



CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA RETROSPECTIVA NA AVALIAÇÃO DE MUDANÇAS ANTROPOGÊNICAS : A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAMANDUATEÍ EM SÃO PAULO-SP

Isabel Cristina Moroz – Doutoranda em Geografia na Universidade de São Paulo – USP.

Bolsista CNPQ. ic.moroz@uol.com.br;

Cleide Rodrigues – Profa. Dra. do Depto. de Geografia na Universidade de São Paulo – USP.

cleidrig@usp.br

RESUMO: Esse artigo apresenta resultados parciais de pesquisa de doutorado, desenvolvida a partir de metodologia desenhada inicialmente em Lima (1990), e desenvolvida por Rodrigues (2004, 2005, 2006, 2008), para a avaliação qualitativa e quantitativa das mudanças ocorridas em sistemas hidro-geomorfológicos da Bacia do Alto Tietê, e da Região Metropolitana de São Paulo, sob a perspectiva do que a autora denomina de “Geomorfologia Antropogênica” ou “Antropogeomorfologia”. Essa metodologia baseia-se em análises retrospectivas cartográficas hidro-geomorfológicas, voltadas às condições originais desses sistemas e subsistemas – suas condições pré-urbanas -, e às condições representativas de diversos momentos do processo histórico de expansão urbana e produção do espaço urbano metropolitano de São Paulo. Partiu do resgate da morfologia original da bacia hidrográfica do rio Tamanduateí, área onde se iniciou a ocupação do sítio urbano de São Paulo, no século XVI. Consistiu na elaboração de produtos cartográficos retrospectivos e evolutivos tais como: Mapa da Geomorfologia Pré-Urbana; Mapas Evolutivos da urbanização e mudanças antropogênicas e Mapa de Unidades Morfológicas Complexas. Além de possibilitar avaliações a respeito do grau de derivação ambiental gerada pela intervenção urbana, o estudo colabora na identificação de agentes sociais históricos relevantes no processo de produção do espaço metropolitano.

PALAVRAS-CHAVE: Cartografia geomorfológica, antropogeomorfologia, geoindicadores, urbanização, avaliação de impacto.

ABSTRACT: This paper presents partial results of doctoral research, developed from the methodology originally designed in Lima (1990), and developed by Rodrigues (2004, 2005, 2006, 2008), for the qualitative and quantitative assessment of changes in hydro-geomorphology systems of the Alto Tietê Basin, and the Metropolitan Region of São Paulo, from the perspective of what the author calls "Anthropogenic Geomorphology" or



"Anthropogeomorphology". This methodology is based on retrospective cartographic analysis hydro-geomorphological, directed at the original conditions of these systems and subsystems - its pre-urban conditions - and conditions representative of different moments in the historical process of urban expansion and production of urban space in metropolitan of São Paulo. This study starts in the rescue the original morphology of the river basin Tamanduateí area that occupied the urban site of São Paulo, in the sixteenth century. Consisted of developing and rolling back cartographic products such as: Map of Pre-Urban Geomorphology; Maps Evolutionary of Urbanization and Anthropogenic Changes, Map Units Morphologic Complex. Besides enabling assessments about the degree of environmental derivation generated by urban intervention, the study helps to identify relevant historical social agents in the production process of the metropolitan space.

KEY- WORDS: geomorphological mapping, antropogeomorphology, geo-indicators, urbanization, impact assessment.

1 INTRODUÇÃO

De maneira geral, costuma-se associar os problemas ambientais da Região Metropolitana de São Paulo, como sendo resultado direto do acelerado processo de expansão urbana que se verificou no período entre as duas guerras mundiais (advento da economia cafeeira e posterior industrialização), sobretudo, no segundo pós-guerra e, particularmente, nas décadas de sessenta e setenta, com o afluxo maciço de capitais externos, que dinamizaram a industrialização.

De fato, a mancha urbana estabelecida pela cidade de São Paulo, desde sua fundação em 1554 até meados do século XIX, restringia-se à porção final do interflúvio Anhangabaú-Tamanduateí e, somente a partir da segunda metade daquele século, começa a expandir-se e, progressivamente, perde suas formas típicas de cidade colonial, transformando-se em metrópole; extrapolando seus próprios limites municipais.

No entanto, ao estudarmos especificamente a área correspondente à Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí constata-se que, embora grande parte dos sérios problemas ambientais que hoje se verificam sejam resultantes da expansão urbana vertiginosa pela qual a área passou durante o século XX, muitos deles relacionam-se diretamente às características do



meio físico e à sua dinâmica, modificadas pelas diversas solicitações do uso urbano, já no início do século XIX.

Desse modo, o presente estudo objetivou reconhecer as mudanças impostas pela urbanização no sistema físico da bacia hidrográfica do rio Tamanduateí, e de aplicação de metodologia desenvolvida por Rodrigues (1999,2005). Apoiando-se em sínteses cartográficas retrospectivas e evolutivas, a identificação e avaliação dessas mudanças desenvolveram-se de forma articulada a sistemas hidro-geomorfológicos, considerando-se diferentes recortes temporais. Conseqüentemente, é possível correlacionar o contexto histórico e sócio-econômico de produção do espaço urbano que promoveu tais modificações, pois entende-se que as transformações antrópicas, impressas no conjunto da paisagem, processam-se de acordo com a capacitação técnica e financeira disponível e, sobretudo, de acordo com motivações políticas e sócio-econômicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Universo da análise - O Rio Tamanduateí nasce no município de Mauá e deságua no Rio Tietê, passando pelas cidades de Santo André, São Caetano do Sul e São Paulo e sua respectiva bacia hidrográfica abrange ainda trecho dos municípios de São Bernardo do Campo e Diadema. A bacia do rio Tamanduateí ocupa uma área de 323 km². Seus limites oeste e sul correspondem aos divisores de água que a separam da Bacia Hidrográfica do Rio Pinheiros, enquanto que seus limites a leste e nordeste, correspondem aos divisores de água das bacias hidrográficas do Rio Guaió, Rio Aricanduva e Córrego do Tatuapé.

A escolha da área justifica-se em função de seu valor histórico, uma vez que o núcleo inicial da ocupação do sítio urbano de São Paulo foi o interflúvio Tamanduateí-Anhangabaú. Assim, a área foi alvo das primeiras intervenções antrópicas relativas à urbanização.

O presente estudo teve, como ponto de partida, o resgate da geomorfologia pré-urbana da bacia hidrográfica do rio Tamanduateí. Tal resgate mostrou-se fundamental para posterior análise evolutiva das intervenções antrópicas e derivações resultantes do processo de urbanização.



2.2 Antropogeomorfologia - No âmbito da Geografia Física, embora desde o século XVII alguns autores, como Marsh (1864) ¹, já incluíssem a variável antrópica em seus estudos; somente nas últimas décadas, em função da magnitude do impacto humano e da ampliação dos “riscos ou acidentes” ambientais desencadeados pela interferência antrópica, essa abordagem vêm sendo trabalhada de forma mais padronizada e articulada, sob a denominação de Antropogeomorfologia², conforme aponta Rodrigues (2004).

A autora propõe uma metodologia para estudos relacionados com a inserção do antrópico enquanto agente modificador do meio físico, baseada na adoção do aporte teórico-metodológico da Geomorfologia, bem como na adequação de suas ferramentas clássicas, tal como a Cartografia Geomorfológica.

Assim, a presente pesquisa, dentro da perspectiva da abordagem antropogeomorfológica, apóia-se em recursos teórico-metodológicos já consagrados da Geografia Física e da Geomorfologia, buscando ainda articulações com recursos analíticos da área de Geografia Urbana para que, a partir da avaliação das mudanças nos sistemas físicos, seja possível colaborar na identificação de agentes sociais históricos relevantes no processo de produção do espaço metropolitano.

Em relação às intervenções que promovem mudanças geomorfológicas, a ação antrópica, deve ser entendida como um conjunto de diversas modalidades de intervenções.

Nesse sentido Lima (1990) apresenta uma classificação de categorias de intervenção que parte de um primeiro grupo de *intervenções morfológicas*, denominadas “intervenções de primeira ordem”, importantes para o meio tropical úmido, nas quais a *urbanização* é uma das principais, juntamente com a categoria “retirada da cobertura original”. Dentre as categorias de primeira ordem encontram-se também atividades antrópicas tais como mineração, uso agrícola, implantação de sistema viário, e outros.

Rodrigues (1997) aponta que, nas principais obras de Geomorfologia Urbana, constam orientações no sentido de identificar os estágios de urbanização que possam significar modalidades relevantes de processos. Assim, fica explícita a necessidade de se ter como parâmetros para a avaliação de mudanças, dados e análises referentes ao estágio pré-urbano, estágio inicial de urbanização e seus estágios de consolidação urbana.

Nir (1983) apud Rodrigues (1997), ao considerar que uma ciência é reconhecida por sua metodologia e seus paradigmas, afirma que no caso da Antropogeomorfologia, a

¹ “Man and Nature” e “Physical Geography as modified by human action”, entre outras obras citadas no histórico de Gregory (1992)

² Denominação originalmente proposta por Nir (1983)



apresentação de paradigmas depende da qualidade e sofisticação de seus métodos, e que para alcançar isso necessita de:

- uma abordagem histórica onde se reconhece a intervenção nas formas, uso da terra e manejo e nos processos geomorfológicos;
- uma abordagem sócio-econômica para diferenciar taxas e extensões dos processos geomorfológicos observados; e,
- uma abordagem de planejamento.

Rodrigues (2004, 2005, 2008) vêm aplicando os procedimentos metodológicos propostos, em estudos de recortes espaciais e temporais diversos e complementares, na Região Metropolitana de São Paulo, demonstrando a aplicabilidade da *Antropogeomorfologia* e da *Cartografia Geomorfológica Retrospectiva e Evolutiva*.

Esses estudos efetuados na Grande São Paulo, área de alta derivação antrópica conseqüente da urbanização, contribuem também com a discussão e aperfeiçoamento da lista dos geoindicadores de mudanças ambientais, proposta pela IUGS (International Union of Geological Science), uma vez que possibilitam a identificação de indicadores e parâmetros mais relevantes para avaliação dos efeitos das intervenções antrópicas em sistemas hidro-geomorfológicos urbanizados, no meio tropical úmido.

2.3 Cartografia geomorfológica retrospectiva e evolutiva - De acordo com Rodrigues (2005),

A cartografia retrospectiva e evolutiva apóia-se no estudo sistemático do tripé geomorfológico: formas, materiais e processos da superfície terrestre (Hart, 1986). A diferença fundamental para as outras abordagens é a consideração da própria interferência antrópica como ação geomorfológica, ação essa que pode: modificar propriedades e localização dos materiais superficiais; interferir em vetores, taxas e balanços dos processos e gerar, de forma direta e indireta, outra morfologia, aqui denominada de morfologia antropogênica. (p. 101)

A cartografia geomorfológica evolutiva, que inclui a morfologia original e antropogênica, entre outros aspectos, possibilita a compreensão de vários processos hidro-geomorfológicos criados ou induzidos a partir da urbanização.

Em relação à “morfologia original” deve-se esclarecer que a categoria de intervenção antrópica, objeto da presente pesquisa, refere-se exclusivamente à “urbanização”, portanto, adota-se o entendimento de “morfologia original” como sendo a morfologia pré-intervenção, ou, no caso, pré-urbanização. Portanto, a morfologia original é aquela que não sofreu intervenção direta nas formas originais e nem alterações significativas de seus materiais (aragem, pastagem intensiva, mecanização agrícola, cortes, aterros e depósitos tecnogênicos,



por exemplo); embora possa ter sido alvo de interferências que tenham alterado os processos geomorfológicos, como por exemplo, por meio do desmatamento.

Desse modo, a cartografia retrospectiva e evolutiva consiste na identificação e representação da morfologia original (fase pré-intervenção) e a seqüência de intervenções nas formas e materiais superficiais, oferecendo importante instrumento de identificação e interpretação de mudanças nos processos.

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, que ofereçam informações, ainda que parciais, sobre a distribuição espacial da morfologia pré-urbanização. Assim, a escolha dessa documentação deve ser precedida de pesquisa e levantamento junto a arquivos de órgãos públicos, empresas responsáveis por aerolevamentos e empresas responsáveis por implantação de infra-estrutura urbana, dentre outras.

Segundo Rodrigues (2005), nos estudos de cartografia retrospectiva para grandes escalas já efetuados foram levantados, por fotointerpretação, atributos de formas tais como: geometria de vertentes (retilinidades, convexidades e concavidades); extensão e declividades de vertentes; geometria de sub-setores de vertentes (anfiteatros de nichos de nascentes, rupturas, mudanças) e suas respectivas posições na vertente (terço superior, médio e inferior). Além desses, também foram levantados parâmetros morfológicos dos materiais superficiais - principalmente para formações superficiais e solos- tais como profundidade, textura, estrutura e transição entre horizontes pedológicos, obtidos através de levantamentos de campo.

Para o resgate da morfologia original pode-se contar ainda com outras fontes tais como documentos e obras históricas, registros iconográficos e depoimentos de moradores antigos (para áreas de processo de urbanização mais recentes).

Assim, o Mapa da Geomorfologia Pré-Urbana foi elaborado a partir da análise e interpretação de fotografias aéreas, cartas topográficas, documentos cartográficos do século XIX e materiais iconográficos. Contou ainda com o apoio de informações de caráter geomorfológico e geológico (Ab'Saber, 1957; Almeida, 1953; Riccomini, diversas datas; EMPLASA, 1980, dentre outros), além de informações obtidas em estudos históricos que, embora dispersas em diversas obras, foram passíveis de especialização após minuciosa seleção e criteriosa análise.

O resgate da morfologia original da área revelou-se um verdadeiro “quebra-cabeça” em função da total dispersão de informações. No que se refere às bases topográficas antigas,



contou-se apenas com a carta topográfica (folha IV) em escala 1:20.000, de 1930, da empresa SARA BRASIL. No entanto, tal mapeamento restringe-se exclusivamente ao município de São Paulo, sendo que para o restante da área dispunha-se somente de uma base topográfica mais recente, elaborada pela EMPLASA, em 1980.

Quanto aos levantamentos aerofotográficos, o mais antigo disponível para a área, data de 1952³, na escala 1:25.000. No entanto, esse levantamento só recobre 80% do total da área. Assim, tivemos que recorrer às fotografias aéreas de 1962⁴, também em 1:25:000 para completar o recobrimento da área.

Tais limitações, bem como a extensão da bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí, justificam a escolha da escala de análise – 1:25.000.

Observa-se ainda que as bases disponíveis referem-se às datas em que grandes intervenções antrópicas já haviam se processado na área, principalmente na porção paulistana da bacia hidrográfica. Nesse sentido, esse mapeamento demandou grande esforço de identificação de vestígios ou “janelas de interpretação” para o resgate da morfologia original em sua conectividade.

O mapeamento da morfologia original obedeceu aos princípios básicos da cartografia geomorfológica, apresentando informações referentes à morfologia, morfometria, morfogênese e morfocronologia.

Tais informações apresentam-se em uma legenda, estruturada de acordo com a proposta de taxonomia do relevo de Ross (1992). Complementações a esta estrutura de legenda foram retiradas de preceitos da cartografia de detalhe, em função da escala de mapeamento adotada e do nível de detalhamento necessário para a avaliação de mudanças nas formas, materiais e processos. Assim, a legenda privilegia aspectos importantes para a análise morfodinâmica tais como: geometria e morfometria de segmentos de vertentes, seu posicionamento (alta e média vertentes) e limites desses elementos (rupturas e mudanças de declividade). Tais opções baseiam-se no conceito de vertente de Dylik (1968), que considera esses três parâmetros (forma, declives e posicionamento) na definição dos elementos de uma vertente, e também na proposta de mapeamento de Savigear (1965), conforme aponta Lima (1990).

A cartografia da *morfologia antropogênica*, por sua vez, trata de uma cartografia *evolutiva* abrangendo portanto, seqüências cronológicas de intervenções. Para tais

³ Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul.

⁴ Instituto Agrônomo de Campinas (levantamento aerofotogramétrico foi executado pela empresa Aerofoto Natividade S/A)



intervenções, como no caso intervenção da categoria “urbanização”, torna-se necessário identificar suas sub-categorias.

Nesse sentido, segundo Rodrigues (2005),

O mapeamento da morfologia antropogênica em escalas de detalhe baseou-se no padrão de arruamento, densidade de edificações, estágio de consolidação urbana, distribuição e densidade de materiais superficiais, profundidade e extensão de cortes e aterros, volume de materiais remanejados *in loco* ou importados. Esses dados foram obtidos de diversas formas, pela fotointerpretação de seqüências cronológicas de intervenção, pela análise de cartografia de base de diversas épocas, por entrevistas e levantamentos de campo. Parte da morfologia antropogênica foi levantada com os recursos tradicionais de levantamentos de perfis de vertentes adequado à morfologia original. (p.106)

Assim, o Mapa da Morfologia Antropogênica foi elaborado a partir das Cartas de Uso do Solo da RMSP e Bacia do Alto Tietê – 2002/2004, 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 nessa pesquisa, e ao fato da legenda apresentar conteúdos que refletem alguns dos indicadores de mudanças, apontados por Rodrigues (2008), para a avaliação de impactos e mudanças hidro-geomorfológicas decorrentes da urbanização.

A correlação entre esses conteúdos – morfologia original e antropogênica, possibilitou a identificação de unidades espaciais, que reúnem, simultaneamente, características semelhantes quanto a esses dois conjuntos de dados e, portanto, podem apresentar semelhantes dinâmicas hidro-geomorfológicas.

A sobreposição dos dois produtos cartográficos acima descritos resultou num produto síntese, denominado Mapa de Unidades Morfológicas Complexas.

Tal síntese permitiu identificar as mudanças processadas ao longo de mais de 150 anos e, através da utilização de Sistema Geográfico de Informações (ArcGIS) foi possível, ainda, mensurar espacialmente essas mudanças e identificar sobre que tipo de morfologia original elas se processaram, e quais as mudanças hidro-morfodinâmicas resultantes.

A organização da legenda desse produto inspirou-se nos mapeamentos de morfologia antropogênica elaborados por Lima (1990); Rodrigues (diversas datas) e Fujimoto, (2001), entre outros.

Também foram confeccionados 5 mapas evolutivos, referentes à urbanização e mudanças antropogênicas, para os seguintes períodos: - até 1881, 1882 a 1930, 1931 a 1952, 1953 a 1983 e 1984 a 2001.

Esses Mapas Evolutivos foram elaborados a partir da sobreposição do Mapa da Geomorfologia Pré-Urbana e mapas planimétricos ou planialtimétricos de 1881, 1930, 1952,



1983 e 2001. Também foram utilizados mapas da Evolução da Mancha Urbana da região Metropolitana de São Paulo, elaborados pelo CESAD-FAU/USP.

3 RESULTADOS

Como resultados diretos da pesquisa foram gerados os seguintes produtos cartográficos:

3.1 Mapa da Geomorfologia Pré-Urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí

Os conteúdos principais da legenda do Mapa da Morfologia Original são apresentados a seguir (Tab.1):

Tabela 1 – Legenda simplificada do Mapa da Geomorfologia Pré-Urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí.

1º TAXON UNIDADE MORFOESTRUTURAL	CINTURÃO OROGÊNICO DO ATLÂNTICO (PRÉ-CAMBRIANO – TERCIÁRIO)	BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO (TERCIÁRIO)	PLANÍCIES FLUVIAIS (QUATERNÁRIO) MORFOGÊNESE: Agradação
2º TAXON UNIDADE MORFOESCULTURAL	PLANALTO PAULISTANO/ALTO TIETÊ (PLANALTO ATLÂNTICO) (CRETÁCEO -TERCIÁRIO)	PLANALTO DE SÃO PAULO (TERCIÁRIO/QUATERNÁRIO)	
3º TÁXON UNIDADES DE PADRÕES DE FORMAS SEMELHANTES DE RELEVO	MORROS CRISTALINOS (TERCIÁRIO – QUATERNÁRIO) MORFOGÊNESE: Denudação	COLINAS SEDIMENTARES (TERCIÁRIO/QUATERNÁRIO) MORFOGÊNESE: Denudação	
4º TÁXON TIPOS DE FORMAS DE RELEVO	Morros baixos com topos convexos	Colinas com topos plano- convexos e patamares aplanados	
5º TÁXON ELEMENTOS DAS VERTENTES E DA PLANÍCIE FLUVIAL	Elementos convexos e plano- convexos de Alta vertente	Elementos convexos e plano- convexos de Alta vertente	Planícies de Inundação
	Colos	Colos	
	Elementos convexos e plano- convexos de Baixa vertente	Elementos convexos e plano- convexos de Baixa vertente	Terraços Fluviais
Elementos côncavos e plano- côncavos de Alta e Baixa vertente e segmentos retilíneos de Alta e Baixa vertente	Elementos côncavos e plano- côncavos de Alta e Baixa vertente e segmentos retilíneos de Alta e Baixa vertente		
6º TÁXON PEQUENAS FORMAS	FORMAS FLUVIAIS		
	Nichos de nascentes		Cinturão Meândrico



3.2 Mapa da Morfologia Antropogênica da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí.

A partir da seleção e organização dos conteúdos da legenda original da Carta de Uso e Ocupação do Solo (EMPLASA, 2005) elaborou-se o Mapa da Morfologia Antropogênica, cuja legenda contempla os seguintes conteúdos: (Tab. 2).

Tabela 2 – Conteúdos da legenda do Mapa da Morfologia Antropogênica da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí.

		UNIDADES/ELEMENTOS
MORFOLOGIA ORIGINAL OU SEMI-PRESERVADA		Áreas predominantemente dotadas de cobertura vegetal (matas, capoeiras, campos ou ainda, reflorestamentos).
		Cursos d'água com morfologia original ou semi-preservada
MORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA	ÁREAS URBANAS	ESTÁGIO FINAL DE URBANIZAÇÃO: Áreas urbanas consolidadas, altamente impermeabilizadas, geralmente com infra-estruturas.
		ESTÁGIO INTERMEDIÁRIO DE URBANIZAÇÃO: Áreas urbanas altamente impermeabilizadas, sem infra-estruturas.
		ESTÁGIO INICIAL DE URBANIZAÇÃO: Loteamentos desocupados ou em processo de ocupação
	OUTRAS	Depósitos tecnogênicos
		Solo exposto/Movimentos de terra
		Mineração
		Lagos, lagoas e represas
		Cursos d'água Retificados
		Cursos d'água Tamponados
		Reservatório de Detenção
Sistema Viário		
Ferrovias		

Tais conteúdos, assim organizados, possibilitaram a leitura e interpretação dos seguintes geondicadores para a avaliação de mudanças no sistema hidro-geomorfológico da bacia do Rio Tamanduateí (Tab. 3):

Tabela 3 – Geondicadores passíveis de avaliação na comparação entre o Mapa da Morfologia Original e o Mapa da Morfologia Antropogênica

	Indicadores Morfológicos	Indicadores Hidro-Geomorfológicos	Indicadores dos materiais superficiais
Canais Fluviais	Comprimento e padrão	Apresentação (canalizado, retificado, tamponado),	_____
Planícies (Planície de inundação e terraços fluviais)	Área, forma, altitude	Comportamento hidrodinâmico, processos agradacionais ou erosivos.	Materiais autóctones ou alóctones, propriedades hidrológicas, taxas de impermeabilização, superfícies urbanizadas (contínuas ou descontínuas)
Conjuntos interfluviais e de vertentes	Área, forma, altitude	Comportamento hidromorfodinâmico	Materiais autóctones ou alóctones, propriedades hidrológicas, taxas de impermeabilização, superfícies urbanizadas (contínuas ou descontínuas)



3.3 Mapas Evolutivos de Urbanização e Mudanças Morfológicas: Esses produtos cartográficos retratam períodos representativos de mudanças nos sistemas físicos, associados à dinâmica de ocupação e produção do espaço metropolitano, ao longo de mais de um século de urbanização na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí. (Tab.4)

Tabela 4 – Períodos representativos de Mudanças Morfológicas

Da fundação da Vila de São Paulo até 1881	Nesse período, de mais de trezentos anos, embora a expansão da ocupação urbana tenha sido bastante lenta, restringindo-se praticamente ao interflúvio Anhangabaú-Tamanduateí, modificações antrópicas significativas (retificação de trechos meandantes do Rio Tamanduateí, desmonte de colinas e morrotes para utilização de material para aterro de planície de inundação, por exemplo), já haviam se processado na área.
1882 a 1929	Período de rápido crescimento da cidade de São Paulo, em função da economia cafeeira. A partir de então, a urbanização, antes restrita às colinas sedimentares, começa a avançar sobre outras unidades morfológicas, como por exemplo, os terraços fluviais.
1930 a 1952	Período de industrialização e a adoção do rodoviarismo, o que possibilita o rápido espraiamento da mancha urbana. Também nesse período, inicia-se a ocupação dos fundos de vales através da implantação de avenidas. A abertura de rodovias como a Via Anchieta torna-se um grande indutor de ocupação da porção sudeste da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, à medida que condiciona a instalação de grandes indústrias nos municípios da região do ABC.
1953 a 1983	Período de grande expansão periférica da mancha urbana na Região Metropolitana de São Paulo. Tal expansão atinge cada vez mais os terrenos do rebordo cristalino, onde a fragilidade potencial do relevo aliada à falta de recursos técnicos e financeiros da população que ali se instala, configura riscos à ocupação urbana.
1984 a 2002	Período em que, embora o ritmo da expansão urbana tenha desacelerado, a área correspondente à Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí encontra-se praticamente toda ocupada e os problemas decorrentes das mudanças antrópicas agravam-se cada vez mais.

A análise espacial desses produtos possibilitou a mensuração de mudanças, em cada período. Forneceu, por exemplo, valores referentes à superfície impermeabilizada em cada unidade morfológica (Planícies Fluviais, Colinas Sedimentares e Morros Cristalinos), a mensuração de superfícies de planícies de inundação aterradas, e mudanças na forma e comprimento de canais fluviais, dentre outros geoindicadores.

3.4 Mapa de Unidades Morfológicas Complexas: Esse produto cartográfico representa a síntese do estudo. No entanto, não foi gerado apenas com o intuito de representar as mudanças ocorridas na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí. É também um produto analítico que expressa as mudanças processuais decorrentes da sobreposição de determinada morfologia antropogênica sobre determinadas características da morfologia original.

Enquanto o Mapa da Morfologia Antropogênica nos permite avaliar, de forma mais genérica, como cada categoria da morfologia urbana interfere nos processos do sistema físico bacia hidrográfica; o Mapa das Unidades Complexas, permite uma análise mais detalhada, no nível de elementos ou segmentos de vertente e planície fluvial(5º táxon).



Além dessas avaliações, de caráter qualitativo, acerca das mudanças nas formas, materiais e processos em função da urbanização, o Mapa de Unidades Complexas permitiu ainda, análises espaciais quantitativas de indicadores de mudanças. Dentre as inúmeras possibilidades, apresentam-se a seguir, de forma sintética, alguns resultados obtidos, que permitem avaliar quantitativamente as mudanças decorrentes da urbanização, nos subsistemas físicos (Tab. 5):

Tabela 5 – Alguns parâmetros passíveis de serem avaliados quantitativamente, através do Mapa de Unidades Morfológicas Complexas

Sub-sistema	Canais Fluviais	Indicador	Morfológico	Parâmetro	Unidade/ Elemento	Magnitude de Mudança	
						Extensão/área	% do total original da unidade/elemento
						Canais Fluviais	Comprimento
Demais Cursos d'água	Redução de 47,9 Km	Redução de 7,2%					
Padrão	Rio Tamanduateí	27,1 Km	Modificação em 69,3%				
		2,5 Km	Modificação em 6,3%				
	Todos os cursos d'água	64,7 Km	Modificação em 9,2%				
		176,8 Km	Modificação em 25,2%				
Planícies Fluviais	Impermeabilização	Planícies de Inundação	38,9 Km ²	Modificação em 88,2%			
		Terraços Fluviais	11,0 Km ²	Modificação em 88,7%			
	Solos Perturbados	Planícies de Inundação	1,0 Km ²	Modificação em 2,2%			
		Terraços Fluviais	0,1 Km ²	Modificação em 0,8%			
	Cobertura Vegetal	Planícies de Inundação	Redução de 39,9 Km ²	Redução de 90,5%			
		Terraços Fluviais	Redução de 11,1 Km ²	Redução de 89,6%			
	Hidro-geomorfológico	Áreas de armazenamento de águas		Redução de 83,7% da capacidade de armazenamento de águas			
Conjuntos interfluviais e de vertentes		Materiais superficiais	Impermeabilização	Terrenos sedimentares	134,5 Km ²		Modificação em 93,7%
	Terrenos cristalinos			91,8 Km ²	Modificação em 71,0%		
	Solos Perturbados		Terrenos sedimentares	2,0 Km ²	Modificação de 1,4%		
			Terrenos cristalinos	4,2 Km ²	Modificação de 3,2%		
	Cobertura Vegetal		Terrenos sedimentares	Redução de 135,5 Km ²	Redução de 94,5%		
			Terrenos cristalinos	Redução de 96,0 Km ²	Redução de 74,2%		
	Hidro-geomorfológicos	Áreas com tendência ao escoamento superficial	Terrenos sedimentares	Acréscimo de 48,8 Km ²	Acréscimo de 52,6%		
			Terrenos cristalinos	Acréscimo de 21,5 Km ²	Acréscimo de 21,4%		
		Áreas com tendência à infiltração	Terrenos sedimentares	Redução de 48,5 Km ²	Redução de 95,6%		
			Terrenos cristalinos	Redução de 21,6 Km ²	Redução de 74,3%		
Áreas com tendência ao escoamento difuso		Terrenos sedimentares	Redução de 28,3 Km ²	Redução de 54,8%			
		Terrenos cristalinos	Redução de 41,4 Km ³	Redução de 76,5%			
Áreas com tendência ao escoamento concentrado	Terrenos sedimentares	Acréscimo de 77 Km ²	Acréscimo de 187,3%				
	Terrenos cristalinos	Acréscimo de 63 Km ²	Acréscimo de 136,7%				



4 CONCLUSÕES

A cartografia geomorfológica retrospectiva, associada ao estudo evolutivo das mudanças antropicas no sistema físico, que também resultaram em produtos cartográficos (Mapas da Urbanização e Mudanças Morfológicas e Mapa da Morfologia Antropogênica) permitiram avaliações qualitativas e quantitativas das alterações nos processos geomorfológicos, em função das alterações impressas nas formas e nos materiais, sistematizadas no Mapa das Unidades Morfológicas Complexas.

Acredita-se que, em termos de reconstituição da morfologia original da Região Metropolitana, a área da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, apresentou os maiores desafios possíveis, em função do alto grau de antropização em que se encontra e do longo período de tempo através do qual as mudanças antrópicas vêm se processando na área. Superando esses desafios, cremos ter contribuído substancialmente para o desenvolvimento do projeto ao qual essa pesquisa se vincula.

Embora não se possa afirmar que a metodologia proposta por Rodrigues (1999, 2004) tenha um caráter de aplicabilidade universal, no que se refere à cartografia retrospectiva (reconstituição da morfologia original), já que depende da disponibilidade de registros históricos (documentação cartográfica, bibliográfica e iconográfica), a presente pesquisa comprova que, para a Região Metropolitana de São Paulo, área para a qual tal metodologia foi desenvolvida, é plenamente aplicável e viável e, acredita-se ainda, que possa ser aplicável também em outros centros urbanos do país. No entanto, as dificuldades enfrentadas alertam para uma questão bastante séria: a grande quantidade de informações que vêm sendo perdida ao longo dos anos, em função do descaso de instituições públicas, na organização e manutenção de acervos documentais, e da ausência de centralização de informações.

5 REFERÊNCIAS

AB`SABER, A. N. O sítio urbano de São Paulo, In: AZEVEDO, A. (org.) *A cidade de São Paulo, estudos de Geografia Urbana, vol. I, a Região de São Paulo*, Cia. Editora Nacional, São Paulo, p.169-245, 1956.

ALMEIDA, F. F. M. de *Carta Geomorfológica do Planalto Paulistano e vizinhanças*, (escala aproximada 1:200.000) in: AZEVEDO, A. *A cidade de São Paulo. V.1. A Região de São Paulo*. AGB-SP, São Paulo. 1953.



DYLIK, J. Notion du versant en geomorphologie. *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences*. Série des Sciences Geologiques et Geographiques, 16, 2, p. 125-132. 1968.

EMPLASA *Cartas de Uso do Solo da Região Metropolitana da São Paulo. Escala 1:25.000*, Governo do Estado de São Paulo, São Paulo. 2005.

EMPLASA *Carta Geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo. Escala 1:100.000*, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria dos Negócios Metropolitanos, São Paulo, 1980.

FUJIMOTO, N. S. V. M. *Análise Ambiental Urbana na Área Metropolitana de Porto Alegre – RS: Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio*. (Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, FFLCH-USP), São Paulo, 236p., 2001.

GREGORY, K. J. *A natureza da Geografia Física*, Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro 367 p., 1992.

LIMA, C. R. de *Urbanização e intervenções no meio físico na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo: uma abordagem geomorfológica*. (Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia, FFLCH-USP), São Paulo, p 103, 1990.

NIR, D. *Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology*. Ketem Pub. House, Jerusalém, 184p., 1983.

RICCOMINI, C. & COIMBRA, A. M. Geologia da Bacia de São Paulo in NEGRO, A. *et al.* Eds. *Solos da cidade de São Paulo*, ABMS/ABEF, São Paulo, p.37-94., 1992.

RODRIGUES, C. Avaliação do Impacto Humano da Urbanização em Sistemas Hidro-Geomorfológicos. Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia na Grande São Paulo, *in: Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Belo Horizonte, 18p., 2008.

RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. *Revista do Departamento de Geografia n. 17*, São Paul., p.101-111. 2005.

RODRIGUES, C. A urbanização da metrópole sob a perspectiva da Geomorfologia: tributo a leituras geográficas. *in Geografias de São Paulo: Representações e crise da metrópole*, vol.1: CARLOS, A. F. A. e OLIVEIRA, A. U. (org), Ed. Contexto, São Paulo, p. 89-114. 2004



RODRIGUES, C. *Geomorfologia Aplicada: Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros*. (Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, FFLCH-USP), São Paulo, 280p. 1997

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia n.º. 6.* FFLCH-USP: São Paulo, , p. 17-29. 1992

SAVIGEAR, R. A. G. A technique of morphological mapping. *Annals Ass. American Geographers*, 55, p. 514-538. 1965