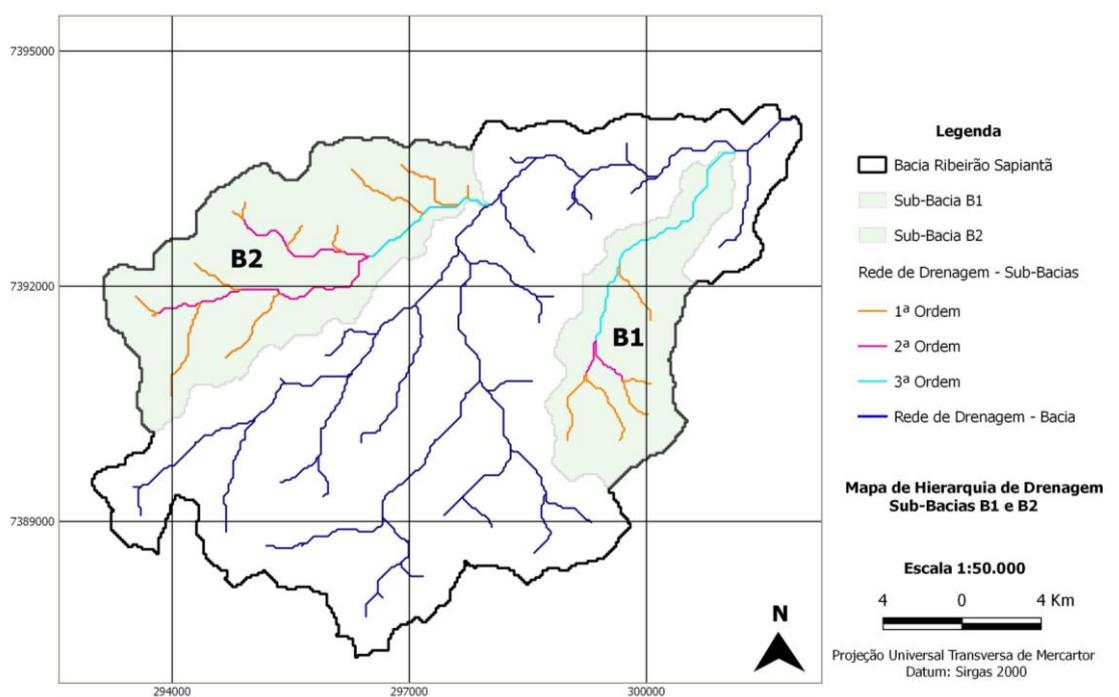


Figura 02: Hierarquia da rede de drenagem nas áreas em estudo. Fonte: Autores.

Tabela 01: Hierarquia de Drenagem na sub-bacias B1 e B2

| Sub-Bacia | Hierarquia de Drenagem/ Número de Canais | | |
|-----------|--|----------|----------|
| | 1ª Ordem | 2ª Ordem | 3ª Ordem |
| B1 | 5 | 2 | 2 |
| B2 | 12 | 7 | 3 |

Fonte: Autores.

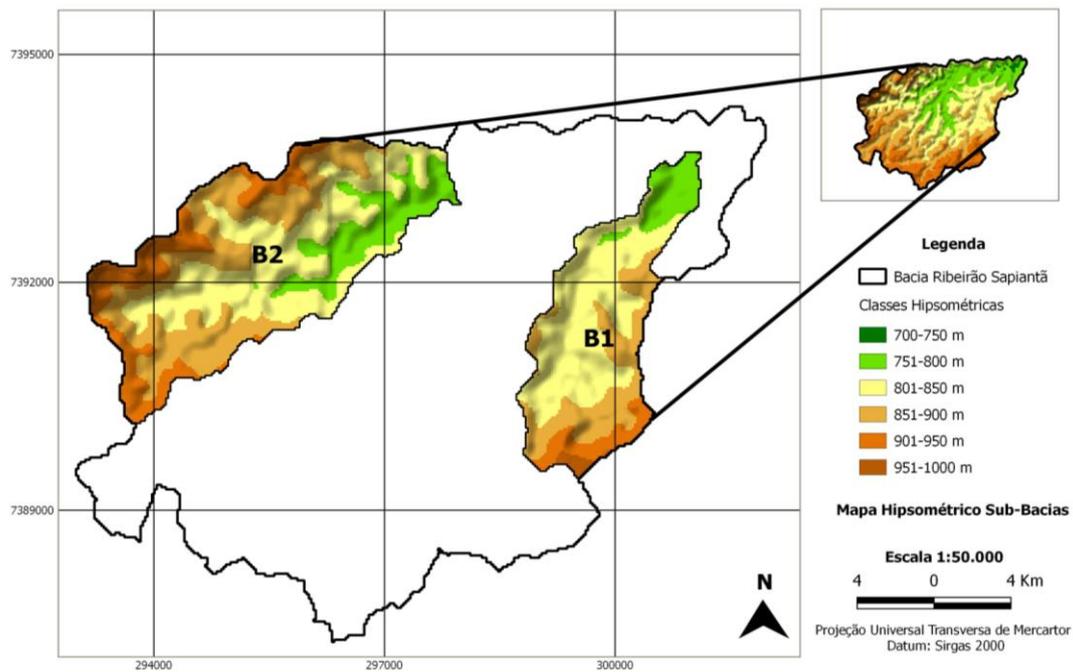


Figura 03: Mapa hipsométrico das sub-bacias B1 e B2. Fonte: Autores.

Tabela 02: Percentual de inserção das Classes Hipsométricas nas sub-bacias B1 e B2

| Sub-Bacia | Classes Hipsométricas (% de ocorrência) | | | | | |
|-----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | 700-750 m | 751-800 m | 801-850 m | 851-900 m | 901-950 m | 951-1000 m |
| B1 | 0,24 | 11,53 | 50,46 | 26,95 | 8,86 | 1,96 |
| B2 | ----- | 14,30 | 36,20 | 30,64 | 16,46 | 2,40 |

Fonte: Autores.

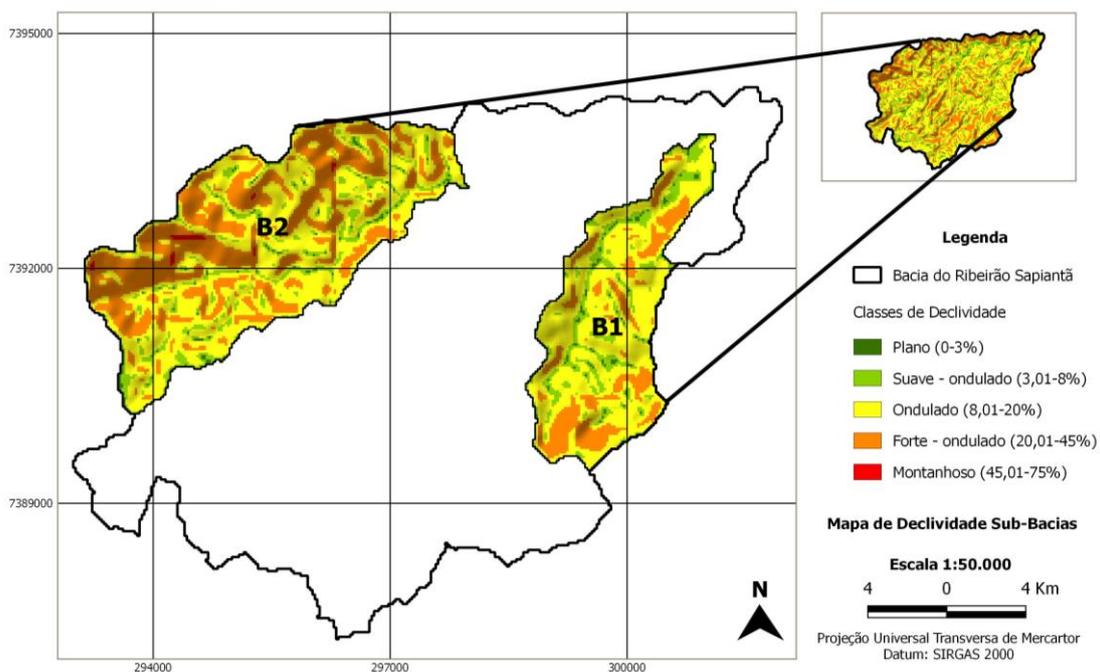


Figura 04: Mapa de declividade das sub-bacias B1 e B2. Fonte: Elaborado pelos autores, a partir da definição de classes de declividade proposta por Embrapa (1999).

Tabela 03: Percentual de inserção das Classes de Declividade nas sub-bacias B1 e B2

| Sub-Bacia | Classes de Declividade (%) | | | | |
|-----------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| | Plano (0-3%) | Suave-Ondulado (3,01-8%) | Ondulado (8,01-20%) | Forte-Ondulado (20,01-45%) | Montanhoso (45,01-75%) |
| B1 | 2,35 | 16,35 | 60,94 | 20,36 | ----- |
| B2 | 1,45 | 10,29 | 49,00 | 38,65 | 0,61 |

Fonte: Autores.

Os resultados da análise morfométrica de B1 e B2 são apresentados na Tabela 04, na qual consta ainda cada uma das equações utilizadas para os cálculos, bem como as referências adotadas para obtenção das informações.

Tabela 04: Parâmetros morfométricos calculados para as sub-bacias B1 e B2.

| Parâmetro | Fórmula | Sub-Bacia | | Referências |
|---|--|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | B1 | B2 | |
| <i>Classe Zonal</i> | | | | |
| Área (A) | | 4,99 Km ² | 8,85 Km ² | Quantum Gis |
| Perímetro (P) | | 15,24 Km | 18,84 Km | Quantum Gis |
| Índice de forma (K) | $K = P / (2\sqrt{\pi * A})$ | 1,93 | 1,78 | Christofolletti (1971) |
| Índice de Circularidade (IC) | $IC = 12,57 * (A/P^2)$ | 0,27 | 0,32 | Schumm (1956) |
| Coefficiente de Compacidade (KC) | $KC = 0,28 * (P/\sqrt{A})$ | 1,91 | 1,78 | Villela & Matos (1975) |
| Densidade de Drenagem (Dd) | $Dd = Lu/A$ Onde: Lu= comprimento total de canais | 1,74 Km/Km ² | 1,63 Km/Km ² | Horton (1945) |
| Densidade hidrográfica (Dh) | $Dh = Nu/A$ Onde: Nu= n° total de canais | 1,81 canais/Km ² | 2,49 canais/Km ² | Christofolletti (1969) |
| Coefficiente de manutenção (Cm) | $Cm = 1/Dd * 1.000$ | 574,02 m ² /m | 615,61 m ² /m | Schumm (1956) |
| <i>Classe Linear</i> | | | | |
| Hierarquia dos canais | | 3ª ordem | 3ª ordem | Strahler (1964) |
| Nº total de canais (Nu) | | 9 | 22 | Horton (1945) |
| Comprimento total dos canais (Km) | | 8,68 | 14,38 | Quantum Gis |
| Relação de Bifurcação Média (Rbm) | $Rbm = Média((Nu_x)/(Nu_{x+1}))$ Onde: Nu _x = n° de canais de ordem X Nu _{x+1} = n° de canais de ordem X+1 | 1,75 | 2,03 | Strahler (1964) |
| Extensão do percurso (Eps) | $Eps = 1/(2 * Dd)$ | 287,01 m | 307,81 m | Christofolletti (1969) |
| Índice de Sinuosidade do Canal Principal (Is) | $Is = Lc/Lv$ Onde: LC = comprimento do canal principal LV= Comprimento vetorial do canal principal | 1,38 Km/Km | 1,25 Km/Km | Muller (1968) |

Tabela 04: Parâmetros morfométricos calculados para as sub-bacias B1 e B2.

| Parâmetro | Fórmula | Sub-Bacia | | Referências |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------|
| | | B1 | B2 | |
| <i>Classe Hipsométrica</i> | | | | |
| Amplitude Altimétrica (H) | | 230 | 225 | Mapa hipsométrico |
| Altimetria predominante (CAP) | | 800-850 m | 800-850 m | Mapa hipsométrico |
| Declividade predominante (DP) | | Ondulado (8-20%) | Ondulado (8-20%) | Mapa de declividade |
| Relação de Relevo (Rr) | $Rr=H/Lc$ | 0,047 | 0,038 | Schumm (1956) |
| Textura da topografia (Tt) | $\log Tt=0,219649+1,115 \log Dd$ | 3,08 | 2,85 | Christofolletti (1969) |
| Índice de Rugosidade (Ir) | $Rt=H*Dd$ | 400,69 | 365,49 | Strahler (1958) |

Fonte: Autores.

5. DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos, constata-se que B1 e B2 possuem áreas de drenagem, respectivamente de 4,99 Km² e 8,85 Km², o que corresponde a 35% da área total da bacia hidrográfica do Ribeirão Sapiantã. Ambas são consideradas sub-bacias de 3ª ordem, conforme classificação dada por Strahler (1964) *apud* Abboud & Nofal (2016). Juntas apresentam um total de 31 canais, os quais equivalem a 23,1 Km de extensão.

As amplitudes altimétricas são 230 m (755 m a 985 m) em B1 e 225 m (765 m a 990 m) em B2. A classe altimétrica predominante é a de 801 a 850 m, verificada em aproximadamente 51% da sub-bacia B1 e 36% da sub-bacia B2. Quanto à declividade, tanto B1 quanto B2, possuem a maior parte de suas áreas enquadradas na categoria de relevo *Ondulado* (61% e 49%, respectivamente). Destacam-se ainda na sub-bacia B2, a categoria de relevo *Forte-Ondulado*, referente a quase 40% de sua área, bem como a existência de trechos enquadrados como relevo *Montanhoso* (0,61 %).

A partir de análise dos parâmetros morfométricos enquadrados como *Zonais*, observa-se que os resultados referentes aos parâmetros *K*, *IC* e *KC*, remetem a forma alongada de ambas as sub-bacias, o que tende a reduzir as probabilidades de ocorrência de cheias (TUCCI, 2012). A sub-bacia B1 apresenta valores pouco superiores para os parâmetros *K* e *KC*, e valor menor quanto ao parâmetro *IC*. Assim, apresenta-se ainda menos suscetível a inundações se comparada à B2.

Os valores encontrados para *Dh* permitem inferir que B2 é considerada como de alta densidade (2,49 canais/Km²), ao passo que B1 seria enquadrada como de baixa densidade (1,81 canais/Km²), quando confrontados com a classificação proposta por Lana *et al.* (2001), na qual valores superiores a 2 canais/ Km² são definidos como de alta densidade hidrográfica.

Com relação ao parâmetro *Dd*, considerando a classificação proposta por Christofolletti (1969), ambas as sub-bacias apresentam baixa *Dd*, visto que são inferiores a 7,5 Km/Km² (sendo: 1,74 Km/Km² e 1,63 Km/Km², respectivamente). Comparativamente, Tonelo *et al.*, (2006) encontraram valor de *Dd* de 1,05 Km/Km² para a microbacia Cachoeira das Pombas (MG), concluindo que tais valores sugerem baixa capacidade de drenagem das áreas.

O Parâmetro *Cm* é inversamente proporcional à *Dd*, e assim, considerando os valores obtidos, pode-se dizer que ambas as sub-bacias apresentam valores altos (B1 – 574,02 m²/m; B2 – 615,61 m²/m), indicando maior necessidade de área para formação de canais com fluxo perene.

Com relação aos parâmetros da classe *Linear*, verifica-se que os valores de *Rbm* apresentados podem ser considerados baixos (B1 – 1,75; B2 – 2,03), em especial quando comparado ao obtido por Silva (1999), cujos valores são da ordem de 3,1, bem como valores médios de 3,1 obtidos por Abboud & Nofal (2016). Contudo, apesar de alta similaridade entre as áreas de estudo na questão do meio físico, a sub-bacia B2 apresenta-se num padrão um pouco mais dissecado que a outra sub-bacia estudada (B1).

O Parâmetro *Eps* também se apresenta inversamente proporcional à *Dd*, sendo que quanto maior a infiltração, e, portanto, menor *Dd*, maior será a distância que as águas do escoamento superficial terão que percorrer, conforme aponta Silva (1999).

Quanto ao parâmetro *Is*, ressalta-se que se associa diretamente ao tipo de solo e sua suscetibilidade à processos erosivos. Tendo em vista a ocorrência de Argissolos Vermelho-Amarelos em ambas as áreas, bem como as características de perfis retilíneos a convexos das vertentes, poder-se-ia inferir sobre elevada carga de sedimentos que possivelmente são transportados pelos canais. Os valores encontrados para as sub-bacias (1,38 Km/Km e 1,25 Km/Km, respectivamente) indicam canais que tendem a ser mais retilíneos, conforme definição dada por Lana *et al* (2001). Tal característica pode estar associada ao padrão de declividade predominante, influente na velocidade dos fluxos e nas baixas taxas de deposição.

No caso dos parâmetros da classe *Hipsométrica*, os valores obtidos para *Rr* podem ser considerados elevados em ambas as sub-bacias, quando comparado àqueles encontrados por Abboud & Nofal (2016), evidenciando possível influência das classes de declividade observadas, sendo que para esses autores, os valores também poderiam ser relacionados a alto grau de intemperismo e processos erosivos nas sub-bacias.

O parâmetro *Tt*, cujos valores verificados em B1 e B2 (respectivamente, 3,08 e 2,85) indicam dinâmica ativa de modelagem do relevo em ambas as áreas, por meio de entalhamento e dissecação da superfície (Silva, 1999), visto que em comparação aos valores propostos por Christofolletti (1969), a textura seria definida como grosseira (valores inferiores a 4).

Observam-se elevados valores para o parâmetro *Ir* (respectivamente, 400,69 e 365,49), em especial quando se comparam com os resultados de Silva (1999), apontando alto risco de degradação das áreas, relacionado à amplitude altimétrica e ao perfil das vertentes, ainda que as áreas apresentem alta densidade de cobertura vegetal.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesse estudo permitem concluir que, embora as sub-bacias possuam características do meio físico bastante similar, devido principalmente a proximidade geográfica entre elas, apresentam diferentes vulnerabilidades a processos ambientais dinâmicos, como propensão à erosão e transporte de sedimentos, devido a diferenças observadas nos diversos parâmetros morfométricos estimados. A regulação destes processos ambientais está bastante relacionada também às questões de cobertura da terra. Assim, caso haja continuidade de processo de expansão territorial para essas áreas, faz-se necessária atenção especial quanto à preservação dos remanescentes vegetais, bem como a adoção de medidas de restrição das taxas de impermeabilização do solo, de modo a evitar a incidência de processos erosivos e ocorrências de cheias em áreas mais densamente ocupadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Unesp pelo suporte financeiro concedido.

REFERÊNCIAS

- ABBOUD, I. A.; NOFAL, R. A. 2016. Morphometric Analyses of Wadi Khumal Basin, Western Coast of Saudi Arabia, Using Remote Sensing and GIS Techniques. *Journal of African Earth Sciences*, 126, 58–74.
- AHER, P. D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR S. D. 2014. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. *Journal of Hydrology*, 511, 850–860.
- CHEREM, L. F. S. 2008. Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG. Belo Horizonte/MG. 96p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências - UFMG.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1969. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícias Geomorfológicas*, 18, 35-64.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1971. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Boletim Geográfico*, 30, 131 – 159.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 200 p.
- DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. 2018. Banco de Dados Hidrológicos. Disponível em: <www.hidrologia.daee.sp.gov.br>. Acesso em: 27 de mar. 2018.
- EMBRAPA. 1999. *Manual de Classificação dos Solos*. Brasília, CNPS, Rio de Janeiro, RJ.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Bases e Referenciais: Mapas Municipais. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais>>. Acesso: 05 mar. 2018.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2011. TOPODATA: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <www.dsr.inpe.br/topodata>. Acesso em: 11 de mar. 2018.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2009. Definição dos Processos do Meio Físico e Reavaliação do Mapeamento de Risco no Município de Itapevi (SP): Relatório Técnico. São Paulo, v.1, 59 p.
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A. 2001. Análise Morfométrica da Bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. *REM: Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, 54, 121-126.
- PANDI, P. D. *et al.* 2017. Morphometric Analyses of Neyyar River Basin, Southern Kerala, India. *Journal Geology, Ecology, and Landscapes*, 1, 249–256.
- ROSSI, M. 2017. *Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado*. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. V.1. 118p
- SILVA, A. M. 1999. *Aplicações de Técnicas de Geoprocessamento no Estudo das Relações Entre os Processos Erosivos e Sedimentológicos de Bacia Hidrográfica*. São Carlos/SP, 249p. Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.
- SOARES, L. S. *et al.* 2016. Análise Morfométrica e Priorização de Bacias Hidrográficas Como Instrumento de planejamento Ambiental Integrado. *Revista do Departamento de Geografia da USP*, 31, 82–100.
- STRAHLER, A. N. 1958. Dimensional Analysis Applied to Fluvial Eroded Landforms. *Geological Society of America Bulletin*, 69, 279-300.
- TRAJANO, S. R. R. S. *et al.* Análise Morfométrica de Bacia Hidrográfica – Subsídio à Gestão Territorial: Estudo de Caso no Alto e Médio Mamanguape. Campinas/SP, 2012. 33 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Gestão Territorial, ISSN 2317-8779; 2).
- TONELLO, K.C. *et al.* 2006. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG. *Revista Árvore*, 30, 849-857.
- TUCCI, C.E., 2012. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. São Paulo: Editora da Universidade.