

A IMPORTÂNCIA DA CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA RETROSPECTIVA PARA DEFINIÇÃO DE UNIDADES MORFOLÓGICAS COMPLEXAS – A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAMANDUATEÍ, REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia ^{1*}, Cleide Rodrigues ²

¹ Departamento de Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista (UNESP), CEP 19060-900, Presidente Prudente, SP, Brasil. E-mail: isabel.moroz@unesp.br

² Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo (USP), CEP 05508-000, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: cleidrig@usp.br

*Autor correspondente



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

RESUMO

O artigo apresenta o percurso metodológico adotado para a produção do Mapa de Unidades Morfológicas Complexas da bacia hidrográfica do rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo. Esse produto cartográfico é resultante da correlação entre os mapas de Geomorfologia Pré-Urbana e de Morfologias Antropogênicas e, portanto, apoia-se na cartografia geomorfológica retrospectiva e evolutiva. A cartografia retrospectiva e evolutiva consiste na identificação e representação da morfologia original (fase pré-urbanização) e a sequência de intervenções nas formas e materiais superficiais, oferecendo importante instrumento de identificação e interpretação de mudanças nos processos. O reconhecimento da morfologia original baseou-se nos princípios gerais da cartografia geomorfológica, a partir da análise e interpretação de fotografias aéreas dos anos de 1952 e 1962, mapas topográficos e planimétricos antigos, historiografia da cidade de São Paulo e seus arredores, e materiais iconográficos. Para a elaboração do Mapa de Morfologias Antropogênicas foram utilizadas as Cartas de Uso e Ocupação do Solo da Região Metropolitana de São Paulo e Bacia do Alto Tietê (EMPLASA, 2005), pelo fato da legenda oferecer importantes informações que refletem alguns dos indicadores de mudanças apontados por Rodrigues (2008), para a avaliação de impactos e mudanças hidrogeomorfológicas. Da correlação entre seis unidades de Morfologia Original e sete unidades de Morfologias Antropogênicas, obteve-se um total de 33 Unidades Morfológicas Complexas. Tal síntese permitiu identificar as mudanças processadas ao longo de mais de 150 anos e, identificar sobre quais tipos de morfologia original elas se processaram.

Palavras-chave: Cartografia geomorfológica retrospectiva e evolutiva; Geomorfologia pré-urbana; Morfologias antropogênicas; Unidades morfológicas complexas; Bacia hidrográfica do rio Tamanduateí.

ABSTRACT

THE IMPORTANCE OF RETROSPECTIVE GEOMORPHOLOGICAL CARTOGRAPHY FOR THE DEFINITION OF COMPLEX MORPHOLOGICAL UNITS – THE TAMANDUATEÍ RIVER BASIN, METROPOLITAN REGION OF SÃO PAULO. The article presents the methodological approach adopted for the production

¹ Esse artigo apresenta parte da tese de doutorado da autora, “Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo”, Departamento de Geografia da FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

of the Map of Complex Morphological Units of the Tamanduateí River basin in the Metropolitan Region of São Paulo. This cartographic product results from the correlation between the Pre-Urban Geomorphology and Anthropogenic Morphologies maps and, therefore, relies on retrospective and evolutionary geomorphological cartography. Retrospective and evolutionary cartography consists of identifying and representing the original morphology (pre-urbanization phase) and the sequence of interventions in surface forms and materials, providing an important tool for identifying and interpreting changes in processes. The recognition of the original morphology was based on the general principles of geomorphological cartography, from the analysis and interpretation of aerial photographs from 1952 and 1962, old topographic and planimetric maps, historiography of the city of São Paulo and its surroundings, and iconographic materials. For the preparation of the Anthropogenic Morphology Map, the Land Use and Occupation Maps of the Metropolitan Region of São Paulo and Alto Tietê Basin (EMPLASA, 2005) were used, as the legend offers important information reflecting some of the indicators of changes pointed out by Rodrigues (2008) for the evaluation of hydrogeomorphological impacts and changes. From the correlation between six units of Original Morphology and seven units of Anthropogenic Morphologies, a total of 33 Complex Morphological Units were obtained. This synthesis allowed the identification of changes processed over more than 150 years and the identification of the types of original morphology on which they were processed.

Keywords: Retrospective and evolutionary geomorphological cartography; Pre-urban geomorphology; Anthropogenic morphologies; Complex morphological units; Tamanduateí river basin.

RESUMEN

LA IMPORTANCIA DE LA CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA RETROSPECTIVA PARA LA DEFINICIÓN DE UNIDADES MORFOLÓGICAS COMPLEJAS—LA CUENCA DEL RÍO TAMANDUATEÍ, REGIÓN METROPOLITANA DE SÃO PAULO. El artículo presenta el abordaje metodológico adoptado para producir el Mapa de Unidades Morfológicas Complejas de la cuenca del río Tamanduateí, en la Región Metropolitana de São Paulo. Este producto cartográfico es el resultado de la correlación entre los mapas de Geomorfología Preurbana y de Morfología Antropogénica y, por lo tanto, se basa en la cartografía geomorfológica retrospectiva y evolutiva. La cartografía retrospectiva y evolutiva consiste en identificar y representar la morfología original (fase de preurbanización), así como la secuencia de intervenciones en las formas superficiales y los materiales, ofreciendo una importante herramienta para identificar e interpretar los cambios en los procesos. El reconocimiento de la morfología original se basó en los principios generales de la cartografía geomorfológica, a partir del análisis e interpretación de fotografías aéreas de 1952 y 1962, mapas topográficos y planimétricos antiguos, historiografía de la ciudad de São Paulo y su entorno, y materiales iconográficos. Para la elaboración del Mapa de Morfologías Antropogénicas se utilizaron los Mapas de Uso y Ocupación del Suelo de la Región Metropolitana de São Paulo y de la Cuenca del Alto Tietê (EMPLASA, 2005), ya que la leyenda proporciona información importante que refleja algunos de los indicadores de cambio señalados por Rodrigues (2008) para evaluar los impactos y cambios hidrogeomorfológicos. La correlación entre seis unidades de Morfología Original y siete unidades de Morfología Antropogénica resultó en un total de 33 Unidades Morfológicas Complejas. Esta síntesis permitió identificar los cambios que han tenido lugar a lo largo de más de 150 años e identificar los tipos de morfología original sobre los que se han producido.

Palabras clave: Cartografía geomorfológica retrospectiva y evolutiva; Geomorfología preurbana; Morfologías antropogénicas; Unidades morfológicas complejas; Cuenca del río Tamanduateí.

1 INTRODUÇÃO

O mapeamento das Unidades Morfológicas Complexas da bacia hidrográfica do Rio Tamanduaí foi realizado com base na metodologia de Rodrigues (2004, 2005, 2010), que, partindo de testes e experiências práticas em avaliação ambiental e referências de trabalhos em geomorfologia pura e aplicada (Hart, 1986; Nir, 1983; Toy & Hadley, 1987; Tricart, 1978; Verstappen, 1983), busca reconhecer os sistemas geomorfológicos em seus diversos estágios de intervenção antrópica, enfatizando os ambientes urbanos, a partir da cartografia geomorfológica retrospectiva e evolutiva.

A cartografia geomorfológica retrospectiva evolutiva consiste na reconstituição, identificação e representação das morfologias originais e da sequência de intervenções antrópicas nas formas e materiais superficiais, possibilitando a identificação e interpretação de mudanças nos processos hidrogeomorfológicos, tais como aumento do escoamento superficial concentrado entre outros que podem resultar no aumento da frequência e magnitude de inundações ou de processos erosivos, criados ou induzidos pela ação antrópica. Referências a respeito da cartografia geomorfológica retrospectiva evolutiva podem ser encontradas em Lima (1990); Batista (2002); Carvalho (2002); Silva (2005); Berges (2013); Claro (2013); Luz e Rodrigues (2013); Luz (2014); Moroz-Caccia Gouveia e Rodrigues (2017); Luz (2024); Rodrigues (2024); dentre outros.

Nesta abordagem, a ação antrópica deve ser entendida como um conjunto e uma sequência de modalidades de intervenções sobre as unidades morfológicas. De acordo com Nir (1983) tais modalidades são representadas pelo desmatamento, atividades de pastoreio e agricultura, mineração, intervenções lineares (ferrovias, pontes, rodovias, entre outros), intervenções no sistema hidrológico (retificações, represamentos e diques), e processos decorrentes da urbanização. De acordo com Rodrigues (1997, 2024) cada uma destes grandes conjuntos de interferência antrópica pode e deve ser subdividida e interpretada à luz da perspectiva ou abordagem geomorfológica.

Desta forma, cumpre esclarecer que as categorias de intervenção antrópica consideradas neste estudo, referem-se exclusivamente às intervenções da modalidade “urbanização”. No estudo, adota-se o entendimento de “morfologia original” como sendo a morfologia pré-intervenção, ou melhor, pré-urbanização.

A morfologia original seria, portanto, aquela que não sofreu intervenção direta nas formas originais e tampouco alterações significativas de seus materiais, embora seus processos possam modificar-se a partir de outras intervenções, como por exemplo, pela supressão de cobertura vegetal. Deste modo, entende-se por morfologia original aquela cujos atributos (extensão, declividades, rupturas e mudanças de declives, dentre outros) não sofreram modificações diretas significativas – de dimensões métricas nos atributos – por intervenção antrópica direta ou indireta (Rodrigues, 2005, p. 103).

Segundo Rodrigues (2005), nos estudos de cartografia retrospectiva já efetuados em grandes escalas, foram levantados e analisados atributos morfométricos tais como: geometria de vertentes (retilidades, convexidades e concavidades); extensão e declividades de vertentes; geometria de subsetores de vertentes (anfiteatros com nichos de nascentes, rupturas, mudanças de declives) e suas respectivas posições na vertente (terço superior, médio e inferior); além de parâmetros morfológicos dos materiais superficiais e solos, tais como profundidade, textura, estrutura, densidade, porosidade e transições características entre horizontes pedológicos. Para o resgate da morfologia original pode-se contar ainda com outras fontes de informação, tais como documentos de obras históricas, registros iconográficos e depoimentos de antigos moradores em áreas de processo de urbanização mais recentes. Rodrigues et al. (2024) apresentam os procedimentos e as fontes de informação recomendadas na abordagem histórica em geomorfologia.

Já a cartografia das morfologias antropogênicas, pode ser realizada por meio da cartografia evolutiva, abrangendo sequências cronológicas de intervenções. No caso de intervenções correspondentes à categoria “urbanização” torna-se necessário identificar suas subcategorias, como por exemplo, estágios de consolidação urbana, conforme proposto por Rodrigues (2005, 2010, 2014). A autora afirma que em escalas de detalhe, é fundamental a investigação do padrão de arruamento, densidade de edificações e estágio de consolidação urbana. Esses dados podem ser obtidos pela fotointerpretação de sequências cronológicas que busquem resgatar tipos de intervenção pela análise de cartografia de base de diversas épocas, além de entrevistas e levantamentos de campo (Rodrigues, 2005, p. 106).

Em estudos de cartografia geomorfológica retrospectiva e evolutiva, realizados em diversas

escalas e diferentes áreas da Região Metropolitana de São Paulo, Rodrigues (2005) identificou as denominadas “unidades morfológicas complexas”. Essas unidades resultam da correlação entre morfologias originais e sequências de intervenção antropogênicas. Portanto trata-se de unidades espaciais, que reúnem simultaneamente características semelhantes quanto a esses dois conjuntos de dados e, portanto, podem apresentar semelhantes dinâmicas hidrogeomorfológicas. (Moroz-Caccia Gouveia & Rodrigues, 2017; Rodrigues, 2005). A identificação das unidades complexas é importante para o planejamento urbano, pois permite compreender quais modificações nos processos podem ocorrer, quando se verificam determinadas categorias de intervenções antrópicas sobre determinadas morfologias originais, com combinações únicas.

Este artigo buscou evidenciar a relevância da cartografia geomorfológica retrospectiva na identificação de unidades morfológicas complexas, além de destacar o potencial dessas unidades no contexto urbano, fornecendo bases para decisões relacionadas à gestão territorial e ambiental e à implementação de medidas de prevenção ou mitigação de impactos e elaboração de políticas públicas.

2 ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí - BHRT (Figura 1) tem sua porção superior sobre o embasamento cristalino, representado pelas unidades litológicas Complexo Embu e, mais restritamente, Suítes Graníticas Indiferenciadas. Seu trecho médio assenta-se sobre sedimentos Cenozoicos da Bacia Sedimentar de São Paulo, enquanto seu trecho mais a jusante corresponde à ocorrência de sedimentos aluviais do Quaternário.

De acordo com Ross e Moroz (1997), a parte superior da BHRT, nos municípios de Mauá, Diadema, São Bernardo do Campo, Santo André, São Caetano do Sul e sul do município de São Paulo, estão inseridos na morfoestrutura denominada Cinturão Orogênico do Atlântico, na unidade morfoescultural Planalto Paulistano, onde predominam formas de relevo denudacionais, cujos modelados constituem-se basicamente em morros médios e altos, de dissecação média, com topos convexos. As altimetrias predominantes situam-se entre 800 a 1.000 m. A litologia é basicamente constituída por migmatitos, granitos, micaxistos e gnaisses. As drenagens apresentam um padrão dendrítico, com densidades entre média e alta, com vales entalhados.

As porções média e inferior da bacia hidrográfica do rio Tamanduateí inserem-se na

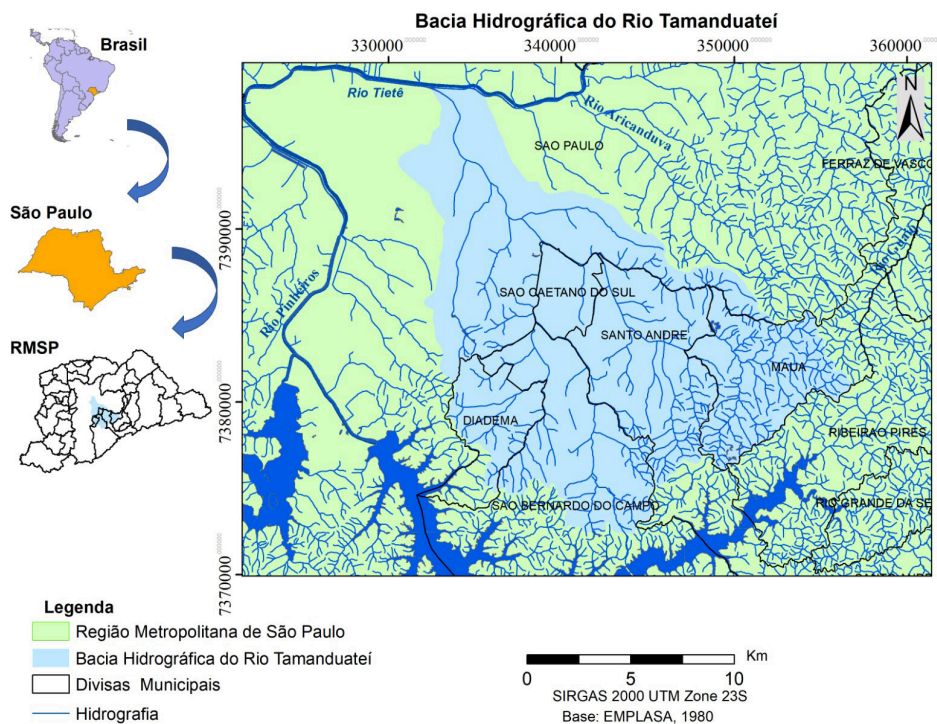


FIGURA 1 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí.

unidade morfoestrutural denominada por Ross e Moroz (1997), como “Bacias Sedimentares Cenozoicas”. Em relação às unidades morfoesculturais, a porção média da BHRT abrange a morfoescultura denominada Planalto de São Paulo, enquanto a porção inferior corresponde às planícies fluviais.

Segundo Ross e Moroz (1997), no Planalto de São Paulo predominam formas de relevo denudacionais, cujos modelados constituem-se basicamente por colinas e patamares aplanados, destacando-se vales fluviais com cabeceiras entalhadas, enquanto que os patamares apresentam baixo entalhamento. As altimetrias predominantes situam-se entre 700 a 800 metros, sendo que os patamares aplanados encontram-se em altitudes em torno de 740 metros e o setor colinoso encontra-se entre 760 a 800 metros. A litologia desta unidade constitui-se basicamente por argilas, areias e lentes de conglomerados.

A planície fluvial do rio Tamanduateí situa-se entre 720 a 730 metros de altitude. São terrenos planos, de natureza sedimentar fluvial quaternária e onde associam-se feições de terraços fluviais, cerca de 1 a 2 metros mais elevados que as planícies de inundação. No mapeamento de maior detalhe da morfologia original, essas características morfométricas foram também confirmadas (Moroz-Caccia Gouveia, 2010).

3 MAPA DA GEOMORFOLOGIA PRÉ-URBANA (APÊNDICE – MAPA 1)

Para o resgate da morfologia original, Coltrinari (1996) sugere o uso de fotografias aéreas e terrestres, mapas topográficos atuais e antigos, relatórios técnicos, científicos, políticos e socioeconômicos que possam oferecer um diagnóstico do ambiente. Além dessas fontes, Rodrigues (2004; 2024) acrescenta ainda o uso de acervos históricos de obras de engenharia, além de materiais iconográficos (jornais, figuras, fotografias, pinturas, dentre outros), entrevistas com antigos moradores e pessoas-chaves em instituições, sob o olhar de um geomorfológico (Carvalho, 2006; Gurnell et al., 2003; Trimble, 2008).

O resgate da morfologia original baseou-se fundamentalmente na análise e interpretação de foto-

grafias aéreas e cartas topográficas, sendo auxiliado por registros históricos, como estudos sobre a história da cidade de São Paulo e seus arredores, além de materiais iconográficos. Contou ainda com o apoio de informações de caráter geomorfológico e geológico (Ab'Saber, 1957; Almeida, 1953; EMPLASA, 1980; Melo et al., 1989; Riccomini & Coimbra, 1992; Riccomini et al., 1992; dentre outros), além de informações obtidas em estudos nas análises de cunho histórico que, embora dispersas em diversas obras, foram passíveis de espacialização após minuciosa seleção e criteriosa análise e localização espacial.

Embora os documentos utilizados como base cartográfica (fotografias aéreas de 1952 e 1962; cartas topográficas SARA BRASIL de 1930 e base cartográfica do Sistema Cartográfico Metropolitano de 1980) sejam de datas bem posteriores às primeiras intervenções, e já apresentasse a área bastante modificada, esses documentos permitiram a identificação de algumas “janelas de interpretação”² que fornecem importantes subsídios para a reconstituição do ambiente natural.

O reconhecimento da morfologia original baseia-se nos princípios gerais da cartografia geomorfológica. Para escalas de detalhe, utilizam-se cartas topográficas e fotografias aéreas cujas datas sejam as mais antigas possíveis e, portanto, ofereçam informações, ainda que parciais, sobre a distribuição espacial da morfologia pré-intervenção. (Rodrigues, 2024).

As ações antrópicas, na perspectiva da geomorfologia antropogênica, devem ser entendidas como um conjunto de modalidades de intervenções de ‘drivers’ sociais, econômicos e políticos, mas em sua natureza geomorfológica. De acordo com Nir (1983) e de acordo com Rodrigues (1997), dentre outros autores, tais modalidades são representadas pelos diversos tipos de desmatamento, de atividades de pastoreio e agricultura, de mineração, de intervenções lineares (ferrovias, pontes, rodovias, entre outros), de intervenções no sistema hidrológico (retificações, represamentos e diques), e processos decorrentes da urbanização e assentamentos.

O presente estudo considerou como período pré-intervenção ou pré-urbanização o período anterior à segunda metade do século XIX, Embora a

² “Quando tentamos reconstruir a evolução pretérita da paisagem física e estabelecer a cronologia de seus estágios de evolução, estamos confinados a “janelas” de tamanho e opacidade limitados e variados (Lewin, 1980). É através das “janelas” que sobrevivem que podemos colher a evidência necessária para permitir a reconstituição ambiental, e, necessariamente, o número de evidências remanescentes em uma dada área dependerá da idade da paisagem e das posteriores mudanças que afetavam a referida paisagem. As evidências que podem ser obtidas através das janelas disponíveis são de quatro tipos principais. Primeiramente, está a evidência relacionada com a morfologia do meio ambiente, e uma porção de um terraço fluvial poderia ser um fragmento de evidência, através da “janela”, de um fundo de vale muito mais extenso no passado. Em segundo lugar está a evidência dos sedimentos e dos materiais, e o material que compõe o terraço fluvial poderia ser utilizado para se inferir algo a respeito do modo de deposição e do ambiente físico na época. Em terceiro lugar está o conhecimento sobre o processo operante na paisagem, e isso pode ser obtido por meio de registros históricos ou por analogia com situações de outros lugares. Em quarto lugar, encontram-se os fragmentos de evidências que permitem que a datação relativa e absoluta seja realizada por uma gama cada vez mais variada de técnicas.” (Gregory, 1992, p. 107–108).

povoação do sítio urbano de São Paulo já houvesse se iniciado há três séculos, só a partir de então se iniciaram intervenções mais significativas geomorfologicamente no meio físico, relacionadas diretamente ao processo de urbanização.

O Quadro 1 apresenta a documentação cartográfica utilizada para elaborar o mapa da geomorfologia pré-urbana (morfologia original).

O resgate da morfologia original da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí revelou-se um verdadeiro “quebra-cabeça” em função da total dispersão de informações coletadas.

No que se refere às bases cartográficas planialtimétricas antigas, contou-se apenas com a carta topográfica (Folha IV) em escala 1:20.000, de 1930, da empresa SARA BRASIL, com a ressalva de que o documento abrange apenas o município de São Paulo. Cabe ainda ressaltar que o levantamento aerofotogramétrico efetuado para a elaboração dessa

coleção de cartas topográficas perdeu-se no tempo. Os negativos das aerofotografias, entregues pela empresa SARA BRASIL S/A. à Prefeitura de São Paulo, na época, desapareceram; e mesmo a sede da empresa, na Itália, não possui tal material, pois o mesmo foi perdido durante os distúrbios da Segunda Guerra Mundial.

Diante disso, o levantamento aerofotogramétrico mais antigo, disponível para a área, data de 1952, da empresa Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul, em escala 1:25.000. Ainda assim, o referido levantamento recobre apenas cerca de 80% da área total da bacia hidrográfica, obrigando a recorrer às fotografias aéreas de 1962, em escala 1:25.000, do Instituto Agrônomo de Campinas, cujo levantamento aerofotogramétrico foi executado pela empresa Aerofoto Natividade S/A., para completar o recobrimento total da área.

QUADRO 1 – Documentação cartográfica utilizada para elaborar os mapas da geomorfologia pré-urbana (morfologia original).

<i>MATERIAIS CARTOGRÁFICOS</i>	<i>REFERÊNCIAS</i>
Planta da imperial cidade de São Paulo (1810 – reedição de 1941, com acréscimos), escala aproximada 1:10.000.	Costa (1810/1954)
Planta da cidade de São Paulo 1841, escala aproximada 1:5.000.	Bresser (1841/1954a)
Mappa da cidade de São Paulo e seus su-búrbios s/d (c. 1847), escala aproximada 1:5.000	Bresser (1847/1954b)
Mappa da imperial cidade de São Paulo (1855), escala aproximada 1:10.000	Rath (1855/1954a)
Planta da cidade de São Paulo (1868), escala aproximada 1:10.000	Rath (1868/1954b)
Mapa da capital da Província de São Paulo (1877), escala aproximada 1:3.500	Albuquerque & Martin (1877/1954)
Planta da capital do estado de São Paulo e seus arredores (1890), escala aproximada 1:6.000	Martin (1890/1954)
Planta da cidade de São Paulo (1895), escala 1:10.000	Bonvicini (1895/1954)
Planta geral da capital de São Paulo (1897), escala aproximada 1:20.000	Cardim (1897/1954)
Planta geral da cidade de São Paulo (1905), escala 1:20.000	Cococi & Costa (n.d.)
Planta geral da cidade de São Paulo (1914), escala 1:20.000	Comissão Geográfica e Geológica (n.d.)
Mappa topographico do município de São Paulo, 1930, escala 1:30.000, folha IV	Sara Brasil S/A (1930a)
Mappa topographico do município de São Paulo, 1930, escala 1:5.000, folhas 37, 50, 51, 52, 65 e 66.	Sara Brasil S/A (1930b)
Planta da cidade de São Paulo e municípios circunvizinhos (1943), escala 1:50.000.	The São Paulo Tramway Light & Power Co. LTD. In Secretaria do Estado de Economia e Planejamento/Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC)
Fotografias aéreas 1952 – Escala 1:20.000	Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul. Faixa 5 (094-091); Faixa 4 (070 – 076); Faixa 3 (053-048); Faixa 2 (034-042) e Faixa 1 (013-003).
Carta geomorfológica do Planalto Paulistano e vizinhanças (1953), escala aproximada 1:200.000.	Almeida (1953)
Mapa geomorfológico esquemático do sítio urbano de São Paulo (1957), escala aproximada 1:75.000.	Ab'Saber (1957)
Fotografia aéreas 1962 – 1:25.000	Instituto Agrônomo de Campinas. Aerofoto Natividade S/A Região 7 T 4015-4007.

Fonte: Moroz-Caccia Gouveia e Rodrigues (2017)

Tais limitações, bem como a extensão da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, justificam a escolha da escala da pesquisa – 1: 25.000.

Conforme já ressaltado, as bases disponíveis referem-se a datas em que importantes intervenções antrópicas já haviam se processado na área, principalmente na porção paulistana da bacia hidrográfica do rio Tamanduateí. Além do esforço de identificar vestígios ou “janelas de interpretação” para o resgate da morfologia original, recorreu-se à análise minuciosa de documentação cartográfica do século XIX e início do século XX, registros históricos, documentos iconográficos e estudos históricos.

Tais procedimentos, por sua vez, apresentaram dificuldades de diversas naturezas. As plantas da cidade de São Paulo, por exemplo, datadas do século XIX e início do século XX, além de não possuírem informações topográficas, foram executadas a partir de diferentes referenciais cartográficos (projeções, escalas, coordenadas, entre outros.), carecendo de precisão, em função dos recursos técnicos disponíveis na época. Somando-se a isso, verificou-se que muitas delas encontram-se alteradas, com adição de informações por usuários (rabiscos, traçados a lápis, manchas, rasgos), o que muitas vezes, compromete o nível de confiabilidade das informações oferecidas pelas mesmas.

Também a busca de informações, referentes à morfologia original, em estudos históricos sobre a cidade de São Paulo e seus arredores, apresentou algumas dificuldades, pois além das informações de caráter mais geográfico encontrarem-se bastante dispersas em meio às interpretações históricas, raramente apresentam-se espacializadas ou contextualizadas no conjunto da paisagem de forma satisfatória, exigindo um volumoso trabalho de sistematização para a espacialização cartográfica.

A primeira etapa da confecção do Mapa da Geomorfologia Pré-Urbana consistiu na interpretação de fotografias aéreas de 1952 e de 1962 (Quadros 2 e 3). A fotointerpretação, feita a partir de pares

estereoscópicos, com a utilização de estereoscópio de bolso, permitiu a identificação e mapeamento, em *overlays*, de elementos tais como cursos d’água, nichos de nascentes, divisores de drenagem e sistemas interfluviais, rupturas e mudanças de declives. Cabe ressaltar que, embora nas datas de recobrimento das fotografias aéreas (1952 e 1962) a área já se encontrasse bastante antropizada, principalmente na planície fluvial do rio Tamanduateí; ainda foi possível identificar alguns remanescentes da morfologia original, tais como trechos de terraços fluviais, meandros abandonados e limites de planície de inundação. Essas informações foram posteriormente confrontadas com aquelas apresentadas em Ab’Saber (1957) e Almeida (1953), bem como com o Mapa Geológico da RMSP (EMPLASA, 1980), e apresentaram-se bastante coincidentes.

Numa segunda etapa, os *overlays* foram sobrepostos e ajustados à base topográfica na escala 1:25.000 (EMPLASA, 1980). A base topográfica, por sua vez, foi complementada no que se refere à rede hidrográfica, uma vez que, a partir das informações (cartográficas ou textuais) obtidas nos documentos históricos, foi possível inferir o traçado original dos cursos d’água.

Com as informações obtidas pela fotointerpretação e pelas análises da base topográfica e da

QUADRO 3 – Folhas topográficas (1:25.000) utilizadas para elaboração de base cartográfica.

<i>Folhas Topográficas 1:25.000 EMLASA (1980)</i>	
331	SF-23-Y-C-VI-2-NO
332	SF-23-Y-C-VI-2-NE
333	SF-23-Y-C-VI-2-SO
334	SF-23-Y-C-VI-2-SE
322	SF-23-Y-C-VI-4-NE
431	SF-23-Y-D-IV-1-NO
433	SF-23-Y-D-IV-1-SO

QUADRO 2 – Fotografias aéreas utilizadas para a elaboração do Mapa da Geomorfologia Pré-Urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí.

ANO	FAIXA	NÚMERO	ESCALA	EXECUÇÃO
1952	FAIXA 5	094 - 091	1:20.000	Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul
	FAIXA 4	070 - 076		
	FAIXA 3	053 - 048		
	FAIXA 2	034 - 042		
	FAIXA 1	013 - 003		
1962	REGIÃO 7 T	4015 -4007	1:25.000	Instituto Agrônômico de Campinas - Aerofoto Natividade S/A

pesquisa histórica, foi possível então a elaboração do mapeamento geomorfológico completo.

Além de informações referentes à morfologia, a análise das cartas topográficas forneceu ainda as informações morfométricas presentes na legenda do mapa. Através da fotointerpretação e com o auxílio de cartas topográficas, foi possível a identificação da morfologia, em relação aos seguintes atributos: geometria de vertentes (retilindades, convexidades e concavidades); geometria de subsetores de vertentes (anfiteatros com nichos de nascentes, rupturas e mudanças de declives) e suas respectivas posições na vertente (terço superior, médio e inferior); além da identificação de aspectos básicos relacionados à morfogênese, tais como processos denudacionais e agradacionais. Ressalta-se apenas que, em função da escala de mapeamento, alguns elementos necessitaram serem agrupados (topos, patamares e elementos convexos e plano-convexos foram agrupados em “Elementos convexos e plano-convexos de Alta Vertente”, por exemplo). Tais simplificações ou generalizações levaram em consideração o significado morfodinâmico da geometria das formas e basearam-se em Lima (1990).

Conforme pode ser observado (Apêndice - Mapa 1), a legenda desse mapa apresenta estrutura que se articula parcialmente à proposta de Taxonomia do Relevo (Ross, 1992).

Para a delimitação dos três primeiros táxons (Unidades Morfoestruturais, Unidades Morfoesculturais e Unidades de Padrões de Formas Semelhantes), confrontaram-se os limites de Tipos de Formas de Relevo (4º Táxon), ressaltados pelas diferenças morfológicas e morfométricas aos limites litológicos do Mapa Geológico da RMSP (EMPLASA, 1980).

Em função da escala de mapeamento escolhida (1:25.000) e do nível de detalhamento necessário para a avaliação de mudanças nas formas, materiais e processos, recorreu-se a alguns preceitos e conceitos da cartografia de detalhe, para o mapeamento do 5º e 6º táxon (Elementos das Vertentes e Planície Fluvial e Pequenas Formas, respectivamente.), conforme Rodrigues (2024) e sua estrutura de legenda articulável a Ross (1992).

A legenda privilegia ainda alguns aspectos importantes para a análise morfodinâmica, sendo considerados aspectos relacionados à geometria (forma) e morfometria de segmentos de vertentes, seu posicionamento na vertente (alta ou média-baixa vertentes) e limites desses elementos, definidos por rupturas ou mudanças de declividade.

Tais opções baseiam-se em Lima (1990) e Rodrigues (2024), que considera o conceito de vertente de Dylik (1968) e faz referência a três parâmetros (forma, declives e posicionamento) que devem ser considerados na definição dos elementos de uma vertente. O significado destas unidades para a compreensão dos processos atuais deve-se ao fato de que a intensidade dos processos hidrológicos de vertente é também dependente dos declives e da posição relativa destas unidades, representados pelos limites morfológicos (Lima, 1990; Rodrigues, 2024).

As interpretações acerca da geometria dos elementos de vertente e tendências do comportamento hidrodinâmico basearam-se em Ruhe (1975), Colângelo (1996) e Ross (1990, 1992, 2004), Furian et al. (2002) dentre outros.

Após a elaboração analógica do Mapa da Geomorfologia Pré-Urbana, o mesmo foi escaneado, vetorizado e georeferenciado através do Programa ArcGIS 9 (Arcmap 9.2). Esse procedimento, além de visar a edição gráfica, foi realizado com o intuito de possibilitar a correlação desse produto com Mapa de Morfologias Antropogênicas, e permitir ainda a elaboração de um produto cartográfico síntese – Mapa de Unidades Morfológicas Complexas. Os recursos do Sistema de Informações Geográficas facilitaram a mensuração de dados espacializados sobre as morfologias originais e morfologias antropogênicas, permitindo a análise quantitativa das mudanças na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí.

4 MAPA DE MORFOLOGIAS ANTROPOGÊNICAS (APÊNDICE – MAPA 2)

Nessa segunda etapa, o primeiro passo foi reconhecer as modalidades de intervenções antrópicas passíveis de serem mapeadas na escala de análise (1:25.000). Nesse sentido, as escolhas foram realizadas a partir da seleção de indicadores (morfológicos, de materiais superficiais e hidrogeomorfológicos) conforme seleção de Rodrigues (2008).

O Mapa de Morfologias Antropogênicas foi produzido a partir de uma atualização e releitura das Cartas de Uso e Ocupação do Solo da RMSP e Bacia do Alto Tietê – 2005, elaboradas pela EMPLASA, na escala 1:25.000.

A opção pela utilização desse mapeamento de Uso do Solo, justifica-se pela disponibilidade do material na mesma escala adotada nesta pesquisa (1:25.000), e pelo fato da legenda oferecer importantes informações que refletem alguns dos

indicadores de mudanças apontados por Rodrigues (2008), para a avaliação de impactos e mudanças hidrogeomorfológicas, relativos à modalidade de intervenção urbana.

Os conteúdos da legenda original das Cartas de Uso do Solo (EMPLASA, 2005) foram agrupados por critérios hidrogeomorfológicos conforme o Quadro 4.

As morfologias originais ou semi-preservedas são consideradas como áreas que ainda não sofreram modificações significativas, em termos de formas, materiais e processos, decorrentes da urbanização.

As “Áreas predominantemente dotadas de cobertura vegetal (matas, capoeiras, campos, vegetação de várzea ou reflorestamentos)” correspondem a parques e áreas verdes, áreas desocupadas, ou ainda, chácaras de lazer ou com atividades hortifrutigranjeiras. Embora possam ter sido alvo de intervenções antrópicas, não apresentam morfologias antropogênicas decorrentes diretamente da urbanização. As áreas de chácaras e reflorestamentos, por exemplo, já não possuem a cobertura vegetal original, no entanto, não apresentam grandes porções de solo exposto ou impermeabilizado. Ainda que se reconheça o fato de que a hidrodinâmica e a morfodinâmica dessas áreas possam ter sofrido

modificações, admite-se que sejam de escala inferior àquelas decorrentes da urbanização.

Para alguns casos, é preciso ir além e verificar se ocorreram mudanças na morfologia e nos materiais superficiais. Por exemplo, áreas de campos ou capoeiras podem corresponder à áreas de aterros ou terraplenagens que, ao serem abandonadas, permitiram a instalação de vegetação e por isso, se verificaria na sequência histórica de intervenções. Porém, na escala de análise e mapeamento adotada no presente estudo, não foi possível identificar tais diferenças.

A categoria “Vegetação de Várzea” é um indicativo de preservação da morfologia original, sugerindo que os locais onde ocorrem – planícies de inundação – ainda apresentam a funcionalidade original, tanto em termos de hidrodinâmica, quanto de morfodinâmica.

As morfologias relativas ao Estágio Inicial de Urbanização correspondem a loteamentos desocupados ou em fase inicial de ocupação e constituem áreas desprovidas de cobertura vegetal e arruadas, onde o escoamento superficial contribui para elevadas taxas de produção de sedimentos e, conseqüentemente, para o assoreamento dos canais fluviais, conforme Lima (1992).

QUADRO 4 – Correspondência entre os conteúdos das Cartas de Uso e Ocupação do Solo (EMPLASA) e do Mapa de Morfologias Antropogênicas da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí.

<i>EMPLASA (2005)</i>	<i>MAPA DE MORFOLOGIAS ANTROPOGÊNICAS</i>
Mata	Morfologia original ou semi-preserveda
Capoeira	
Campo	
Vegetação de várzea	
Reflorestamento	
Hortifrutigranjeiro	
Chácaras	Morfologias relativas ao Estágio Inicial de Urbanização (Loteamentos desocupados ou em fase de ocupação)
Loteamentos desocupados	
Favelas	Morfologias relativas ao Estágio Intermediário de Urbanização (Áreas urbanas altamente impermeabilizadas, sem infraestrutura)
Indústrias	Morfologias relativas ao Estágio Final de Urbanização (Áreas urbanas consolidadas altamente impermeabilizadas, geralmente, com infraestrutura).
Área urbanizada	
Equipamentos urbanos	
Aterro sanitário	Depósitos tecnogênicos
Lixão	
Mineração	Mineração
Solo exposto/Movimentação de Terra	Solo exposto/Movimentos de Terra
Reservatório de Detenção	Reservatório de Detenção

A retirada da cobertura vegetal, passo inicial para o assentamento urbano, já implica, necessariamente, em significativa mudança no ciclo hidrológico e no balanço morfodinâmico. A ausência da cobertura vegetal restringe e, em alguns casos, elimina a participação da evapotranspiração no ciclo, e diminui a capacidade de infiltração da água no solo, reduzindo, portanto, a circulação de água em subsuperfície e o abastecimento do lençol freático e escoamento basal. Na medida que a infiltração diminui, aumenta a magnitude do fluxo de escoamento superficial. A abertura de arruamentos também contribui para o incremento do escoamento superficial concentrado, devido à impermeabilização e às rupturas morfológicas elaboradas, muitas vezes no mesmo sentido das maiores declividades, considerado os perfis originais de vertentes.

O aumento do escoamento superficial implica em diminuição no tempo de concentração da água na bacia hidrográfica, isto é, o volume precipitado drena mais rapidamente para as partes inferiores da bacia, atingindo os canais fluviais que, em períodos de chuvas frequentes ou intensas, acabam transbordando. Por outro lado, a diminuição da infiltração de água no solo implica na redução da capacidade de armazenamento nas microbacias, acentuando diferenças sazonais no regime hídrico, ou seja, nos períodos de estiagens, as vazões são drasticamente reduzidas.

À medida que os processos naturais de infiltração e escoamento superficial são modificados e os cursos d'água são assoreados, eventos pluviométricos de menor intensidade e duração vão se tornando suficientes para acarretarem inundações, isto é, a frequência e magnitude destas aumentam.

O Estágio Intermediário de Urbanização, no caso da BHRT, corresponde às áreas de favelas que, embora bastante impermeabilizadas em função da alta densidade de habitações, na maioria das vezes, não possuem pavimentação de ruas e sistemas de micro drenagem. No solo exposto dos arruamentos, geralmente se verificam processos erosivos lineares que formam sulcos e ravinaamentos sendo, portanto, também consideradas áreas fontes de sedimentos. Ressalta-se ainda que, na bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí, grande parte dessa categoria localiza-se nos terrenos cristalinos (69%), correspondendo a áreas de declividades acentuadas, onde a execução de cortes e aterros para a instalação de moradias é bastante usual.

As Morfologias relativas ao Estágio Final de Urbanização correspondem às áreas urbanas con-

solidadas altamente impermeabilizadas. À medida que a urbanização numa bacia hidrográfica, se intensifica e se consolida, a participação do escoamento superficial na hidrodinâmica se torna ainda mais significativa. A impermeabilização das superfícies (edificações, pavimentação de lotes e vias de circulação), a instalação de condutos pluviais e o próprio arruamento, diminuem drasticamente a infiltração de água no solo e, por outro lado, aceleram a velocidade dos fluxos de escoamento superficial, reduzindo o tempo de concentração de água na bacia e antecipando vazão de pico. Tucci e Bertoni (2003) citam que Leopold (1968) estimou o aumento da vazão média de inundação em função da área impermeável e da canalização do sistema de drenagem. A variável taxa de condutos vem sendo considerada em estudos de inundações urbanas como componente de conectividade conforme Simas (2023).

Tucci (2000), analisando pequenas bacias, chegou aos seguintes indicadores: 1) um habitante produz cerca de 49 m² de área impermeável numa bacia; 2) apenas o arruamento produz aumento do volume e do coeficiente de escoamento da ordem de 260%; e, 3) para cada 13% de ocupação com área impermeável no lote, ocorre aumento de 115% no coeficiente de escoamento. O autor adverte que tais números são médios, mas permitem analisar o impacto quantitativo das ações da urbanização numa bacia hidrográfica.

No caso da BHRT, essa relação é ainda mais acentuada. De acordo com DAEE (2008), na época do primeiro projeto de canalização, em 1890, a vazão prevista era de 30 m³/s na foz do rio Tamanduateí. Simulações realizadas pelo CTH (Centro Tecnológico de Hidráulica-USP), ainda nos anos 90, indicavam que, se a expansão da mancha urbana continuasse, com a bacia totalmente impermeabilizada, a vazão na foz poderia ultrapassar 800 m³/s. Atualmente, admite-se que em alguns eventos a vazão pode chegar a 700 m³/s. (Travassos, 2008). Nesse caso, há indicação que a vazão máxima extrema tenha aumentado mais de 23 vezes, a despeito das diferenças morfológicas, o que sugere mudança de ordem de magnitude de vazões extremas.

No Mapa de Morfologias Antropogênicas, também foram considerados os seguintes usos: Aterro sanitário e Lixão a céu aberto, Mineração, Solo exposto/Movimentação de Terra e Reservatórios de Detenção.

A organização da legenda desse mapa inspirou-se nos mapeamentos de morfologia antropo-

gênica elaborados por Lima (1990), Rodrigues (2004, 2006) e Fujimoto (2001), Rodrigues e Moroz-Caccia Gouveia (2013) entre outros.

Todas as informações selecionadas foram agrupadas na legenda do Mapa de Morfologias Antropogênicas (Apêndice – Mapa 2).

As categorias de usos, assim organizadas, possibilitaram posteriores leituras qualitativas e quantitativas de alguns geoindicadores, apontados por Rodrigues (2008) para avaliação da urbanização:

- *Canais fluviais:*

- Geoindicadores da Morfologia Original e Morfologia Antropogênica: comprimento e padrão.

Esses geoindicadores possibilitaram identificar que 42% da rede hidrográfica da BHRT sofreu retificações, 26% estão tamponados e o restante, embora tendo seu padrão preservado, pode ter sido alvo de aprofundamentos, alargamentos ou revestimento de calha, por exemplo.

- *Planícies fluviais*

- Geoindicadores da morfologia original: área, forma em planta, altitude.

- Geoindicadores dos materiais superficiais originais e antropogênicos: autóctones ou alóctones, propriedades hidrológicas, taxas de impermeabilização, superfícies urbanizadas (contínuas ou descontínuas), indicando a porcentagem de supressão do subsistema.

- Indicadores hidrogeomorfológicos: balanços hidrodinâmicos, processos agradacionais ou erosivos.

Esses geoindicadores permitiram estimar que a BHRT contava com uma área de 44,1 km² de planícies de inundação, além de 12,4 km² de terraços fluviais. Em 2010, restavam apenas 4,2 km² de planícies de inundação semi-preservedas e 1,3 km² de terraços fluviais semi-preservedos. Também foi possível estimar que as áreas de planícies de inundação na BHRT apresentavam, originalmente, capacidade de armazenar 44.100.000 m³ de água nos eventos chuvosos, estimados pelas médias de precipitação. Atualmente, as poucas áreas de planície de inundação semi-preservedas são capazes de armazenar apenas 4.200.000 m³ de água (redução de 82,6%).

- *Conjuntos interfluviais e de vertentes*

- Geoindicadores morfológicos: área, forma, altitude.

- Geoindicadores dos materiais superficiais: materiais autóctones ou alóctones, propriedades hidrológicas, taxas de impermeabilização, superfícies urbanizadas (contínuas ou descontínuas).

- Geoindicadores hidrogeomorfológicos: comportamento hidromorfodinâmico.

No quadro original da BHRT, para as condições morfológicas e de fitoestabilidade, o balanço entre as taxas de infiltração, escoamento superficial difuso e escoamento superficial concentrado apresentava certo equilíbrio (24% da área total da bacia hidrográfica apresentava tendência a infiltração, 32% ao escoamento superficial difuso e 25,4% ao escoamento superficial concentrado). Ainda que a tendência à infiltração se apresentasse inferior ao escoamento superficial em determinados eventos de precipitação, deve-se ressaltar que tais estimativas foram feitas considerando apenas a geometria das vertentes e o conhecimento acumulado em estudos de paisagens similares. Acredita-se que, no quadro original, tal diferença fosse menos significativa, em função da presença de cobertura vegetal.

Já no quadro atual, estima-se que a tendência ao escoamento superficial concentrado, é quase 5 vezes maior que a da infiltração e do escoamento superficial difuso.

A pesquisa contemplou também uma análise evolutiva da urbanização e mudanças antropogênicas com os seguintes recortes temporais: 1881 a 1929; 1930 a 1951; 1952 a 1982; 1983 a 2000; e 2001 a 2010. Observou-se que as modificações mais intensas ocorreram de 1983 a 2000, sendo que entre 2001 e 2010 não foram constatadas mudanças significativas. Como em 2010 a BHRT já apresentava morfologias antropogênicas em 88% de sua área, acredita-se que os resultados aqui apresentados ainda estão condizentes com a realidade atual da área.

5 MAPA DAS UNIDADES MORFOLÓGICAS COMPLEXAS (APÊNDICE – MAPA 3)

A sobreposição dos mapas de Geomorfologia Pré-Urbana (Mapa 1) e de Morfologias Antropogênicas (Mapa 2) resultou no Mapa de Unidades Morfológicas Complexas (Mapa 3).

Tal síntese permitiu identificar as mudanças ao longo de mais de 150 anos e identificar sobre quais tipos de morfologia original elas se processaram. A partir da utilização de Sistema Geográfico de Informações foi possível ainda mensurar espacialmente essas mudanças.

Do cruzamento das seis unidades de Morfologia Original com as sete unidades de Morfologias Antropogênicas obteve-se um total de 33 Unidades Morfológicas Complexas.

A seguir, apresentam-se, de forma sucinta, como as tendências dos processos hidromorfodinâmicos de cada morfologia original podem ser modificadas, de acordo com cada tipo de morfologia antropogênica.

- Segmentos Convexos e Plano-Convexos da Alta Vertente

Os segmentos de vertentes correspondentes originalmente a geometria convexa apresentam tendência a dispersar os fluxos hídricos em superfície e sub-superfície. No entanto, na área estudada, quando situados no terço superior, apresentam declividades moderadas e, nesse caso, a tendência à dispersão de fluxos é atenuada, aproximando-se da neutralidade (Colângelo, 1996; Ruhe, 1975). Assim, haveria um balanço com tendência ao equilíbrio entre escoamento superficial e infiltração. Tal comportamento pode ser verificado quando a morfologia original se apresenta preservada ou semi-preserveda e, sobretudo, com cobertura vegetal.

No entanto, quando a cobertura vegetal é retirada e o solo fica exposto, ou, ainda, quando os horizontes superficiais do solo são removidos, a tendência de balanço entre os infiltração e escoamento superficial e também a tendência à dispersão dos fluxos podem se alterar.

Por exemplo, o escoamento superficial difuso pode, em tese, superar a infiltração. Nesse caso, a morfogênese passaria a prevalecer, em detrimento da pedogênese, e os processos erosivos passariam a atuar, havendo maior mobilização de sedimentos. Essas mudanças podem ser verificadas, por exemplo, na presença de morfologias antropogênicas, tais como aquelas mapeadas como “Solo exposto/ Movimento de terra”.

Na “fase inicial de urbanização”, com a abertura de loteamentos, o escoamento superficial começaria a apresentar tendência à concentração, desenvolvendo processos erosivos predominantemente lineares, que culminam na formação de sulcos e ravinas.

As áreas em “fase intermediária de urbanização” que, na área mapeada, caracterizam-se principalmente pelo adensamento de moradias precárias do tipo favelas em áreas sem infraestrutura, também apresentariam escoamento superficial concentrado e tendência à mobilização de sedimentos, sobretudo em função da ausência de pavimentação

nas ruas e ausência ou deficiência de sistemas de microdrenagem e saneamento.

As áreas em “fase final de urbanização”, altamente impermeabilizadas e geralmente dotadas de infraestrutura urbana, também apresentariam tendência aos fluxos de escoamento superficial concentrado, com suas descontinuidades morfológicas características. Quando dotadas de sistemas subterrâneos (abastecimento, saneamento, comunicação e transporte) podem apresentar problemas de instabilidade relacionados ao rompimento de dutos, rebaixamento do lençol freático, ou em função da drenagem subterrânea concentrada.

A formação de depósitos tecnogênicos ou antropogênicos tais como aterros sanitários e lixões nessa morfologia original implicariam na acentuação das declividades por aterros e deposição de lixo, e, portanto, na aceleração de fluxos do escoamento superficial. Por outro lado, a natureza heterogênea dos materiais depositados e a descontinuidade de permeabilidade entre esses materiais e os materiais originais, seria uma nova condição pedológica e estratigráfica de taxas de infiltração e de concentração de fluxos subsuperficiais, podendo criar planos de menor coesão entre os materiais, favorecendo a instabilidade destas vertentes e podendo gerar movimentos de massa (Rodrigues, 2004).

As atividades de “mineração”, por sua vez, também modificam significativamente a geometria original, criando grandes rupturas e remobilizando grandes volumes de materiais. As obras de terraplenagem, abertura de vias de acesso, execução de “bota-foras”, diques e barragens, ao desagregarem e exporem diferentes horizontes de solos e rochas, tornam essas superfícies mais suscetíveis aos processos erosivos em geral, e como consequência, podem causar o assoreamento de cursos d’água. Além disso, a conformação de taludes subverticais, pode implicar em instabilidades e gerar movimentos de massa.

- Colos

São segmentos de vertente que apresentam tendência à concentração de água por escoamento superficial e subsuperficial, assim como de detritos finos, transportados via escoamento superficial e subsuperficial. Apresentam tendência ao espessamento do manto de intemperismo e são áreas sujeitas, naturalmente, à erosão regressiva de cabeceiras.

Quando apresentam “solo exposto” há maior tendência ao escoamento superficial dos fluxos hídricos com possibilidade de desenvolvimento de

fluxos concentrados e formas erosivas lineares. Nesse caso, os fluxos concentrados em direção às cabeceiras de drenagem podem intensificar os processos de erosão regressiva. Em função da forte concentração de detritos finos, quando essas áreas são alvo de “movimentação de terra”, podem apresentar problemas de instabilidade. Em casos de aterros, por exemplo, a heterogeneidade dos materiais e a descontinuidade de permeabilidade, pode criar planos de menor coesão entre os materiais, favorecendo a instabilização.

Na “fase inicial de urbanização”, a abertura de loteamentos pode implicar em problemas de fluxos de escoamento concentrado superficial e subsuperficial.

As ocupações urbanas características da “fase intermediária de urbanização”, também podem apresentar problemas de instabilidade, em função de depósitos de sedimentos finos e inconsolidados.

As áreas em “fase final de urbanização”, altamente impermeabilizadas e geralmente dotadas de infraestrutura urbana, também apresentam tendência aos fluxos de escoamento superficial concentrados e podem apresentar problemas de estabilidade relacionadas ao rompimento de dutos, rebaixamento do lençol freático, ou em função da drenagem subterrânea concentrada.

- Segmentos Convexos e Plano-Convexos da Baixa Vertente

Os segmentos dotados de geometria convexa apresentam tendência a dispersar os fluxos hídricos, através do escoamento superficial. Quando desprovidos de cobertura vegetal (“Áreas de solo exposto/movimentação de terra”) apresentam tendência ao escoamento superficial difuso e processos erosivos laminares, com grande mobilização de materiais.

Em áreas de “fase inicial de urbanização” a mesma tendência de escoamento superficial se verifica. Porém, a abertura de ruas, ao implicar em rupturas na geometria, acaba concentrando fluxos de escoamento e deflagrando processos erosivos lineares.

Nas áreas correspondentes à “fase intermediária de urbanização” prevalece também tal comportamento; enquanto em áreas de “fase final de urbanização” altamente impermeabilizadas e dotadas de infraestrutura, tais como pavimentação de ruas, há ainda a tendência à formação de enxurradas durante eventos chuvosos, quando situados em porções de declividades acentuadas. Se os sistemas de microdrenagem urbana forem mal dimensionados ou ineficientes em função de obstruções, os fluxos

podem apresentar velocidades consideráveis e concentrarem-se nas partes mais baixas e aplainadas, ocasionando pontos de alagamentos.

- Segmentos Côncavos e Plano-Côncavos e Segmentos Retilíneos da Alta e Baixa Vertente

Os elementos côncavos e plano-côncavos de alta e baixa vertente associam-se às cabeceiras e canais de drenagens sendo, portanto, elementos de maior tendência para escoamento superficial concentrado, sobretudo nas partes inferiores das vertentes.

Os segmentos retilíneos, por sua vez, apresentam comportamento hidrodinâmico diretamente condicionado pelas declividades. Segmentos pouco declivosos, geralmente localizados no terço superior das vertentes, apresentariam tendência ao escoamento superficial difuso enquanto que, em segmentos mais declivosos prevaleceria o escoamento superficial concentrado. Assim, observa-se, via de regra, maior tendência a processos erosivos lineares em altas e médias vertentes.

Quando desprovidas de cobertura vegetal (“áreas de solo exposto/movimentação de terra” ou ainda, em “áreas em fase inicial de urbanização”), intensifica-se o escoamento superficial concentrado nos segmentos retilíneos e, nos elementos côncavos, tanto o escoamento superficial concentrado quanto subsuperficial, deflagrando processos de erosão linear.

Áreas em “fase intermediária de urbanização”, quando instaladas em segmentos côncavos apresentam instabilidade potencial, em função da execução de cortes e aterros, ausência de disciplinamento de águas pluviais e águas servidas, e presença de depósitos de lixo e entulho.

Áreas em “fase final de urbanização” apresentam tendência ao escoamento superficial concentrado, com ocorrência de enxurradas, principalmente se os sistemas de microdrenagem urbana forem ineficientes.

Aterros (“Movimentações de Terra ou Depósitos Tecnogênicos”) em segmentos côncavos podem implicar em sérios problemas de instabilidade. As descontinuidades, entre as diferentes camadas de aterro, e entre essas e os depósitos originais, quando associados à infiltração e circulação subsuperficial da água, podem deflagrar movimentos de terra.

As mudanças nos processos hidromorfodinâmicos em função de morfologias antropogênicas foram apresentadas em linhas gerais, de acordo com as geometrias e posicionamentos dos seg-

mentos de vertente. No entanto, é preciso ressaltar diferenças importantes entre os terrenos sedimentares e cristalinos; diferenças essas que implicam, obviamente, também em respostas diferentes face às modificações antrópicas. Considerando as declividades mais acentuadas dos terrenos cristalinos, entende-se que as mudanças nos processos, em função das modificações antrópicas nessa unidade, apresentam diferenças nos limiares, na magnitude e na frequência das respostas apontadas anteriormente.

Desse modo, há que se considerar que nos terrenos cristalinos, morfologias antropogênicas relacionadas à urbanização em “fase inicial” ou “intermediária”, bem como áreas com “solo exposto/movimentação de terra” ou “mineração”, implicariam, em tese, em processos erosivos bastante severos, sobretudo quando há a remoção dos horizontes superficiais do solo. Nessas condições configuram-se, portanto, em áreas-fonte de sedimentos, contribuindo significativamente para o assoreamento dos canais de drenagem e, conseqüentemente, para o aumento da frequência e magnitude de inundações.

As declividades acentuadas dos terrenos cristalinos contribuem para ocorrência de deslizamentos de terra, sobretudo em áreas desmatadas e com cortes e aterros. Ainda, a impermeabilização de tais áreas implica no aumento da velocidade dos fluxos hídricos, gerando torrencialidade e contribuindo para a ocorrência de inundações nos fundos de vale.

Quanto às morfologias associadas às planícies fluviais, identificam-se as seguintes mudanças nas formas, materiais e processos:

- *Terraços Fluviais*

A presença de depósitos orgânicos holocênicos, observados por Ab'Saber (1957), recobrimdo terraços bem como trechos da planície de inundação e sopés das colinas, evidenciam problemas de má drenagem e saturação dos solos nessa morfologia em suas condições originais.

Ao serem desprovidas de vegetação ou mesmo aterradas, apresentam tendência à forte concentração de água com a formação de lâminas d'água durante eventos chuvosos e, em função de aterros executados nas planícies de inundação adjacentes, passam a ser palco de inundações.

Essas características hidrodinâmicas, associadas às características do material superficial original, constituído por sedimentos inconsolidados e material orgânico, podem implicar em problemas

de instabilidade, dificultando a instalação e manutenção de edificações e de infraestrutura superficial (obras viárias, por exemplo) e subterrânea (túneis, dutos, fundações entre outros).

- *Planícies de Inundação*

Durante os períodos chuvosos, quando as vazões superam a capacidade de escoamento do canal fluvial, ocorre o extravasamento das margens plenas e as águas espreadam-se na planície de inundação.

A dinâmica de inundações é responsável pelo desenvolvimento, na planície de inundação, de diferentes elementos topográficos (diques marginais, cinturões meândricos, lagos em ferradura, sulcos, depósitos de recobrimento e as bacias de inundação), resultantes dos processos de sedimentação. Embora sejam ambientes onde prevalecem os processos agradacionais, verifica-se também atividade erosiva, principalmente nas margens dos canais.

Como já mencionado, as planícies de inundação sofreram intervenções através da retificação de cursos d'água, aterros e impermeabilizações. Os aterros efetuados transformam tais superfícies em “terraços tecnogênicos”, tornando-os muitas vezes, livres das frequentes vazões de extravasamento. Esses depósitos são constituídos de materiais alóctones diversos, quando não impermeabilizados, apresentam problemas de drenagem interna e de compactação. Ao se elevarem as planícies de inundação por meio de aterros, as áreas de inundações ampliam suas cotas, atingindo até mesmo os terraços fluviais, antes protegidos pelas diferenças altimétricas.

As mudanças antropogênicas nos canais fluviais tais como retificações e tamponamentos, apenas transferem os problemas de inundações para outros locais. Enquanto as retificações aceleram a velocidade dos fluxos hídricos, os tamponamentos favorecem o assoreamento e entulhamento dos canais fluviais confinados, uma vez que as operações de manutenção e limpeza são dificultadas ou inviabilizadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Mapa das Unidades Complexas, além de apresentar as mudanças morfológicas, indica em sua legenda completa, as mudanças nos materiais superficiais e nos processos hidromorfodinâmicos. Constitui-se, sobretudo, em um produto analítico que expressa as mudanças processuais decorrentes da sobreposição de determinadas morfologias an-

tropogênicas sobre determinadas características da morfologia original.

Enquanto o Mapa de Morfologias Antropogênicas permitiu interpretar, de forma mais genérica, como cada categoria da morfologia urbana interfere nos processos do hidrogeomorfológicos da bacia hidrográfica; o Mapa das Unidades Complexas permite uma análise mais detalhada, ao nível de elementos ou segmentos de vertente (5º táxon). Nesse sentido, evidenciou-se que as formas antrópicas, ou induzidas pela ação antrópica, não se restringem ao 6º táxon; podendo ser observadas no 5º táxon ou ainda, em táxons superiores, quando se considera a referência de Ross (1992). Embora algumas morfologias antropogênicas não impliquem em mudanças diretas nas morfologias originais, elas podem implicar em mudanças nos processos, e, com isso, gerar formas de outra ordem escalar. Desse modo, não são apenas as mudanças nas formas (por exemplo, cortes e aterros) que influenciam os processos de uma vertente, mas a impermeabilização, por si só, já é capaz de modificar processos hidrogeomorfológicos. Ainda que as formas não tenham sido completamente modificadas, os processos que nela atuam, ainda sim, modificam-se e, dependendo de sua magnitude e duração poderão gerar outras formas.

Além dessas avaliações de caráter qualitativo, acerca das mudanças em atributos de formas, materiais e processos promovidos direta e indiretamente pela urbanização e seus padrões, o mapa de unidades complexas permite, ainda, análises de tendências espaciais de processos hidrogeomorfológicos em cada uma delas, como por exemplo: tendência à infiltração, escoamento subterrâneo por dutos, escoamento superficial concentrado e difuso. Essa possibilidade de interpretação pode ser incluída e testada em modelos hidrológicos, tal como estudo de Veneziani (2014) e Simas (2017; 2023).

Desta forma, a identificação das características e dos processos vinculados a cada unidade morfológica complexa desempenha um papel essencial no apoio às ações de planejamento físico-territorial urbano e, principalmente, na orientação da tomada de decisões para a implementação de medidas de intervenção e mitigação de impactos. Este instrumento técnico tem um potencial significativo para compor diversos outros, como por exemplo, a carta geotécnica, a cartografia de riscos, a leitura da fragilidade (Ross, 1994), do grau de antropização de Rodrigues (2008, 1997), da cartografia ambiental, dentre inúmeros outros.

7 AGRADECIMENTOS

Aos pareceristas da revista Derbyana pelas contribuições que enriqueceram o artigo. Ao CNPq pela concessão de bolsa.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Sáber, A. N. (1957). *Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo* [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo].
- Albuquerque, F., & Martin, J. (1954). *Mapa da capital da Província de São Paulo*. In *Comissão do IV Centenário da Cidade de São Paulo, São Paulo antigo: Plantas da cidade*, coleção de 11 mapas. Editora Melhoramentos. (Mapa original publicado em 1877).
- Almeida, F. F. M. (1953). *Carta geomorfológica do Planalto Paulistano e vizinhanças*. In A. Azevedo (Org.), *A cidade de São Paulo. Volume 1: A região de São Paulo*. AGB-SP.
- Batista, S. C. (2002). *Conversa Cartográfica: Processo de expansão urbana na Metrópole Paulistana e unidades geomorfológicas de média escala* [Trabalho de Graduação Individual, Universidade de São Paulo].
- Berges, B. (2013). *Geomorfologia Urbana Histórica aplicada à análise das inundações na bacia hidrográfica do Córrego da Moóca - São Paulo, SP* [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/D.8.2013.tde-17122013-125259>
- Bonvicini, H. (1954). *Planta da cidade de São Paulo*. In *Comissão do IV Centenário da Cidade de São Paulo, São Paulo antigo: Plantas da cidade*, Coleção de 11 mapas. Editora Melhoramentos. (Mapa original publicado em 1895)
- Bresser, C. A. (1954a). *Planta da cidade de São Paulo*. In *Comissão do IV Centenário da Cidade de São Paulo, São Paulo antigo: Plantas da cidade*, coleção de 11 mapas. Editora Melhoramentos. (Mapa original publicado em 1841)
- Bresser, C. A. (1954b). *Mappa da cidade de São Paulo e seus subúrbios*. In *Comissão do IV*

- Centenário da Cidade de São Paulo, São Paulo antigo: Plantas da cidade*, coleção de 11 mapas. Editora Melhoramentos. (Mapa original publicado em 1847)
- Cardim, G. (1954). Planta geral da capital de São Paulo. In *Comissão do IV Centenário da Cidade de São Paulo, São Paulo antigo: Plantas da cidade*, coleção de 11 mapas. Editora Melhoramentos. (Mapa original publicado em 1897)
- Carvalho, D. L. R. (2002) *Ensaio de cartografia geomorfológica de detalhe sob a abordagem da Antropogeomorfologia - Bairro Jardim Serrano (Ribeirão Pires - RMSP)* [Trabalho de Graduação Individual, Universidade de São Paulo].
- Carvalho, D. L. R. (2006). *Indicadores geomorfológicos de mudanças ambientais no sistema fluvial do Alto Tietê, município de São Paulo: pesquisa documental* [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo].
- Claro, M. S. (2013). *Unidades morfológicas complexas na bacia hidrográfica do Córrego da Tapera, São Paulo, SP: Contribuições ao planejamento ambiental e urbano* [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/D.8.2013.tde-26022014-125414>
- Cococi, A. M., & Costa, L. F. L. (1905). *Planta geral da cidade de São Paulo*. Secretaria do Estado de Economia e Planejamento/Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC).
- Colângelo, A. C. (1996). O modelo de feições mínimas, ou das unidades elementares de relevo: Um suporte cartográfico para mapeamentos geocológicos. *Revista do Departamento de Geografia*, 10, 29–40. <https://doi.org/10.7154/RDG.1996.0010.0003>
- Coltrinari, L. (1996). Natural and anthropogenic interactions in the Brazilian tropics. Em Berger, & Iams (Eds.), *Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems* (pp. 295–310). Bakema/ Rotterdam Brookfield.
- Comissão do IV Centenário da Cidade de São Paulo. (1954). *São Paulo antigo: Plantas da cidade*. Editora Melhoramentos.
- Comissão Geographica e Geológica. (1914). *Planta geral da cidade de São Paulo*.
- Costa, R. J. F. (1954). Planta da cidade de São Paulo. In *Comissão do IV Centenário da Cidade de São Paulo, São Paulo antigo: Plantas da cidade*, coleção de 11 mapas. Editora Melhoramentos. (Mapa original publicado em 1810)
- Costa, R. J. F. (1954). Planta da Imperial Cidade de São Paulo. In *Comissão do IV Centenário da Cidade de São Paulo, São Paulo antigo: Plantas da cidade*, Coleção de 11 mapas. Editora Melhoramentos. (Mapa original publicado em 1841)
- Departamento de Águas e Energia Elétrica. (2008). *Rio Tamanduateí*. <http://www.daee.sp.gov.br>
- Dylik, J. (1968). Notion du versant en géomorphologie. *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences. Série des Sciences Géologiques et Géographiques*, 16(2), 125–132.
- Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano – Estado de São Paulo. (1980). *Carta geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo, escala 1:100.000*.
- Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano – Estado de São Paulo. (2005). *Cartas de uso e ocupação do solo da RMSP e bacia hidrográfica do Alto Tietê, escala 1:25.000*. Emplasa/Fehidro.
- Fujimoto, N. S. V. M. (2001). *Análise ambiental urbana na área metropolitana de Porto Alegre – RS: Sub-bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio* [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo].
- Furian, S., Barbiéro, L., Boulet, R., Curmi, P., Grimaldi, M., & Grimaldi, C. (2002). Distribution and dynamics of gibbsite and kaolinite in an oxisol of Serra do Mar, southeastern Brazil. *Geoderma*, 106(1–2), 83–100. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(01\)00117-3](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00117-3)
- Gregory, K. J. (1992). *A natureza da geografia física*. Bertrand Brasil.

- Gurnell, A. M., Peiry, J. L., & Petts, G. E. (2003). Using historical data in fluvial geomorphology. In G. M. Kondolf, & H. Piégay, *Tools in Fluvial Geomorphology*. (pp. 77–101). Wiley. <https://doi.org/10.1002/0470868333.ch4>
- Hart, M. G. (1986). *Geomorphology: pure and applied*. Allen & Unwin.
- Instituto Agrônomo de Campinas & Aerofoto Natividade S/A. (1962). *Fotografias aéreas 1:25.000, Região 7 T 4015-4007*.
- Leopold, L. B. (1968). *Hydrology for urban planning: A guidebook on the hydrologic effects of urban land use* (USGS Circular No. 554). U.S. Geological Survey.
- Lewin, J. (1980). Available and appropriate timescales in geomorphology. In R. A. Cullingford, D. A. Davidson, & J. Lewin, *Timescales in Geomorphology* (pp. 3–10). Wiley.
- Lima, C. R. (1990). *Urbanização e intervenções no meio físico na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo: Uma abordagem geomorfológica* [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo].
- Luz, R. A. (2014). *Mudanças Geomorfológicas na Planície Fluvial do Rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do Processo de Urbanização* [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/T.8.2014.tde-29062015-152030>
- Luz, R. A., & Rodrigues, C. (2013). Reconstituição geomorfológica de planícies fluviais urbanizadas: O caso do Rio Pinheiros, São Paulo - SP. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 14(1): 47–57. <https://doi.org/10.20502/rbg.v14i1.354>
- Martin, J. (1954). Planta da capital do Estado de São Paulo e seus arredores. In *Comissão do IV Centenário da Cidade de São Paulo, São Paulo antigo: Plantas da cidade*, coleção de 11 mapas. Editora Melhoramentos. (Mapa original publicado em 1890)
- Melo, M. S., Coimbra, A. M., & Riccomini, C. (1989). Evolução dos conhecimentos sobre a geologia da Bacia de São Paulo na década de oitenta. In *Coletânea das Comunicações*. Instituto de Geociências/Sociedade Brasileira de Geociências.
- Moroz-Caccia Gouveia, I. C. (2010). *Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da geomorfologia antropogênica na bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí, na região metropolitana de São Paulo* [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/T.8.2010.tde-31012011-123012>
- Moroz-Caccia Gouveia, I. C., & Rodrigues, C. (2017). Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí – Região Metropolitana de São Paulo. *GEOUSP – Espaço e Tempo*, 21(1), 257–283. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2017.105342>
- Nir, D. (1983). *Man, a geomorphological agent: An introduction to anthropic geomorphology*. Ketem Publishing House.
- Rath, C. (1954a). Mappa da Imperial Cidade de São Paulo. In *Comissão do IV Centenário da Cidade de São Paulo, São Paulo antigo: Plantas da cidade*, coleção de 11 mapas. Editora Melhoramentos. (Mapa original publicado em 1855)
- Rath, C. (1954b). Planta da cidade de São Paulo. In *Comissão do IV Centenário da Cidade de São Paulo, São Paulo antigo: Plantas da cidade*, coleção de 11 mapas. Editora Melhoramentos. (Mapa original publicado em 1868)
- Riccomini, C., & Coimbra, A. M. (1992). Geologia da bacia sedimentar. In *Solos da Cidade de São Paulo*. Abms/Abef.
- Riccomini, C., Coimbra, A. M., & Takiya, H. (1992). Tectônica e sedimentação na Bacia de São Paulo. In ABAS, ABGE & SBG-SP (Eds.), *Problemas geológicos e geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo* (pp. 21–45). ABAS/ABGE/SBG-SP.
- Rodrigues, C. (2004). A urbanização da metrópole sob a perspectiva da geomorfologia: Tributo

- a leituras geográficas. In A. F. A. Carlos & A. U. Oliveira (Orgs.), *Geografias de São Paulo: Representações e crise da metrópole* (Vol. 1, pp. 89–114). Contexto.
- Rodrigues, C. (2005). Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: Exemplo na metrópole paulista. *Revista do Departamento de Geografia*, 17, 101–111. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0008>
- Rodrigues, C. (2006). Sistemas geomorfológicos e o impacto da urbanização na metrópole de São Paulo. *Guia de excursão do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia*, São Paulo.
- Rodrigues, C. (2008). Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos: Desenvolvimento e aplicação de metodologia na Grande São Paulo. *Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Belo Horizonte.
- Rodrigues, C. (2010) Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na Grande São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia*, 20, 111–125. <https://doi.org/10.7154/RDG.2010.0020.0008>
- Rodrigues, C. (2024). Mapas geomorfológicos de paisagens antrópicas: metodologia, bases conceituais, conteúdos e estrutura de legenda. *Derbyana*, 45, Artigo 844. <https://doi.org/10.69469/derb.v45.844>
- Rodrigues, C., Luz, R. A., Moroz-Caccia Gouveia, I. C., Veneziani, Y., Simas, I. T. H., & Carvalho, D. (2024). Abordagem histórica e fontes de informação para o mapeamento geomorfológico retrospectivo de áreas urbanizadas. *Derbyana*, 45, Artigo 841. <https://doi.org/10.69469/derb.v45.841>
- Rodrigues, C., Moroz-Caccia Gouveia, I. C. (2013). A Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido: exemplos na Grande São Paulo. In: A. J. T. Guerra, & M. C. O. Jorge (Orgs.), *Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas* (1ªed., pp. 1–192). Oficina de Textos.
- Ross, J. L. S. (1990). *Geomorfologia, ambiente e planejamento*. Editora Contexto.
- Ross, J. L. S. (1992). O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*, 6, 17–29. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>
- Ross, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, 8, 63–74. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>
- Ross, J. L. S. (2004). Geomorfologia aplicada aos EIAs/RIMAS. In A. J. T. Guerra, & S. B. Cunha (Orgs.), *Geomorfologia ambiental* (pp. 291–336). Bertrand Brasil.
- Ross, J. L. S., & Moroz, I. C. (1997). *Mapa geomorfológico do estado de São Paulo - escala 1:500.000*. Vols. I e II, Laboratório de Geomorfologia, Departamento de Geografia, FFLCH-USP/IPT/FAPESP.
- Ruhe, R. V. (1975). Geomorphic processes and surficial geology. In *Geomorphology* (pp. 1–246). Houghton Mifflin Company.
- Sara Brasil S/A. (1930a). *Mappa topographico do município de São Paulo* (Escala 1:30.000, folha IV). Prefeitura do Município de São Paulo.
- Sara Brasil S/A. (1930b). *Mappa topographico do município de São Paulo* (Escala 1:5.000, folhas 37, 50, 51, 52, 65 e 66). Prefeitura do Município de São Paulo.
- Serviços Aerofotográficos Cruzeiro do Sul. (1952). *Fotografias aéreas* (Escala 1:20.000, Faixa 5 [094-091]; Faixa 4 [070-076]; Faixa 3 [053-048]; Faixa 2 [034-042]; Faixa 1 [013-003]).
- Silva, J. P. (2005). *Expansão urbana e evolução geomorfológica em remansos de reservatórios: análise comparativa de duas bacias hidrográficas em Guarapiranga, São Paulo* [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/D.8.2006.tde-19072007-101403>

- Simas, I. T. H. (2017). *Análise retrospectiva de episódios de inundações na Bacia Hidrográfica de Rio Aricanduva - São Paulo*. [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/D.8.2017.tde-21072017-162915>
- Simas, I. T. H. (2023). *Análise forense de episódios de inundação em bacia hidrográfica urbanizada de São Paulo*. [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP.
- The São Paulo Tramway Light & Power Co. LTD. (1943). *Planta da cidade de São Paulo e municípios circunvizinhos, escala 1:50.000*. Secretaria do Estado de Economia e Planejamento/Instituto Geográfico e Cartográfico.
- Toy, T. J., & Hadley, R. F. (1987). *Geomorphology and reclamation of disturbed lands*. Academy Press Ltd.
- Travassos, L. R. F. C. (2008). Macrodrenagem e expansão urbana na Bacia do Alto Tietê. *Tietê Vivo - Fórum de Difusão Científica para Inovações de Pesquisa e Extensão – 2007 Ciência, Ação Social & Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê*. São Paulo. <http://tietevivo.files.wordpress.com/2008/06/luciana-travessos.pdf>
- Tricart, J. (1978). *Géomorphologie applicable*. Masson.
- Trimble, S. W. (2008). The use of historical data and artifacts in geomorphology. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 32(1):3–29. <http://dx.doi.org/10.1177/0309133308089495>.
- Tucci, C. E. M. (2000). Aspectos institucionais do controle das inundações urbanas. In C. E. M. Tucci & D. L. da M. Marques (Orgs.), *Avaliação e controle da drenagem urbana* (Vol. 1). Editora UFRGS. https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=5&LIVRO=230&TITULO=avaliacao_e_controle_da_drenagem_urbana
- Tucci, C. E. M., & Bertoni, J. C. (Orgs.). (2003). *Inundações urbanas na América do Sul*. ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- Veneziani, Y. (2014). *A abordagem da geomorfologia antropogênica e de modelagens hidrológica e hidráulica na bacia do Córrego Três Pontes (SP) para determinação de picos de vazão e da vulnerabilidade a inundações* [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/D.8.2014.tde-30112015-133046>
- Verstappen, H. T. (1983) *Applied Geomorphology: geomorphological surveys for environmental development*. Elsevier Scientific Publishing Company.

Manuscrito submetido em 26 de agosto de 2024, aceito em 31 de outubro de 2025.

Versão em inglês disponível em <https://doi.org/10.69469/derb.v46.888>

Como citar: Moroz-Caccia Gouveia, I. C., & Rodrigues, C. (2025). A importância da cartografia geomorfológica retrospectiva para definição de unidades morfológicas complexas – A bacia hidrográfica do rio Tamanduateí, Região Metropolitana de São Paulo. *Derbyana*, 46, Artigo e835.

Contribuição dos autores: I.C.M.C: Conceitualização, Redação do manuscrito original, Metodologia, Análise de dados, Elaboração dos mapas. C.R.: Metodologia, Redação - revisão.

Conflito de interesses: Os autores declaram que não há conflito de interesse.

