

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

ANA PAULA DE SOUZA

**Conteúdos de legenda necessários à representação cartográfica da hidrografia de  
áreas urbanizadas**

São Paulo

2018

ANA PAULA DE SOUZA

**Conteúdos de legenda necessários à representação cartográfica da hidrografia de  
áreas urbanizadas**

Trabalho de Graduação Individual (TGI)  
apresentado ao Departamento de Geografia da  
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciência  
Humanas da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Cleide Rodrigues

São Paulo

2018

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, em primeiro lugar, à minha família: a meu pai Wagner (*in memoriam*), por plantar em mim a semente da sede de conhecimento, à minha mãe Eliana por me ensinar a ser forte, e à minha irmã Barbara, por me influenciar a ser uma pessoa melhor;

Ao Matheus Augusto, minha melhor companhia, pelo suporte e apoio em todos os aspectos, pela presença, pelo amor, e pela confiança. Agradeço assim, também, à sua família, que se tornou minha família também, pelo acolhimento e carinho;

À Tatiane Brasil de Freitas, minha querida amiga, por me apresentar ao apaixonante olhar geográfico, e por compartilhar comigo todos os momentos bons e difíceis do primeiro ao último dia desta graduação, e além;

Aos amigos do Laboratório de Geomorfologia, pela troca de conhecimentos que foi fundamental ao desenvolvimento deste trabalho, com destaque para Rodrigo Lima dos Santos, Yuri Veneziani, Pamela Cazaroto e Marisa Matos Fierz;

A todos os meus amigos, geográficos, geomorfológicos, ou não, que de forma ou outra me incentivaram e acreditaram em mim;

Aos professores do DG de quem tive o privilégio de ser aluna, por me ensinar a ser geógrafa;

E, por fim, agradeço imensamente à minha querida orientadora, Professora Cleide Rodrigues, de quem partiu a ideia da temática deste trabalho, pelos ensinamentos, pela confiança, pelo incentivo e também pela paciência.

## **RESUMO**

O desenvolvimento e crescimento urbano vem sempre acompanhado de modificações diretas e indiretas no ambiente original, e transformações nas dinâmicas dos sistemas. Os sistemas fluviais costumam ser os primeiros a serem impactados por tais modificações, as quais quase sempre se configuram como intervenções diretas nos canais, leitos maiores e planícies de inundação por meio de diferentes obras de engenharia que objetivam, dentre outras coisas, o controle das cheias, estruturação viária e usos específicos do solo. As intervenções através de obras de engenharia, por si só, impõem à hidrografia urbana características físicas que a diferencia substancialmente da hidrografia de ambientes ditos naturais. Não obstante, ao se considerar a importância dos processos fluviais na morfogênese e morfodinâmica de diferentes elementos da paisagem, o papel dos rios e outros cursos d'água atuando como agentes de erosão, transporte e deposição, e a consequente complexidade do sistema fluvial e bacia hidrográfica, torna-se claro que tais intervenções podem ter grandes impactos e que, portanto, devem ser evidenciadas, de forma a viabilizar estudos e decisões eficientes no que se refere a planejamento territorial e ambiental urbano. A cartografia é uma ferramenta indispensável a qualquer tipo de planejamento espacial e deve, sempre que possível, contemplar as especificidades do espaço geográfico que visa apresentar. Entretanto, as convenções cartográficas existentes não contemplam as especificidades do urbano, e não são capazes de qualificar a rede fluvial, nem permitir a análise das relações do ambiente com sua hidrografia. O estabelecimento de conteúdos de legenda que explicitem tais relações e qualifiquem adequadamente as intervenções antrópicas na rede fluvial se faz, portanto, necessário. Desta forma, foram identificados e levantados, em trabalhos científicos e técnicos, características específicas da hidrografia urbana que requerem a elaboração de conteúdos de legenda também específicos. A metodologia utilizada para a realização do estudo advém principalmente da geomorfologia antropogênica e geomorfologia fluvial, devido darem subsídios técnicos e científicos para a compreensão dos efeitos de tais intervenções antrópicas, e devido ao fato de que a cartografia geomorfológica é capaz de comportar dados referente a formas, processos, materiais e dinâmicas, cuja inter-relação deve ser considerada na especificação dos conteúdos.

Palavras-chave: Hidrografia Urbana; Geomorfologia Antropogênica; Geomorfologia Fluvial; Cartografia; Planejamento.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Classificação dos canais fluviais.....	22
Figura 2 -	Quadro mostrando canalização à margem de um rio para realização de lavra mineral.....	30
Figura 3 -	Resquício de estrutura de canalização no Rio Jequitinhonha em Diamantina/MG.....	30
Figura 4 -	Comparação entre traçado original e traçado retificado em trecho do Rio Pinheiros, São Paulo/SP.....	34
Figura 5 -	Curso dos córregos Itororó e Bexiga desaguando no Córrego Anhangabaú.....	34
Figura 6 -	Av. 23 de Maio, sobre o Córrego Itororó.....	34
Figura 7 -	Mapa de Ga-Sur.....	43
Figura 8 -	Trecho de legenda de carta topográfica.....	57
Figura 9 -	Canais de desvio de fluxos no aeroporto de Cumbica, Guarulhos/SP.....	61
Figura 10 -	Canal de Circunvalação no Parque Ecológico do Tietê, São Paulo/SP.....	61
Figura 11 -	Diques de Gabião no baixo curso do rio Bussocaba, Osasco/SP.....	66
Figura 12 -	Médio curso do rio Bussocaba, Osasco/SP.....	66
Figura 13 -	Rio Tietê retificado em Carapicuíba-Barueri/SP.....	66
Figura 14 -	Córrego sem denominação tamponado.....	66
Figura 15 -	Barragem da Penha, no rio Tietê.....	67

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Obras de engenharia em canais, de acordo com BROOKERS.....	34
Tabela 2 - Classificação dos Conteúdos de Legenda.....	64

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	7
1.1. Objetivo.....	10
1.2. Justificativa .....	10
1.3. Metodologia.....	10
2. ASPECTOS DO MEIO FÍSICO – das características originais às antropogênicas	13
2.1. Fundamentos de geomorfologia.....	13
2.2. Fundamentos de Geomorfologia Fluvial e Hidrografia .....	17
3. HIDROGRAFIA URBANA .....	29
3.1. Impactos na morfologia e morfodinâmica fluvial.....	38
3.2. Perspectivas.....	40
4. CARTOGRAFIA E PLANEJAMENTO TERRITORIAL .....	43
4.1. Produção e leitura de mapas – uma revisão conceitual e histórica .....	43
4.2. Cartografia Geomorfológica .....	49
4.3. Planejamento territorial e ambiental urbano, e produtos cartográficos de relevância .....	54
4.3.1. Cartas topográficas.....	55
4.3.2. Cartas geotécnicas .....	57
4.3.3. Outros instrumentos .....	58
4.4. Os conteúdos de legenda para hidrografia – conclusões .....	58
5. RESULTADOS .....	60
5.1. Conteúdos Identificados.....	60
5.2. Conteúdos De Legenda .....	64
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	66
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69

## 1. INTRODUÇÃO

Rios e cursos d'água são elementos de imensa relevância para a compreensão da produção do espaço e organização da paisagem, já que influenciam diretamente na escolha de locais para o assentamento e distribuição das sociedades humanas. Independentemente de escala, cidades de todo o planeta nasceram às margens de rios e cursos d'água, se expandiram pelas bacias hidrográficas e, inevitavelmente, provocaram e ainda provocam modificações nos ambientes originais conforme se dá seu desenvolvimento.

A presença humana traz consigo mudanças na paisagem em decorrência, por exemplo, da necessidade de uso específico do solo, de construção civil, saneamento, paisagismo, mobilidade, dentre outros. O advento das cidades trouxe mudanças cada vez mais intensas e efetivas nas morfologias ou nas paisagens originais. Ao longo do tempo, as modificações são de tal magnitude que é comum que, em algum momento, a morfologia original dê lugar a morfologia antropogênica. Quase sempre, os sistemas hidrogeomorfológicos são os primeiros a serem impactados pelas intervenções antrópicas, ou onde os efeitos de diferentes intervenções primeiro se demonstram. Como se não bastasse, muitas intervenções executadas ao longo do desenvolvimento urbano se dão diretamente nos canais fluviais e suas planícies de inundação, modificando suas formas, seus fluxos e dinâmicas, e contendo os canais em espaços confinados à céu aberto ou no subsolo, muitas vezes, inclusive, numa lógica de negligenciamento dos mesmos.

Estudos de geomorfologia, especialmente aqueles relacionados ao ramo de especialização da geomorfologia fluvial, demonstram que cada característica específica dos canais e da rede fluvial, tal qual tipo de leito, vazão, tipo de sedimentos transportados, características do fluido, geometria do canal e da rede de drenagem, dentre outras, influenciam na dinâmica e equilíbrio dos processos e das formas fluviais como um todo (CHRISTOFOLETTI, 1981). Neste sentido, é inegável que as intervenções diretas nos canais fluviais tendem a intensificar as modificações no equilíbrio, o que é, inclusive, explicado e analisado pelos estudos de geomorfologia antropogênica.

O planejamento territorial e ambiental urbano pode ser entendido como um instrumento de gestão que visa ordenar o uso do solo e propor ações preventivas de impactos negativos à sociedade ou camadas específicas desta, à economia ou ao meio ambiente e recursos naturais. LIMA (1990) descreve que “Considerando-se a possibilidade de planejamento urbano efetivo e conseqüente, o conhecimento dos tipos de degradação do meio físico

produzidos por formas específicas de apropriação urbana, torna-se imprescindível” (LIMA, 1990, p. 2). Conhecer, portanto, onde se localizam as intervenções em canais fluviais, e seus potenciais efeitos, deve ser essencial a todo instrumento de planejamento territorial e ambiental urbano.

A cartografia é a linguagem que permite a análise do espaço físico e suas mudanças ao longo do tempo, já que permite a correlação de componentes de localização com componentes de qualificação (MARTINELLI, 2003). É, portanto, a mais importante ferramenta do planejamento territorial e ambiental. Ao incorporar metodologias da geomorfologia, a cartografia geomorfológica permite a representação das formas do relevo e demais elementos da paisagem, constituindo, ao menos em teoria, instrumento básico para a análise das tendências hidrodinâmicas dos canais cuja compreensão tem potencial de subsidiar os mesmos estudos ambientais e planejamentos territoriais, por exemplo (ARGENTO, 1994).

Os canais e planícies fluviais, formas de extrema importância na compreensão das tendências hidro-morfodinâmicas, quando se apresentam em sua forma original ou pouco modificada, são representados cartograficamente a partir de uma legenda padrão convencional. Entretanto, o mesmo não é exatamente verdadeiro para os ambientes urbanos, onde tais canais quase sempre sofrem intervenções que afetam sua dinâmica natural, como retificações, canalizações, tamponamentos, dentre outras especificidades originadas na intervenção antrópica que não são eficientemente atendidas pela representação cartográfica convencional. A importância de se evidenciar tais particularidades faz com que a necessidade de conteúdos de legenda específicos para representá-las seja aqui discutida e analisada.

Estudos e trabalhos de diferentes naturezas que possuem como área de estudo o meio urbano lidam diretamente com tais especificidades, apresentando-as quase sempre de maneira muito própria, tanto em sua descrição quanto em sua representação cartográfica. A análise destes estudos permite, portanto, identificar as intervenções e obras que demandam conteúdos de legenda específicos. Assim, o objetivo do presente estudo é analisar conteúdos de legenda de cartas topográficas e cartas temáticas de planejamento territorial e ambiental urbano a fim de se identificar conteúdos relativos a hidrografia urbana. Para tal, realizou-se, primeiramente, revisão teórica que fundamentasse e evidenciasse elementos de geomorfologia, geomorfologia fluvial e geomorfologia antropogênica a fim de se compreender a natureza e os possíveis efeitos das intervenções

antrópicas nos canais fluviais e, conseqüentemente, a importância de evidenciá-las. Em seguida, outras referências bibliográficas permitiram conceituar a hidrografia urbana, identificar seus principais elementos em exemplos de dentro e fora do Brasil, e seus principais efeitos na paisagem urbana. Para justificar a necessidade de se expandir os conteúdos de legendas cartográficas, foram inicialmente resgatados conceitos da cartografia que evidenciassem a potencialidade dos conteúdos de legenda específicos para hidrografia de áreas urbanizadas, dando destaque para o uso da cartografia como ferramenta do planejamento territorial e ambiental urbano. Em seguida foram analisados trabalhos e estudos de cunho científico e/ou técnico cuja análise se deu, de alguma forma, sobre elementos de hidrografia e geomorfologia fluvial em meio urbano ou, mais especificamente, sobre obras de engenharia hidráulica, assim como documentos como o plano diretor de macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, a fim de se identificar outros elementos de hidrografia urbana que possuem potencial serem contidos numa classificação dos conteúdos. Como resultado da discussão, elaborou-se uma tabela na qual se apresentam os conteúdos de legenda de hidrografia urbana que, conforme justificado ao longo do estudo, se fazem necessários para que estudos de ordenamento territorial e ambiental contemplem adequadamente todas as variáveis cuja análise é necessária para a compreensão das dinâmicas físicas existentes, de modo que o planejamento do uso do solo seja compatível com as reais características do sistema fluvial. Para efeito prático a referida tabela apresenta, ainda, para cada conteúdo de legenda, um exemplo real encontrado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

É preciso esclarecer, ainda, que se compreende que não apenas as intervenções diretas em canais e planícies fluviais influenciam as modificações nas dinâmicas destes, e que, considerando a pertinência da abordagem sistêmica, não se pode negligenciar os efeitos advindos das intervenções nas vertentes e outros setores da bacia, os quais tendem a afetar vazões, quantidade e características de sedimentos e características dos fluxos fluviais. É importante que outras intervenções antrópicas nas morfologias urbanas sejam evidenciadas para uma análise completa e eficiente quanto as características da rede fluvial e seus processos intrínsecos. Entretanto, no que se refere as intervenções em canais, estas são consideradas indiretas, ao menos no âmbito do presente estudo, e não especificar seus efeitos foi uma escolha, julgada necessária alcançar o objetivo do mesmo.

### **1.1. Objetivo**

O objetivo do presente estudo é: identificar conteúdos de legenda necessários à eficiente representação cartográfica da hidrografia de áreas urbanizadas, a partir da análise e avaliação de estudos e cartas topográficas e temáticas preexistentes que contemplem a hidrografia urbana; e justificar a necessidade de tais conteúdos a partir de evidências teóricas da geomorfologia.

### **1.2. Justificativa**

A cartografia é o principal instrumento de planejamento territorial e ambiental urbano e, para que seja eficiente, deve contemplar todos os elementos que tenham efeito sobre as dinâmicas deste meio. A partir da cartografia geomorfológica podemos obter conhecimentos de grande importância para o planejamento supracitado, visando questões sociais ou ambientais. Ao longo do desenvolvimento urbano, entretanto, o modelado e suas formas específicas costumam sofrer intervenções que modificam suas características e suas dinâmicas. Os canais fluviais costumam também sofrer intervenções diretas, afetando algumas vezes a dinâmica e suas formas adjacentes. As novas morfologias dos canais, e o impacto desta modificação, entretanto, não costumam ser eficientemente contemplados na cartografia convencional. A potencialidade que tais intervenções e novas morfologias possuem de interferir na dinâmica do meio físico deve ser evidenciada nos instrumentos de planejamento, como a cartografia, o que faz com que seja necessário o estabelecimento de conteúdos de legenda que sejam capazes de demonstrar tais particularidades.

### **1.3. Metodologia**

Segundo RODRIGUES (2005), a compreensão de processos hidrogeomorfológicos atuais em áreas urbanas compreende necessariamente a análise da morfologia original e morfologia antropogênica e a compreensão das mudanças ocorridas ao longo do tempo. Neste sentido, ao analisar as intervenções antrópicas diretas nos canais, faz-se necessário compreender as dinâmicas anteriores a tais intervenções, as motivações para que estas fossem realizadas, os efeitos que estas podem deflagrar e, conseqüentemente, o histórico de evolução das formas que no presente são consideradas antropogênicas. Assim, a primeira parte do presente estudo consiste em revisão teórica de conteúdos de geomorfologia e

duas de suas áreas de especialização – geomorfologia fluvial e geomorfologia antropogênica – a fim de fundamentar a análise. Para tal, recorreu-se a autores chave destas temáticas, como TRICART (1962; 1977), CHRISTOFOLETTI (1980; 1981), HART (1986), GREGORY (1992), GOUDIE (2004), NIR (1983), RODRIGUES (1997; 1999; 2001; 2004; 2005; 2010) dentre outros.

Em seguida, tratou-se de compreender e conceituar a hidrografia urbana a partir do levantamento de revisão histórica das intervenções em diferentes cidades do mundo, suas motivações, e análise das transformações das formas naturais em formas antropogênicas. Ao longo dessa discussão, foram realizados os primeiros levantamentos de conteúdos de legenda. A análise foi realizada com base no estudo de autores como TUCCI (2002; 2008; 2012), CANHOLI (2014), CUNHA (1994), BROOKERS (1988), MOROZ-CACCIA GOUVEIA (2010), dentre outros.

Considerando que o objetivo do estudo visa a representação cartográfica das especificidades da hidrografia urbana, realizou-se revisão teórica e conceituação de elementos de cartografia, cartografia topográfica, cartografia temática e cartografia geomorfológica a fim de compreender e demonstrar o potencial das cartas e mapas ao planejamento territorial e ambiental urbano, e a deficiência destes em representar adequadamente os elementos de hidrografia urbana. Esta análise baseou-se nos estudos de JOLY (1990), MARTINELLI (2003), BOCCHICHIO (2003) e NOGUEIRA (2009), principalmente, no que se refere a ciência cartográfica, e nas ideias de TRICART (1965), DEMEK (1976), KLIMAZEWSKI (1982), COLTRINARI (1984) e outros, no que se refere a cartografia geomorfológica. Neste sentido, foram apresentados também diferentes produtos cartográficos que se propõem a instrumentalizar os planejamentos territoriais e ambientais urbanos, tais como as cartas topográficas, geotécnicas ou hidrogeotécnicas, por exemplo, com a intenção de analisar suas potencialidades e fragilidades na representação dos conteúdos de hidrografia.

Tendo sido realizada a fundamentação teórica, passou-se à análise de trabalhos acadêmicos e técnicos referentes a hidrografia de áreas urbanizadas, tais quais os estudos de MOROZ-CACCIA GOUVEIA (2010), LUZ (2014), BOTELHO (2011), o Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (PDMAT), elaborado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), e a Carta do Meio Ambiente e sua Dinâmica, elaborada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) segundo a metodologia de JOURNAUX, a fim de se

identificar outros conteúdos de legenda potenciais não observados na revisão teórica anterior. Este levantamento, somado a discussão prévia, levou à elaboração de uma tabela de conteúdos de legenda identificados como necessários à adequada representação gráfica da hidrografia urbana, os quais foram classificados de acordo com seu grau de evolução, em concordância com a metodologia proposta por LIMA (1990).

## 2. ASPECTOS DO MEIO FÍSICO – das características originais às antropogênicas

### 2.1. Fundamentos de geomorfologia

No senso comum, relevo é um termo que remete a formas que se destacam na paisagem, como montanhas distantes, vales entalhados, planaltos e chapadas. Numa análise melhor respaldada cientificamente, contudo, o estudo do relevo é muito mais significativo, já que os fatos geomorfológicos permeiam toda a superfície da crosta terrestre e são, essencialmente, o substrato de quase toda a vida na Terra, e de todas as sociedades humanas, onde estas se fixam e assentam moradia, providenciam seus alimentos e definem os limites de seus domínios, derivando daí valores econômicos e sociais (MARQUES, 1994/2013).

Numa visão geral, Geomorfologia é a ciência a partir da qual compreende-se a evolução do modelado da superfície terrestre, seus aspectos e dinâmicas, e se infere as implicações dos processos no ordenamento da sociedade (GOUDIE, 2004), e de toda a paisagem. De modo mais específico, pode ser definida como sendo “o estudo das formas do relevo terrestre, sua gênese, sua evolução no tempo e suas relações no espaço” (JOLY, 1977, *apud* RODRIGUES, 1997). Esta definição é especialmente relevante, já que evidencia a importância de se considerar a história e as dinâmicas do objeto de estudo da geomorfologia. A superfície da crosta, onde se destacam as formas do relevo, é por sua vez o reflexo do equilíbrio dinâmico de diferentes forças da natureza; estudar e explicar a relação entre estes elementos é, assim, o papel da geomorfologia (RODRIGUES, 1997).

As formas do relevo da superfície terrestre – ou fatos geomorfológicos (CHRISTOFOLETTI, 1980) –, são considerados o principal objeto de estudo da geomorfologia (MARQUES, 1994; LUZ, 2014), sejam eles parte do que se entende propriamente por relevo (conjunto de grandes unidades estruturais que se distinguem na paisagem, e cuja origem está nas forças endógenas) ou o que se entende por modelado (formas esculturais devidas a ação do clima sobre o relevo) (COLTRINARI, 1984). Entretanto, a compreensão da gênese, dinâmica e evolução inerente às formas só é possível a partir do estudo dos mecanismos que atuam sobre elas em diferentes momentos do tempo. Assim, Geomorfologia é, fundamentalmente, o estudo das formas do relevo da superfície terrestre, dos processos responsáveis pela gênese e evolução destas, e dos

materiais a estes relacionados (HART, 1986; RODRIGUES, 1997; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010), em âmbito espaciotemporal. Neste sentido:

- Formas podem ser definidas como a expressão espacial de uma superfície, arquitetadas pela ação de determinado processo ou grupo de processos (CHRISTOFOLETTI, 1980). O estudo das formas compreende a dimensão física destas, considerando tamanho e geometria (HART, 1986). HART (1986) denomina o estudo das formas como morfometria, termo que abrange parâmetros como altura, comprimento, largura, ângulos, etc. (RODRIGUES, 1997);

- Processos possuem relação direta com o intemperismo e ação biológica, transporte, deposição e ação tectônica (HART, 1986). Assim, podem ter sua origem em forças endógenas ou exógenas à crosta terrestre, e são responsáveis pela gênese, evolução, destruição, distribuição espacial e modelagem das formas, contínua ou descontinuamente, mesmo que muitas vezes sejam sujeitos a estas (ROSS, 1990; MARQUES, 1994; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010). A ação dos processos se dá sobre os materiais. O estudo dos processos contemporâneos, entretanto, foi por muito tempo negligenciado na geomorfologia, o que só começou a mudar a partir da década de 1960 (HART, 1986).

- Materiais são tudo o que constitui a camada mais superficial da crosta terrestre ao compor, estruturar e sustentar as formas, condicionando tanto sua evolução quanto a ação dos processos, conforme suas características e propriedades (ROSS, 1990; MARQUES, 1994; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010; LUZ, 2014). O estudo dos materiais considera suas propriedades (seja do ponto de vista de suas características pedológicas, estratigráficas, mineralógicas ou outras), as quais refletem circunstâncias de erosão ou estabilidade das formas, e os mecanismos e comportamento dos processos. (HART, 1986). A concepção de tal estudo como parte do escopo da geomorfologia também é razoavelmente recente (HART, 1986).

Estes três elementos possuem, ainda, relações dinâmicas e devem ser analisados de maneira integrada, como um sistema, sob a luz da Teoria Geral dos Sistemas, proposta por Bertalanffy na década de 1950 (GREGORY, 1992) e incorporada na geomorfologia a partir, principalmente, da década de 1960. Segundo esta teoria, Sistemas podem ser definidos como conjuntos de elementos diversos, conectados por fluxos de energia e matéria de forma a manter uma relação de interdependência entre si, seus atributos e seu meio ambiente (CHRISTOPHERSON, 2012; RODRIGUES, 2001; MOROZ-CACCIA

GOUVEIA, 2010). Tal teoria parte do pressuposto de que as trocas de energia e matéria, na natureza, se dão através de inter-relações dinâmicas equilibradas (TRICART, 1972; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010). Assim, sua análise, e a de seus componentes, deve considerar as dinâmicas existentes de forma interdisciplinar e multiescalar (no espaço e no tempo). Atribui-se a Chorley (1962) a incorporação da Teoria Geral dos Sistemas à geomorfologia (GREGORY, 1992; RODRIGUES, 1997), onde aplica-se também a Teoria do Equilíbrio Dinâmico, inspirada na anterior (ROSS, 1990; FIERZ, 2015), e segundo a qual todos os elementos da paisagem estão ajustados e evoluem de modo interdependente, fazendo com que o comportamento balanceado entre os processos morfogenéticos e a resistência das rochas resulte num equilíbrio não estático da paisagem (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010). Assim,

(...) segundo Strahler (1952), a análise geomorfológica deve ser realizada a partir de uma abordagem dinâmica, baseada em sistemas abertos que tendem ao equilíbrio dinâmico, e são auto-regulados. Nessa perspectiva, entende-se que a formação do relevo é resultado de um conjunto de forças (energia) que variam no tempo e no espaço, de acordo com as propriedades físicas (estado da matéria) dos componentes sobre os quais atuam. (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010).

Ainda, de acordo com STRAHLER (1952, apud MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010), o pleno desenvolvimento da geomorfologia depende de que as formas e processos sejam relacionados em termos de sistemas dinâmicos.

Apesar de muitos estudos destacarem as formas, o estudo dos processos atuais é um dos mais importantes para a geomorfologia moderna. Além do fato de que é apenas a partir do entendimento destes que se explica as formas, alguns geomorfólogos consideram os processos o cerne desta ciência, já que seu estudo faz com que a geomorfologia seja menos descritiva, e mais explanatória (HART, 1986).

Os processos de erosão e deposição (degradação e agadação) podem ser considerados, juntamente com os processos de transporte, os mais evidentes e mais analisados em geomorfologia (HART, 1984). Um elemento comum a estes e a outros processos geomorfológicos é a água – a qual modela o relevo da superfície terrestre, controlando tanto sua formação quanto o comportamento mecânico dos materiais (COELHO NETTO, 1994/2013). A água é o principal agente de erosão e de definição do modelado da superfície terrestre, seja qual forem seus regimes e volumes ou diferentes estados físicos nos diversos sistemas, já que é capaz de alterar os materiais de forma química, física ou

bioquímica. A erosão pode ser entendida como o desgaste, desagregação, remoção e sedimentação das partículas das rochas e solos, com posterior transporte destas, no qual a água também atua expressivamente através principalmente do escoamento superficial, tanto nas vertentes quanto nos cursos d'água (HART, 1986). Tal transporte leva à deposição, que pode modificar formas já existentes e/ou gerar formas novas. A ação da água nas vertentes e encostas, cujo estudo é amplamente difundido na geomorfologia, explicita sua participação nos três processos supracitados: basicamente, o escoamento, principalmente superficial, atua na erosão e remoção de sedimentos, que são transportados pelos mesmos fluxos (ou pela gravidade), e depositados no nível de base. A identificação e caracterização dos fluxos d'água nas encostas e vertentes, além de permitir a quantificação da erosão dos solos, são de fundamental importância ao entendimento dos processos geomorfológicos que governam as transformações e a modelagem do relevo (COELHO NETTO, 1994).

Considerando a importância da água como agente geomorfológico, e sendo a Hidrologia a ciência cujo objeto é a água, sua ocorrência, circulação e propriedades – fatores que influenciam na modelagem do relevo –, é impossível negar a estreita relação entre as duas áreas de estudo. Diferentes termos costumam ser utilizados, por diversos autores, com o intuito de evidenciar e destacar esta relação. GOERL et al (2012), por exemplo, chama a união da geomorfologia com a hidrologia de Hidrogeomorfologia, termo cuja definição seria

uma ciência que busca compreender como os processos hidrológicos contribuem para a formação e evolução da paisagem e ainda como as formas de relevo condicionam ou controlam os processos hidrológicos em diferentes escalas temporais e espaciais (GOERL et al, 2012).

GOUDIE (2004), por sua vez, usa o termo Geomorfologia Hidrológica (*Hydrological Geomorphology*) para descrever a interface entre a hidrologia e a geomorfologia, e o termo Hidromorfologia (*Hydromorphology*) como sendo o estudo geomorfológico da água e seus efeitos no modelado, indiretos ou diretos, relacionados a intemperismo ou escoamento. Aí, inclui-se o que chama de Hidrogeomorfologia Fluvial (*Fluvial Hydrogeomorphology*), associada diretamente a cursos d'água e processos fluviais, os quais são o foco da geomorfologia fluvial, importante área de especialização geomorfológica.

Antes de considerar especificamente a geomorfologia fluvial, é preciso lembrar que, de todos os termos empregados para explicitar a relação entre água e modelado, talvez o mais difundido seja “Hidrografia”. Apesar de muitas vezes ser definida como a área da geografia que estuda os rios e outros corpos d’água, a Hidrografia deve ser entendida, na verdade, como a própria expressão bidimensional e espacial da ocorrência e circulação das águas na paisagem, envolvendo a descrição dos conteúdos da superfície que possuem relação direta com essa circulação, a da água, ou seja, pela abordagem geomorfológica e dos processos e formas fluviais. Em outras palavras, trata-se de considerar a expressão física da água na paisagem. Ao realizar uma análise hidrográfica de determinado espaço, são identificadas as ocorrências, os diferentes fluxos ou combinações de fluxos e os caminhos preferenciais desses fluxos de água na paisagem, o que, em tese, permitiria reconhecer-los e quantificá-los.

Quase toda a água que circula nos diferentes terrenos, seja superficial ou subsuperficialmente, tende a atingir os canais fluviais e outros corpos d’água e, tal como nas encostas, nos canais fluviais, os processos de erosão, transporte e deposição também são relevantes

Os processos fluviais, como um todo, possuem relevância indiscutível no âmbito dos estudos geomorfológicos no geral, já que rios e cursos d’água, formas decorrentes dos processos fluviais – portanto, formas fluviais –, possuem extrema importância para a formação do modelado terrestre e, ainda, para a disposição de comunidades humanas no planeta. Dada sua importância, tais processos, e suas formas associadas, são o foco de um ramo de domínio especializado: a geomorfologia fluvial.

## **2.2. Fundamentos de Geomorfologia Fluvial e Hidrografia**

A geomorfologia, como ciência, subdivide-se em diferentes ramos ou “linhas de domínios especializados” (GOUDIE, 2004) que concentram-se em especificidades morfológicas ou morfogenéticas, tal qual a Geomorfologia Climática, Geomorfologia do Quaternário, Geomorfologia Estrutural, Geomorfologia Aplicada, Geomorfologia de Processos, etc. Mais recentemente, ganham popularidade linhas como a Geomorfologia Antropogênica, destacando a ação antrópica, ou a Geomorfologia Urbana, destacando a ação dos processos sobre um ambiente artificial (MARQUES, 1994/2003). CHRISTOFOLETTI (1980) considera que a divisão da geomorfologia em ramos, assim como a classificação

dos fatos geomorfológicos, deve ser realizada sob a perspectiva de que as formas são respostas aos processos, já que ambos constituem o essencial desta ciência, priorizando, portanto, a linha da geomorfologia de processos.

Ao destacar que as formas resultam de processos, toma-los como critério de classificação tornou-se também uma opção importante, abrindo espaços para individualizar estudos voltados para processos fluviais, costeiros, eólicos e glaciais (MARQUES, 1994)

Assim, demonstra-se que os ramos da geomorfologia podem, também, dividir-se conforme as categorias de processos e formas (CHRISTOFOLETTI, 1980). Neste contexto, se evidencia aqui a Geomorfologia Fluvial.

A especialização em formas e processos fluviais decorre da importância destes na formação do modelado de forma direta ou indireta, e da influência de suas formas derivadas para as sociedades humanas. De acordo com CUNHA (1994),

A Geomorfologia Fluvial representa um setor de destaque na ciência geomorfológica (...); (...) a ação fluvial, alterando a dinâmica do rio e suas formas topográficas, serviu de temática preferida dos pesquisadores, a ponto de, ao longo da história da ciência geomorfológica, deter a maior produção científica dessa área do conhecimento (CUNHA, 1994).

Isto se dá porque, ainda hoje, cidades de diferentes portes, de vilas às cidades globais, situam-se as margens de rios, e desenvolvem diferentes relações com estes: em algumas cidades os cursos d'água são valorizados como recurso, há bom proveito de seu curso, respeito e convivência com suas dinâmicas, enquanto em outras estes são renegados, limitados, escondidos, extintos ou impostos a dinâmicas que destoam de sua natureza. Entretanto, e ainda assim, independentemente de como se dá esta relação, muitas vezes será a dinâmica destes rios e dos sistemas e elementos a eles atrelados que influenciará na distribuição da população, uso do solo e até mesmo economia.

A palavra *Fluvial* remete aquilo que é próprio de rios. Rios, por sua vez, são grandes cursos de água natural, como caminhos que a água percorre na paisagem. A geomorfologia fluvial é o ramo que estuda os processos fluviais e suas formas derivadas, ou seja, processos que se relacionam ao escoamento de rios e outros cursos d'água (CHRISTOFOLETTI, 1980), e os próprios rios e bacias hidrográficas. Os processos fluviais possuem especial relevância na geomorfologia pois, apesar de originarem formas específicas, estão presentes e possuem importância na gênese de fatos geomorfológicos

por todo o planeta. Rios, e outros cursos d'água são talvez os mais importantes agentes de erosão, transporte e deposição de sedimentos em diferentes taxas temporais, ou seja, são importantes agentes morfológicos. E, ainda, como não pode deixar de ser dito, destacam-se pelo papel que desempenham nas dinâmicas de ocupação das comunidades humanas.

Grande parte da geomorfologia fluvial diz respeito a canais fluviais e sua dinâmica, devido, principalmente, a sua já mencionada importância como agentes de erosão, transporte e deposição de sedimentos: a energia dos fluxos de água executa a ação de erosão sobre margens e leito, entalhando os canais a partir da remoção material sedimentar que, somando-se aqueles fornecidos pela remoção detrítica das vertentes, são transportados pelos fluxos do escoamento fluvial. Neste processo, a deposição acontece tanto ao longo do perfil longitudinal dos canais, influenciando nas dinâmicas de leito e das margens, quanto mais à jusante, podendo chegar até mesmo à foz dos grandes rios. Assim, a forma e dinâmica dos canais fluviais se devem a tais capacidades. Por este motivo, parte da geomorfologia fluvial objetiva analisar e classificar os canais fluviais, suas características específicas e suas ações.

Os canais fluviais podem ser denominados cursos d'água, ribeirão, riacho, ribeira, arroio, dentre outras denominações, mas, principalmente, rios. “Geológica e geomorfologicamente, o termo ‘rio’ aplica-se exclusivamente a qualquer fluxo canalizado e, por vezes, é empregado para referir-se a canais destituídos de água” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 65). Por esta razão, existem pelo menos três categorias principais de classificação dos rios, no que se refere ao seu fluxo natural: rios perenes, cujos canais drenam água no decorrer do ano todo; rios intermitentes, os quais possuem fluxo constante durante parte do ano, mas secam no decorrer da outra; e rios efêmeros, cujos canais que permanecem secos a maior parte do ano e comportam fluxo de água apenas durante e imediatamente após um evento chuvoso (CHRISTOFOLETTI, 1980). Entretanto, esta é a categorização mais trivial, e presente mesmo em cartas e mapas que não são necessariamente geomorfológicos. Outros atributos fluviais funcionam melhor para classificar os canais e compreender os processos. Dentre estes atributos estão a dinâmica do escoamento fluvial e características dos fluxos, como velocidade e energia; qualidade da carga detrítica transportada pelos canais; tipo de canais, sua forma e geometria, em diferentes dimensões; características da rede de drenagem; etc.

As características do escoamento fluvial, como turbulência, energia e velocidade do fluxo, refletem a qualidade dos processos, e sua dinâmica influencia diretamente o transporte de sedimentos, os mecanismos deposicionais e a esculturação da topografia do leito (CHRISTOFOLETTI, 1981).

(...) a dinâmica do escoamento fluvial fornece informações básicas para a compreensão das forças atuantes no funcionamento do processo morfogenético fluvial, em qualquer das fases tradicionalmente distinguidas no trabalho executado pelo rio, ou seja, da erosão, transporte e sedimentação (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Tais qualidades, somadas às características do material sedimentar transportado, e do próprio fluxo, estruturam a forma do canal em seu perfil transversal, ao que se dá o nome de geometria hidráulica, um reflexo do equilíbrio entre as forças erosivas e os processos deposicionais. São variáveis que modificam e caracterizam a geometria hidráulica: largura e profundidade do canal (e a relação entre estes); velocidade do fluxo; gradiente de energia (inclinação da superfície da água); vazão; perímetro úmido; área do perfil transversal; raio hidráulico (relação entre a área e o perímetro úmido); rugosidade do leito; e concentração de sedimentos e sua granulometria. A geometria hidráulica é importante na categorização dos canais fluviais, e suas variáveis têm seus valores modificados conforme as transformações que ocorrem ao longo do perfil longitudinal. Em canais naturais, por exemplo a largura e profundidade do canal (variáveis da geometria hidráulica) no perfil transversal aumentam à jusante, conforme aumenta a vazão (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O inter-relacionamento entre a descarga líquida, carga sedimentar, declive, velocidade dos fluxos, rugosidade do leito e largura e profundidade do canal determina os tipos/padrões de canais fluviais e padrões de drenagem, os quais podem variar tanto na bacia hidrográfica quanto ao longo do canal (CUNHA, 1994; RODRIGUES & ADAMI, 2011). Da mesma forma, a partir do tipo de canal, pode-se inferir algumas das características fluviais supracitadas. Apesar de os canais fluviais variarem em tamanho, forma e grau de dinamismo, sua classificação em padrões é uma importante ferramenta em geomorfologia fluvial e gerenciamento de rios (SILVA, 2012). A classificação pode, então, basear-se principalmente em processos, ao relacionar declividade e descarga (LEOPOLD & WOLMAN, 1957, apud SILVA, 2012), morfodinâmica do leito e carga transportada (SCHUMM, 1963; 1977 apud SILVA, 2012), ou a dependência entre canal e planície de inundação (NANSON & CROCKE, 1992, apud SILVA, 2012), por

exemplo; na potência do fluxo, ao considerar a carga de sedimentos transportados (SCHUMM, 1981, apud SILVA, 2012); ou nas próprias características dos canais como leito, escala e equilíbrio entre os processos nele executados (SILVA, 2012).

Existem, assim, quatro tipos básicos de padrões de canais:

- Canais Retilíneos (*straight*): “são possivelmente restritos a ambientes de baixa energia, onde a potência do fluxo não é suficiente para erosão das margens” (SILVA, 2012). Costumam ocorrer em pequenas extensões, e muitas vezes associados a falhamentos litológicos (controle estrutural) ou intervenção humana (RODRIGUES & ADAMI, 2011), e podem dar origem a padrões sinuosos quando correm sobre um leito aluvial, conforme o aumento da vazão leva ao aumento da assimetria (SILVA, 2012).

- Canais Meândricos (*meandering*): caracterizam-se por suas curvas sinuosas, largas e mais ou menos harmoniosas, com sinuosidade acima de 1,5, originadas pelo trabalho contínuo de erosão e deposição em suas margens (divagação meândrica): a margem côncava é escavada pelo fluxo em maior velocidade, e os sedimentos retirados são transportados para se depositarem na margem convexa, originando características barras laterais; Neste processo, o canal pode migrar horizontalmente na planície (CHRISTOFOLETTI, 1981; RODRIGUES & ADAMI, 2011; SILVA, 2012).

- Canais Entrelaçados (*braided*): apresentam múltiplos canais separados por barras ou ilhas formadas pela carga detrítica de sedimentos grosseiros. Sua principal característica é repetida divisão e união dos canais associada à divergência e convergência do fluxo. Costumam ser largos e rasos, possuir carga de fundo abundante, margens compostas de materiais facilmente erodíveis e vazão altamente variável (SILVA, 2012).

- Canais Anastomosados (*anastomosing*): assim como os anteriores, possuem múltiplos canais, divididos por ilhas formadas por sedimentos predominantemente finos, o que dá a estas, e aos canais, maior estabilidade e menor erodibilidade das margens; São caracterizados, então, por fluxos concentrados de relativamente grandes magnitudes, associados à baixa erodibilidade dos bancos, que restringem a capacidade do canal, aumentando a frequência das inundações e tendendo à formação de novos canais por avulsão (SILVA, 2012). Podem ser considerados uma forma transicional entre os canais meândricos e os entrelaçados e, apesar de serem pouco comuns (SILVA, 2012), muitos autores consideram a estes ao invés do padrão dos canais entrelaçados ao definir três tipos básicos de canais.

Apesar de ser possível classificar os canais fluviais nos quatro tipos de padrões apresentados, é comum encontrar na literatura de referência apenas três tipos básicos, de acordo como o que cada autor julga ser mais didático. Os quatro tipos podem, entretanto, ser encontrados na classificação dos canais fluviais segundo Schumm (1981) (figura 1).

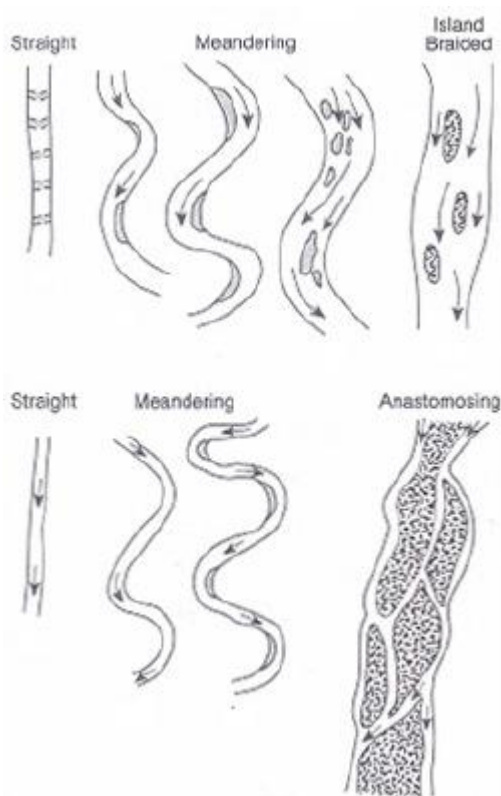


Fig. 1 – Classificação dos canais fluviais segundo Schumm (1981). Adaptado de Kinighton, 1998, *apud* SILVA, 2012.

A utilização de sistemas de classificação facilita a comunicação entre diferentes profissionais e, para isto, devem ser objetivos e possuir uma linguagem comum – o que é dificultado pela ocorrência de diferentes características geomorfológicas de sistemas fluviais encontradas na natureza (KONDOLF et al, 2003; SILVA, 2012). A mesma lógica pode ser pensada no que diz respeito à hidrografia urbana (a qual será apresentada de forma mais detalhada no capítulo seguinte). Deve se considerar, também, que, por mais que represente importância para estudos e análises técnicas diversas, a classificação de tipologias de canais ainda é majoritariamente utilizada apenas no âmbito acadêmico. Assim, o fato de a classificação ter de ser realizada de forma a facilitar a comunicação dos profissionais corrobora para a justificativa da importância da padronização de legenda para hidrografia urbana que, além de ser passível de abarcar estes temas, figura em quase tantos estudos e análises de fora do mundo acadêmico quanto de dentro deste.

Independentemente de suas características específicas, os canais fluviais interligam-se uns aos outros em uma Rede Fluvial, também denominada “rede hidrográfica” ou “rede de drenagem” (RODRIGUES; ADAMI, 2011). As Redes Fluviais são a mais clara expressão da hidrografia, e compõem as Bacias Hidrográficas. Uma Bacia Hidrográfica pode ser definida como um sistema, ao mesmo tempo hidrológico e geomorfológico, ou uma área drenada por uma rede de cursos fluviais interligados, e que inclui todos os espaços de circulação, armazenamento e saída de água e do material por ela transportado (RODRIGUES; ADAMI, 2011). A Bacia Hidrográfica, que contempla, além da rede fluvial e suas formas relativas, as vertentes por onde os fluxos escoam, é uma das referências espaciais mais consideradas em estudos do meio físico (RODRIGUES; ADAMI, 2011), o que é importante, se considerarmos a própria noção de sistema e de equilíbrio dinâmico. De acordo com CHRISTOFOLETTI (1980), “O estudo e a análise dos cursos de água só podem ser realizados em função da perspectiva global do sistema hidrográfico” o que se deve interdependência dos processos atuantes, elementos e variáveis deste sistema, e ao fato de que intervenções no mesmo podem modificar seu equilíbrio dinâmico. Isto porque trata-se de um sistema de relevância tamanha que é impossível negar a importância da compreensão dos fatores envolvidos em sua dinâmica para qualquer estudo e planejamento que envolva recursos hídricos.

A vazão e o volume e tipo da carga sedimentar estão relacionados às características climáticas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, de uso do solo e da bacia. (RODRIGUES; ADAMI, 2011). Da mesma forma, as características da bacia e da rede fluvial podem ser determinadas pela vazão e carga sedimentar, numa inter-relação característica dos sistemas geomorfológicos. Considerando que, então, tudo o que acontece na bacia se relaciona de alguma forma com as dinâmicas fluviais, é natural que a ocupação e intervenção humana no sistema tenham também impacto significativo. Tal fato se torna ainda mais expressivo no meio urbano, onde são realizadas tanto mudanças relevantes nos fluxos superficiais e subsuperficiais, como intervenções diretamente nos cursos d’água, como obras de canalização, retificação, tamponamento, mudanças no leito, etc. O histórico relacionamento das sociedades humanas com os rios evidencia, portanto, a relevância da inclusão do fator antrópico nos estudos de geomorfologia fluvial.

Formas e sistemas fluviais, assim como a própria rede e bacia hidrográfica são elementos essencialmente complexos – especialmente em meio urbano – e, portanto, é natural que seja também complexa a representação gráfica dos mesmos, assim como acontece com

outros elementos geomorfológicos no geral. Elementos de hidrografia são particularmente relevantes às análises territoriais e ambientais urbanas, devido o estreito inter-relacionamento destes com as sociedades humanas, e as consequências deste inter-relacionamento. Assim, deve ser dada atenção especial a forma de representação destes, já que é a partir da representação cartográfica que tais elementos e suas relações podem ser melhor compreendidas e analisadas.

De fato, a importância da hidrografia nas análises espaciais fez com que fossem determinados conteúdos de legenda e metodologias específicas para a sua representação cartográfica. Entretanto, tais conteúdos se além as formas originais e pré-urbanas ou, quando devem apresentar suas formas modificadas pela ação antrópica, o faz de maneira muito simplista, sendo falhas em contemplar algumas especificidades e intervenções relevantes à análise. Tais modificações, quase sempre negligenciadas pela cartografia topográfica convencional, ou mesmo nas cartas de ordenamento territorial urbano, promovem modificações significativas no meio físico, hoje compreendidas e analisadas sob a luz dos conhecimentos difundidos por um outro ramo da ciência geomorfológica de especial importância para o presente estudo: a geomorfologia antropogênica.

### **2.3. Geomorfologia Antropogênica**

Tal qual a geomorfologia fluvial, a geomorfologia antropogênica, ou *Antropogeomorfologia* é um ramo de especialização da ciência geomorfológica, o qual, por sua vez, se concentra no estudo das formações cuja gênese e dinâmica se dão pela intervenção humana no meio físico. Entretanto, diferentemente da anterior, que se limita aos processos homônimos, esta área de estudo não se detém à análise dos processos de uma única natureza, mas sim abrange todos aqueles que possam ser deflagrados por tais intervenções (NIR, 1983; RODRIGUES, 1997; GOUDIE, 1977).

Em 1864, a obra “*Man and Nature*”, de George Perkins Marsh, reconheceu pela primeira vez a atividade humana como um fator geomorfológico ao abordar o impacto da intervenção antrópica no meio físico natural (NIR, 1983; CLARO, 2013). Esta obra contribui para a compreensão da influência do desmatamento no meio ambiente, como erosão dos solos, assoreamento de leitos fluviais e catástrofes relacionadas a enchentes e inundações. Mais tarde, a obra de Sherlock, “*Man as a Geological Agent*” (1922) aponta atividades como o manejo florestal, agropecuária, mineração e construções de ferrovias e

rodovias como causadoras de intervenções nos processos naturais e, juntamente com o trabalho de Fischer (1915) coloca em maior evidência a percepção da geomorfologia antropogênica (NIR, 1983; RODRIGUES, 1997).

Assim, a percepção da atividade geomorfológica de origem antrópica, e do ser humano como agente geomorfológico relevante, é relativamente recente nas ciências naturais e da terra (NIR, 1983). Nos estudos de geografia física e geomorfologia, a inserção da variável antrópica data apenas da década de 1960, sendo assim amplamente considerada tardia (RODRIGUES, 1997; 2004). O próprio termo “geomorfologia antropogênica” é creditado a NIR, que fez a primeira tentativa de consolidar o jargão em sua obra de 1983, denominada “*Man, a geomorphological agent - an introduction to anthropic geomorfology*”.

Neste contexto, a geomorfologia antropogênica surge com fins de estudar as formas de gênese antrópica, as modificações realizadas nas formas originais, os materiais derivados destas intervenções, os processos deflagrados pelas mesmas no meio físico e, conseqüentemente, o modo como a estabilidade da paisagem é afetada, direta ou indiretamente.

A dinâmica natural (donde se exclui a ação antrópica), ou os processos naturais de elaboração das formas, são condicionados por elementos morfológicos e morfométricos, pelo clima, pelas formações superficiais, pela cobertura vegetal e pelo tipo de litologia e estrutura subjacentes. A morfologia antropogênica depende destes mesmos condicionamentos. A ação antrópica, entretanto, é realizada alterando-se diretamente alguns destes elementos condicionantes da morfodinâmica natural e preservando outros. (LIMA, 1990)

Entende-se então que a morfologia antropogênica trata do conjunto de elementos morfológicos criados diretamente pela ação humana na superfície (LIMA, 1990). Segundo LIMA (1990), a caracterização dos elementos morfológicos antropogênicos permite inferir as ações físicas que as geraram, as quais, por sua vez, são condicionadas tanto por fatores naturais quanto por fatores de ordem social, política, econômica, cultural e tecnológica (LIMA, 1990).

Apesar de não se aplicar especificamente ao meio urbano, o conceito de Antropogeomorfologia é mais vinculado às ações realizadas neste, já que aspectos da geomorfologia antropogênica são indissociáveis da adequação de superfícies, instalação

de sistemas viários e de infraestrutura e instalação de edificações característicos das cidades, sejam elas grandes ou pequenas.

A análise antropogeomorfológica muito se relaciona com a teoria geral dos sistemas. De acordo com TRICART (1972), a adoção do conceito de "sistemas" permite abarcar problemas ambientais incorporando a ação antrópica como elemento capaz de alterar o equilíbrio dinâmico dos sistemas naturais. Ao considerar a abordagem sistêmica nas análises geomorfológicas, o autor inclui ação antrópica como componente que interfere significativamente no equilíbrio dinâmico (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010). De acordo com LIMA (1990), ao produzir uma análise morfodinâmica, Tricart deu ênfase à uma tipologia da morfodinâmica original ou natural, colocando as interferências antrópicas como um ingrediente perturbador do sistema original. (NIR, 1983).

As primeiras intervenções antrópicas, em ambientes urbanos ou não, geralmente se referem à retirada da cobertura vegetal. Neste primeiro nível está também a instalação de cultivos ou de nova cobertura vegetal e o efetivo uso da terra (LIMA, 1990). “Através desta ação, o homem altera a correlação de forças dos processos responsáveis pela elaboração das formas, ou seja, gera-se nova morfodinâmica, uma morfodinâmica definida também pela ação antrópica no uso da terra”. (LIMA, 1990, p. 50). Trata-se de uma intervenção a qual, apesar de não ser infligida diretamente nos cursos d’água, tende a modificar as dinâmicas hidrogeomorfológicas.

Em seguida, e em especial no meio urbano, está a criação direta e facilmente perceptível de novas morfologias (LIMA, 1990), derivadas de cortes e aterros e, no caso da hidrografia, intervenções associadas principalmente a canalizações e represamentos.

A revisão na literatura sobre geomorfologia antropogênica ou antropogeomorfologia demonstra que há, de forma geral, certa concentração de esforços nas análises de formas relacionadas a vertentes e interflúvios, muitas vezes negligenciando as intervenções diretas em canais e corpos d’água, apesar de estas possuírem grande importância na dinâmica não só do sistema fluvial, mas também do sistema bacia hidrográfica, como já demonstrado anteriormente. Entretanto, numa análise mais interpretativa, é possível associar facilmente as intervenções a morfologias fluviais às descrições e conceituações de alguns autores chaves para a compreensão do tema.

TOY & HADLEY (1987), por exemplo, usam o termo “morfologia antropogênica” para aquelas decorrentes de atividades minerárias, implantação de sistema ferroviário e

rodoviário, barragens e outros empreendimentos de grande porte. (LIMA, 1990). Neste sentido, as intervenções em cursos d'água que modificam os canais podem também ser consideradas morfologias antropogênicas.

NIR (1983), ao analisar os elementos que caracterizam morfologias antropogênicas, também considera algumas obras de engenharia realizadas em canais fluviais como intervenções que podem ser lidas sob a ótica desta ciência, devido a implicância e consequência destas nos sistemas. Dentre as obras que o autor considera como intervenções antrópicas estão aquelas relacionadas ao alargamento, aprofundamento e retificação do canal, retirada de sedimentos por dragagem, proteção pela construção de diques marginais, e represamentos para contenção temporária das águas.

LIMA (1990), considerando os estudos destes e outros autores, e seus próprios, classifica a evolução da morfologia original para a morfologia antropogênica em três graus. O grau 1, “morfologia original preservada”, corresponde às superfícies que não sofreram interferências diretas, e que apresentam, inclusive, cobertura vegetal variada. O segundo grau, denominado “morfologia original semi-preservada”, apresenta elementos da morfologia original com intervenções antrópicas como o arruamento, por exemplo. O terceiro grau, “morfologia antropogênica”, se refere às superfícies de gênese diretamente antrópica, criadas pela atuação direta das formações superficiais ou incremento da topografia com materiais tecnogênicos externos à bacia. Incluem-se aí os patamares criados por cortes e aterros e as superfícies edificadas e pavimentadas. Entretanto, apesar de a autora não discorrer especificamente sobre intervenções em canais e outros corpos d'água, estas também estão sujeitas à classificação descrita, já que canais são morfologias específicas passíveis de sofrer graus de intervenção diferentes ou progressivos.

Outra definição importante por parte da autora se refere a *categorização dos elementos de morfologia antropogênica* (LIMA, 1990), a qual, apesar de também não ser específica para canais fluviais, possui relevância para a compreensão do modo de representação cartográfica destes. A autora divide os elementos da morfologia antropogênica em dois grupos: elementos areolares, cuja distribuição espacial é representativa; e elementos lineares, cujas ações morfológicas possuem extensão significativa, ambos na escala cartográfica. Para a autora, nos elementos lineares estariam os arruamentos, as rupturas de declive por corte, e as rupturas de declive por aterro. Entretanto, no que se refere a representação cartográfica, é evidente que as intervenções em canais poderiam facilmente estar dispostas na categoria dos elementos lineares.

Associar as formas de canais antropogênicas a tais autores e suas obras, assim como a outras obras relacionadas ao tema, serve, juntamente com o argumento da abrangência destas intervenções na dinâmica dos sistemas, para demonstrar que as intervenções antrópicas em canais e corpos d'água devem ser contempladas pelos estudos de geomorfologia antropogênica.

Salienta-se ainda que, além da modificação nas formas dos canais, os processos deflagrados a partir das intervenções, e os materiais mobilizados durante as intervenções também podem ser considerados no âmbito dos estudos da Antropogeomorfologia.

Um exemplo dos efeitos na das intervenções antrópicas para além das formas pode ser encontrado no estudo de CLARO (2013), o qual demonstrou que o desenvolvimento urbano na bacia, dependendo de seu grau e abrangência, pode, dentre outros efeitos, modificar significativamente o volume de água e sedimentos que são transportados para os canais, acarretando em mudanças na natureza e comportamento destes (mudanças hidrológicas, sedimentológicas e morfológicas).

Neste contexto compreende-se que para analisar as intervenções antrópicas nos canais e cursos d'água, assim como seus respectivos efeitos, é preciso classificá-las de acordo com seu grau de impacto. Isto só é possível a partir da compreensão das dinâmicas dos processos fluviais e do contexto histórico e espacial de cada intervenção. A cartografia é, neste sentido, a ferramenta ideal para a realização de tais análises e, portanto, deve contemplar conteúdos de legenda que sirvam a tal.

### 3. HIDROGRAFIA URBANA

Este capítulo tem como objetivo conceituar a hidrografia urbana pelo viés da geomorfologia antropogênica, trazer um breve histórico de sua evolução, e apresentar as principais modificações nas morfologias fluviais encontradas em meios urbanos.

A hidrografia urbana se caracteriza pelas intervenções antrópicas realizadas na rede fluvial ao longo do desenvolvimento<sup>1</sup> das cidades, que dão a esta formas e dinâmicas diferentes do que se verificava originalmente, ou seja, anteriormente à urbanização. Tal modificação pode se dar tanto por intervenções diretas e indiretas nos canais, quanto pela construção de novos canais, que se somam à rede, e devem sempre ser observadas à luz, não só de suas dinâmicas físicas, mas também de seu contexto histórico e espacial.

Como visto, rios e outros cursos d'água são importantes fontes de recursos e da subsistência de diversas formas de vida. Assim, muitas das grandes cidades do planeta nasceram às margens de importantes rios, já que a proximidade com estes poderia ser sinônimo de disponibilidade de alimentos e de água para consumo geral, disponibilidade de materiais, rota de transporte para viagens e comércio, desenvolvimento de agricultura, defesa de limites, etc. Entretanto, mesmo que tenham viabilizado cidades e civilizações, a história demonstra tais rios passaram, em algum momento, a ser impactados pelo crescimento urbano. Paris, por exemplo, nasceu estrategicamente numa ilha do rio Sena, obtendo deste seu sustento, e fazendo deste sua “muralha”, mas, inevitavelmente, o rio sofreu impactos decorrentes do crescimento e desenvolvimento da cidade, materializado na contenção e revestimento de suas margens, que reduziu sua largura de 500 para 200 metros, aproximadamente, e nas sucessivas intervenções sanitárias e urbanísticas ao longo dos anos (BAPTISTA; CARDOSO, 2013). O mesmo aconteceu com inúmeras outras cidades que, ao se desenvolverem, implicaram a seus rios modificações que vão desde a estabilização de margens e dragagem para rebaixamento do leito a fim de viabilizar a navegação, por exemplo, até canalizações completas com, inclusive, tamponamento de canais e outras intervenções que demonstram o nítido contexto de ruptura entre sociedade e natureza, que ganhou espaço principalmente após a revolução industrial<sup>2</sup>. Até mesmo onde a urbanização não chegou de forma efetiva, encontram-se

---

<sup>1</sup> Desenvolvimento, aqui, encontra-se no sentido crescimento econômico, demográfico, territorial e tecnológico.

<sup>2</sup> Na obra “Manifesto do Partido Comunista”, de Karl Marx e Friedrich Engels (1848), desenvolvida no contexto das transformações sociais pós revolução industrial, encontra-se uma referência à magnitude

intervenções que foram realizadas em contextos de desenvolvimento econômico, como é o caso, por exemplo, das canalizações realizadas para extração de minerais em rios do Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais (Figuras 2 e 3).

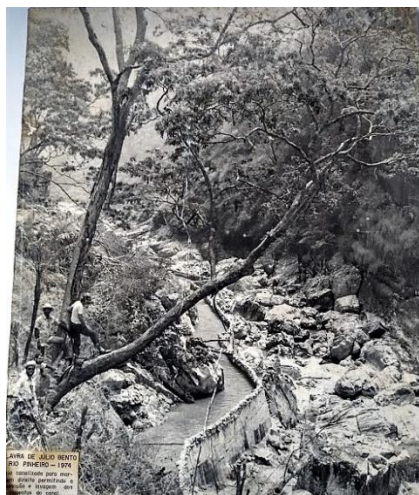


Fig. 2 – Quadro mostrando canalização à margem de um rio para realização de lavra mineral. Legenda do quadro: “*Lavra de Júlio Bento, Rio Pinheiro, 1974 – rio canalizado para margem direita permitindo a remoção e lavagem dos sedimentos do canal*”. Fonte: Centro de Geologia Eschwege, IGC/UFMG



Fig. 3 – Resquício de estrutura de canalização no Rio Jequitinhonha em Diamantina/MG. Foto: Ana Paula de Souza, 2018.

Apesar da importância dos rios como recurso, não é difícil encontrar casos onde estes foram negligenciados, escondidos ou ignorados ao longo do desenvolvimento urbano, ou até mesmo onde a desconsideração destes como parte integrante do meio ambiente ecologicamente equilibrado seja algo recorrente ou mesmo cultural. Ainda no que se refere a importância do recurso hídrico para o desenvolvimento urbano está a construção de novos canais e outros corpos d’água, como obras que objetivam justamente o crescimento das cidades. Exemplos significativos na história estão no caso da cidade de Amsterdã, na Holanda, cujos canais, construídos com fins de viabilizar drenagem hídrica, melhor uso do solo e transporte constituem uma de suas principais características; e do Rio Guadalquivir, na região de Andaluzia (Espanha), cujo canal foi duplicado em Sevilha,

---

das modificações nos ambientes naturais: “*A burguesia submeteu o campo à cidade. Criou grandes centros urbanos. (...). A burguesia, durante seu domínio de classe, apenas secular, criou forças produtivas mais numerosas e mais colossais que todas as gerações passadas em conjunto. A subjugação das forças da natureza, as máquinas, a aplicação da química à indústria e à agricultura, a navegação a vapor, as estradas de ferro, o telégrafo elétrico, a exploração de continentes inteiros, a canalização dos rios, populações inteiras brotando na terra como por encanto - que século anterior teria suspeitado que semelhantes forças produtivas estivessem adormecidas no seio do trabalho social?*”.

com objetivos melhorar as atividades portuárias e evitar constantes inundações (MONTEIRO, 2009).

Ao longo de todo o século XX o Brasil vem se tornando um país cada vez mais urbano. Entre 1940 e 1980, por exemplo, a população urbana se multiplicou sete vezes e meia, e em 1991 já ultrapassava o número da população total do início da década anterior (SANTOS, 1993/2005). Sendo tão rápido, o desenvolvimento urbano no Brasil é quase sempre espontâneo, com muito pouco planejamento prévio, e muitas vezes em desrespeito às dinâmicas naturais do meio físico. A hidrografia, parte indissociável deste meio físico, é fortemente afetada neste processo e, em algum momento, os rios e outros corpos d'água passam a ser negligenciados, até serem vistos como vetores de problemas urbanos referentes ao saneamento, saúde, infraestrutura e uso do solo. Com isso, é compreensível que o desenvolvimento urbano no país venha também acompanhado de tentativas de adequação dos cursos d'água à nova configuração e novos objetivos das cidades, o que gera intervenções na hidrografia que tendem a deflagrar problemas ambientais e sociais que se somam a demais complexidades existentes.

“Canalizações, aterros, retinizações, criação de novos vetores de escoamento pluvial, entre outros, fazem parte do conjunto de intervenções urbanas diretas e/ou desencadeadas pelo processo de urbanização nos elementos hidrográficos” (LIMA, 1990, p. 49). Tais intervenções se dão ao longo do desenvolvimento urbano, geralmente através de obras de engenharia com objetivos específicos, que tendem a modificar a capacidade de transporte de carga, competência e eficiência do canal – ou seja, todo o trabalho fluvial. No que tange ao relacionamento desenvolvimento urbano x obras de engenharia que configuram intervenções diretas em canais, São Paulo é, no Brasil, um exemplo icônico e paradigmático. A cidade nasceu às margens do Rio Tamanduateí, e se expandiu pela Bacia do Alto Tietê e do Rio Pinheiros, intervindo nas dinâmicas destes rios e de seus afluentes, modificando as formas e processos destes e de outras morfologias em suas bacias, e transformando assim sua rede hidrográfica em algo bastante diferente do original. Contempla hoje os conjuntos das intervenções urbanas descritas por LIMA (op. cit.), e outros mais. Considera-se aqui que o desenvolvimento urbano desta cidade caminhou paralelo com sua evolução das modificações nos sistemas hidrogeomorfológicos e, conseqüentemente, com seu histórico de intervenções diretas em canais. A mesma configura, portanto, um recorte eficiente para a compreensão das

particularidades físicas e históricas da hidrografia urbana encontradas em outras cidades do país e do mundo, e seu histórico será, assim, evidenciado com este fim.

Em São Paulo, as diversas obras de engenharia – ou obras de drenagem urbana (BOTELHO, 2011) – que promoveram as principais mudanças tiveram três principais motivações, as quais são quase sempre as mesmas para as demais cidades, independentemente de seu porte.

A primeira grande motivação foi a ocorrência de inundações associadas à ocupação das planícies e várzeas pelas atividades antrópicas, reflexo do próprio crescimento demográfico da cidade. Inicialmente, a ocupação urbana se dispôs nos terrenos mais protegidos das cheias naturais dos rios, mas, no caso de São Paulo, na medida em que estes terrenos se esgotaram, bairros foram sendo instalados nas várzeas, cada vez mais perto dos rios e, portanto, cada vez mais vulneráveis àquelas (SCIFONI, 2007). Isto fez com que fosse preciso criar mecanismos para fazer com que essas águas escoassem rapidamente, impedindo seu transbordamento e todos os transtornos que estes passaram a deflagrar, como perdas materiais, perdas de vidas e focos de doenças. Com isso, foram desenvolvidas diferentes medidas de controle das dinâmicas dos canais, dentre as quais àquelas onde o sistema fluvial é modificado através de obras de engenharia (TUCCI, 2002; BOTELHO, 2011; CANHOLI, 2014) com fins de conter, controlar, desviar ou acelerar os fluxos.

A segunda principal motivação, em partes deflagrada pela primeira, foi a política higienista, impelida por razões ideológicas e, principalmente, pela necessidade de se evitar a proliferação de doenças infecciosas decorrentes da condição sanitária dos efluentes da própria população (TUCCI, 2008).

Quando os cursos d'água já se encontravam comprometidos em função dos despejos que neles se faziam, eles passaram a ser vistos como obstáculos e transtornos. As inundações periódicas das várzeas, antes admiradas como um espetáculo da natureza, transformaram-se em focos de doenças. A impressão de segurança que se tinha quando águas cercavam a colina, transformava-se em sensação de isolamento. De repente, os homens deixaram de admirar a beleza dos meandros serpenteando, livres pelas várzeas. Resolveram endireitar seu curso e conquistar suas terras. Foi preciso, então, disciplinar as águas que divagavam pela vastidão da planície, e fixar sua foz para que o rio corresse mais rápido e carregasse para longe as imundices (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010).

Histórias de desenvolvimento urbano, em geral, tem sempre um capítulo de abordagem higienista, caracterizada pela evacuação rápida das águas pluviais através da impermeabilização do solo e construção de sistemas de drenagem que permitiam soluções como o abastecimento por fontes seguras e a coleta de esgoto com despejo a jusante (TUCCI, 2008; TUCCI; CRUZ; SOUZA, 2012), além de evitar o contato das águas contaminadas e efluentes com a população. Daí derivam as obras de canalização, e impermeabilização das planícies, várzeas e outras regiões úmidas da bacia.

Esse paradigma de “escoar a água o mais rápido possível” norteou por muito tempo e, praticamente ainda norteia, toda a política e os projetos técnicos de drenagem urbana, na maioria das cidades brasileiras. No município de São Paulo e, mais tarde na RMSP, a adoção desse paradigma encontrou respaldo na lógica de apropriação do espaço pela especulação imobiliária, na opção pelo transporte rodoviário urbano, e no clientelismo (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010)

Assim, a terceira principal motivação foi a construção civil, mercado imobiliário e estruturação viária, já que a forma física e disposição geográfica dos cursos d’água do sistema fluvial eram, muitas vezes, consideradas como empecilhos ao desenvolvimento. Portanto, os rios e córregos eram retificados em canais (a céu aberto ou não), e suas várzeas incorporadas ao sistema viário, construído sobre os antigos meandros e denominadas “vias de fundo de vale” (CANHOLI, 2014). No que se refere a São Paulo, a lógica destas intervenções é descrita por TRAVASSOS da seguinte forma:

Nas décadas de 1920 e 1930, o interesse de companhias energéticas e empreendedores imobiliários deu respaldo a um determinado modelo de construção de cidade, encabeçado pelo engenheiro Francisco Prestes Maia, um modelo bastante pautado na estruturação viária e na utilização do nascente transporte individual. Sua aplicação sobre o território da capital, dada a sua topografia acidentada, ensejava a implantação de vias lindeiras aos rios e córregos – sistema que deu suporte a seu Plano de Avenidas. Essa história é bastante conhecida, mas o que importa nela é que a partir de então o binômio – canalização de córregos e construção de avenidas de fundo de vale – se tornou um paradigma dos diversos órgãos públicos de intervenção urbana, sob diversos governos, a ponto dessas obras passarem a integrar programas de melhoria e não mais planos urbanos: onde houvesse um córrego esse seria canalizado e uma avenida seria construída em suas margens drenadas (TRAVASSOS, 2010)

Em São Paulo encontramos, de fato, exemplos bastante significativos desta lógica. Vide, por exemplo, as vias marginais do Tietê e Pinheiros e alguns dos bairros em suas planícies, construídos sobre antigos meandros dos rios que foram retificados, dando espaço a apropriação imobiliária e usos do solo antes impossíveis (figura 4); a Avenida

23 de Maio e o Vale do Anhangabaú dispostos sobre o Córrego Itororó e o Córrego Anhangabaú, respectivamente, totalmente tamponados (figuras 5 e 6); dentre outros cursos d'água, alguns dos quais hoje enterrados a ponto de dar espaço a construções de todo tipo em sua superfície.



Fig. 4 – Comparação entre traçado original e traçado retificado em trecho do Rio Pinheiros, São Paulo/SP. Fonte: <https://riopinheiros.wordpress.com/onde-passava-o-rio-pinheiros/>



Fig. 5 – Curso dos córregos Itororó e Bexiga desaguando no Córrego Anhangabaú, todos tamponados. Fonte: GeoSampa



Fig. 6 - Av. 23 de Maio, sobre o Córrego Itororó. Foto: Ana Paula de Souza

Todas as motivações descritas podem ser atendidas pelo mesmo tipo de intervenção: as obras de canalização. Apesar de, no contexto geomorfológico, a palavra “canal” ser atribuída, também, às vias naturais de escoamento de água fluvial, no contexto antrópico “canalização” se refere às obras de engenharia fluvial que tem como objetivo o ajustamento daqueles, envolvendo modificação direta da calha do rio, com impactos tanto no canal quanto na planície de inundação (CUNHA, 1994). De forma rasa e resumida, o termo “canalizar” implica em dar ao curso d’água uma seção transversal com forma geométrica “eficiente” ao fim que se pretende, normalmente com revestimento, a fim de diminuir o atrito das águas com o fundo e as laterais (BOTELHO, 2011) e controlar seu fluxo. Entretanto, o termo canalização pode ser usado para abarcar todos os métodos de engenharia que modificam os canais para controle de fluxo, e também melhorias na drenagem, logística para navegação, prevenção contra erosão ou realocação dos mesmos para construção de vias (BROOKERS, 1988).

A tabela 1 apresenta as diferentes terminologias dos métodos de canalização, conforme definido por BROOKERS (1988) a partir de levantamento quanto a diferentes obras de engenharia que intervêm em canais.

<b>Termo</b>	<b>Procedimento</b>
Alargamento/Aprofundamento	Controle da largura ou profundidade para manipulação da capacidade do canal
Retificação	Inclinação do gradiente para aumentar a velocidade do fluxo <sup>3</sup>
Construção de “diques”	Confinamento do fluxo de água através da elevação da altura das margens
Estabilização das margens	Uso de estruturas para controle de erosão
Limpeza e retenção	Remoção de obstruções para diminuir a resistência e aumentar a velocidade do fluxo

Tabela 1 – Obras de engenharia em canais, de acordo com Brookers (1988).

Além destas, o tamponamento dos cursos d’água, já exemplificado, mesmo estando diretamente associado às canalizações, pode ser considerado uma intervenção específica, já que possui consequências também específicas.

Considerando os termos apresentados por BROOKERS, é possível perceber o impacto que uma chamada obra de canalização pode causar na paisagem urbana e na dinâmica

---

<sup>3</sup> Apesar de BROOKERS não mencionar, a retificação deve ser compreendida também como a eliminação das curvas e meandros do curso d’água de forma a, além de aumentar a velocidade do fluxo, diminuir o espaço físico ocupado pelos rios (BOTELHO, 2011).

fluvial. Uma mesma obra pode, por exemplo, aumentar a velocidade dos fluxos dos cursos fluviais e, ao mesmo tempo, viabilizar a ocupação de várzeas e fundos de vale (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010).

Dentre outras motivações que levam a obras de engenharia que geram intervenção direta na hidrografia natural está o abastecimento de água e energia, que promove a construção de lagos, reservatórios e canais de transposição, e a construção de lagos e canais de fins paisagísticos. Os lagos e reservatórios antropogênicos podem representar diferentes graus de intervenção na hidrografia original. Além de grandes obras como as represas Guarapiranga e Billings, em São Paulo, os corpos de pequenas dimensões também devem ser considerados como parte da hidrografia particularmente urbana. Exemplo disto está na pesquisa de MOROZ-CACCIA GOUVEIA (2010) que, ao analisar as intervenções antrópicas na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, em São Paulo, descreveu alguns represamentos para captação de água e alguns canais e valas que foram abertos na planície do mesmo rio com o intuito de “melhorar’ o escoamento das águas ou, ainda, em alguns casos, servir-se delas para a irrigação” (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010, p. 292), os quais ainda podem ser observados na forma de lagos, lagoas e pequenos reservatórios.

Entretanto, da mesma forma que cada uma das obras e intervenções intenciona resolver problemas específicos, as mesmas também deflagram consequências que reiteram as particularidades da hidrografia urbana, e acabam por demandar mais trabalhos.

(...) anteriormente implantavam-se obras de canalização que aceleravam o escoamento para o afastamento rápido de picos de cheias para os corpos d’água a jusante. Essa visão ‘higienista’ era adotada pelos responsáveis pela drenagem de águas pluviais. A exemplo dos esgotos sanitários, os projetos preconizavam a rápida retirada das águas drenadas dos locais onde haviam sido originadas, o que ocasionava a sobrecarga de córregos receptores, ou seja, a macrodrenagem (CANHOLI, 2014).

De fato, o conceito de “escoar a água precipitada o mais rápido possível” através dos diferentes tipos de canalizações possui como consequência imediata o aumento das inundações à jusante destas, e justamente por isso trata-se de uma solução que já foi abandonada nos países desenvolvidos (TUCCI, 2003). A impermeabilização e a canalização dos rios estão entre os principais problemas relacionados a infraestrutura de água no ambiente urbano, já que aumentam em sete vezes a vazão de cheia e sua frequência, além de aumentar a carga de resíduos sólidos que é drenada para os corpos

hídricos (TUCCI, 2008). As obras, portanto, tornam-se um problema, quando deviam ser solução.

A aceleração dos escoamentos, promovida principalmente pela impermeabilização e pelas canalizações tinha como intenção solucionar o problema da perda do armazenamento natural, mas acabaram por transferir o problema para jusante pois, quanto menor o tempo de concentração, maior o pico da vazão a jusante (CANHOLI, 2014). A consequência disso pode ser problemas de inundação, onde antes não havia, ou intensificação das cheias onde elas já eram frequentes. Para solucionar o problema, muitas prefeituras incluem em seus planos diretores a recomendação de mais obras de galerias e canalizações (CANHOLI, 2014) e, portanto, o problema não se resolve, apenas muda de lugar. Isso gera, em muitos casos, um ciclo de problemas.

Uma das soluções encontradas para mitigar os problemas são as chamadas obras de detenção e de retenção, comumente encontradas nos grandes centros urbanos brasileiros. Popularmente chamadas de “piscinões”, chegaram a ser anunciadas como solução definitiva para os problemas de inundação da RMSP (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010), já que visam resolver problemas localizados de inundação, principalmente aqueles decorrentes das obras de engenharia anteriores.

As medidas de micro e macrodrenagem são as detenções e retenções. As detenções são reservatórios urbanos mantidos secos com uso do espaço integrado à paisagem urbana, enquanto que as retenções são reservatórios com lâmina de água utilizados não somente para controle do pico e volume do escoamento, como também da qualidade da água. (...). Os volumes necessários para o amortecimento devido à urbanização (alta impermeabilização) são da ordem de 420 a 470 m<sup>3</sup>/ha. Considerando uma profundidade média de 1,5 m, a área necessária é da ordem de 3% da área total da bacia de drenagem urbanizada (TUCCI, 2003).

Entretanto, além de ocuparem grandes áreas físicas, estas obras também apresentam problemas depois de implantadas. Segundo MOROZ-CACCIA GOUVEIA, “durante o tempo de funcionamento deles, já ficou claro que não se tratam de medidas suficientes para solucionar o problema das inundações”, ou seja, apesar de ser considerado uma medida necessária para retardar os picos de vazão e aumentar os tempos de concentração dos fluxos na bacia, estas obras, por si só, não resolvem o problema.

### 3.1. Impactos na morfologia e morfodinâmica fluvial

Em sua pesquisa, MOROZ-CACCIA GOUVEIA (2010) considera a unidade “Bacia Hidrográfica” “como sendo um sistema aberto autorregulado, composto por subsistemas, no qual mudanças decorrentes da intervenção antrópica, nas formas e/ou nos materiais, são capazes de modificar processos, gerando estados de desequilíbrios temporários ou permanentes”. Assim, é evidente que as obras e práticas descritas, apesar de muitas vezes surgirem como possíveis soluções, costumam quase sempre acarretar em outros tipos de problemas futuros.

É sabido que os procedimentos de canalização, retificação, dragagem, etc. acabam acelerando a velocidade das águas de escoamento e aumentam o risco de enchentes, para os quais também contribuem a pavimentação das vias e as construções, que impedem a infiltração e comprometem o abastecimento dos lençóis d’água subterrâneos e a recarga de aquíferos (BOTELHO, 2011).

Conforme apresentado no capítulo 2 do presente trabalho, em cursos d’água naturais, toda uma dinâmica de trabalho dos rios age para determinar a forma do canal, rugosidade do leito, velocidade de fluxo, carga detrítica, etc. A partir do momento em que os sistemas fluviais sofrem intervenções antrópicas, seja no canal ou na bacia como um todo, toda essa dinâmica é afetada.

Assim, as intervenções diretas em cursos d’água, além das consequências já descritas, modificam também o próprio escoamento fluvial e as características dos fluxos. Canalizações, de forma geral, mudam a dinâmica natural do rio e os processos a ele associados, justamente por modificar a velocidade e vazão. “A velocidade das águas de um rio depende da declividade, volume de água, viscosidade, da água, largura, profundidade e forma do canal e da rugosidade do leito”. (CHRISTOFOLETTI, 1980). Consequentemente, mudanças em qualquer um destes fatores desencadeiam modificações em toda a dinâmica do curso d’água.

As canalizações também afetam diretamente a composição e rugosidade do leito, intervindo na dissipação de energia e na turbulência do fluxo, e modificando, por consequência, a dinâmica de transporte e deposição de sedimentos e as taxas de erosão ou de assoreamento. “A deposição da carga detrítica carregada pelos rios ocorre quando há diminuição da competência ou capacidade fluvial. Essa diminuição pode ser causada

pela redução da declividade, pela redução do volume ou pelo aumento do calibre da carga detrítica” (CHRISTOFOLETTI, 1980). Ainda, turbulência e velocidade estão intimamente relacionadas com o trabalho de erosão, transporte e deposição que o rio executa (CHRISTOFOLETTI, 1981). A energia empregada pelo rio nos processos fluviais pode ser aumentada se a fricção for diminuída pela suavização, retificação ou redução do perímetro úmido. A energia total é influenciada principalmente pela velocidade. Por sua vez, a velocidade se dá em função do raio hidráulico e declividade. Assim, toda esta dinâmica pode ser afetada numa mesma obra de canalização.

Assim como as cargas (hídrica e detrítica) diferenciadas recebidas pelos rios, e as modificações em sua energia e velocidade de fluxo podem levar a consequências como inundações e assoreamento à jusante, como já mencionado, as intervenções também podem gerar consequências à montante. De acordo com CHRISTOFOLETTI (1980) “quando a velocidade é diminuída, há a passagem do fluxo encachoeirado para o corrente e elevação do nível superficial de água causando ondas estacionárias e consequências sobre as águas a montante”. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 66). Isto pode acontecer no caso das canalizações tamponadas ou de perfil transversal menor que o encontrado à montante, barragens, lagos ou sistemas de atenuação. Para o caso dos lagos e reservatórios, por exemplo, MOROZ-CACCIA GOUVEIA (2010) afirma que intervenções como lagos, lagoas e pequenos reservatórios implicam em mudanças na dinâmica dos cursos d’água que não se limitam apenas à área próxima ao reservatório ou à faixa inundada, e CUNHA (1994) explica que a forma do canal e sua capacidade de transporte são modificadas à montante da barragem, levando ao assoreamento do vale e do próprio reservatório, enquanto que à jusante, o regime do rio sofre possíveis modificações nos processos como entalhe do leito, erosão de margens e deposição, devido a diferenças nas taxas de descargas líquidas e de sedimentos originais (CUNHA, 1994; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010).

A remoção das curvas de um canal também tem efeitos nas dinâmicas fluviais. Num canal meândrico, as curvas dispersam energia, segundo a hipótese de Christofolletti (1981) e Knighton (1998) (SILVA, 2012). “(...) o desenvolvimento do padrão meândrico é explicado pela tendência dos rios em estabelecer uma declividade de canal mínima para uma dada condição de entrada de fluxo e materiais” (SILVA, 2012). Ao eliminar os meandros e retificar o canal, evidentemente, a dispersão de energia e o equilíbrio ora adquirido deixam de existir.

CUNHA (1994) faz um resumo abrangente sobre os impactos causados por obras de canalização:

(...) os impactos geomorfológicos que ocorrem no canal retificado mudam o padrão de drenagem, reduzindo o comprimento do canal, com a perda dos meandros; altera a forma do canal (aprofundamento e alargamento), diminui a rugosidade do leito e aumenta seu gradiente. A jusante do canal retificado verifica-se um aumento da carga sólida e imediato assoreamento durante a passagem da draga, e a erosão no canal pelos eventos torrenciais do regime. A erosão dos bancos de areia, formados pelos sedimentos provenientes da passagem da draga, pode aumentar a quantidade de sedimentos que chega à foz do rio principal, modificando o equilíbrio natural de sedimentação e dando origem a novas formas deposicionais. Na planície de inundação, o aprofundamento do leito poderá causar a transformação dos meandros em bacias de decantação, lagos ou pântanos e a subida relativa do terraço fluvial, em relação ao nível da água (CUNHA, 1994).

Numa análise mais profunda, considera-se, ainda, as taxas diferenciadas de produção de sedimentos e de sólidos totais deflagradas pelas intervenções nos cursos d'água e na bacia hidrográfica, que, evidentemente, também afeta os fluxos nos canais (CHRISTOFOLETTI, 1980; 1981; TUCCI, 2016).

É preciso, ainda, lembrar que as alterações na qualidade das águas por poluição, e mesmo pela carga de sedimentos, afeta sua densidade e viscosidade, tendendo a afetar, mais uma vez, a morfologia dos canais e o trabalho de erosão, transporte e deposição de sedimentos. Isso porque a velocidade de deposição depende também de fatores como a viscosidade e densidade do fluxo (CHRISTOFOLETTI, 1981).

### **3.2. Perspectivas**

As especificidades da hidrografia urbana são fatos incontestáveis, assim como os problemas urbanos associados a ela, os quais tendem a afetar o cotidiano de muitas cidades. Estes mesmos problemas, entretanto, estão longe de serem superados, já que ainda hoje, a impermeabilização massiva e as canalizações artificiais estão fortemente presentes no crescimento urbano das mesmas (TUCCI; CRUZ; SOUZA, 2012). “O Brasil infelizmente está ainda na fase higienista em razão de falta de tratamento de esgoto, transferência de inundação na drenagem e falta de controle dos resíduos sólidos” (TUCCI, 2008). A falta de um sistema de saneamento básico adequado, com ampla coleta de efluentes domiciliares, contribui para o problema, já que em muitas cidades os pequenos

rios e córregos são transformados nos principais condutores de esgoto (CANHOLI, 2014).

Muitas cidades brasileiras ainda estão em fase de desenvolvimento e expansão territorial de suas manchas urbanas, sendo que a quantidade de solos impermeabilizados continua a crescer, assim como o volume de sedimentos que chega aos cursos d'água. “(...) apesar de todo do esforço de melhorar a capacidade de vazão, o processo de impermeabilização tem ganhado a corrida” (ROSS, 2004, p. 209).

É possível afirmar que a existência, e a dificuldade na solução destes e de outros problemas semelhantes, se deve a um outro aspecto em comum às cidades em desenvolvimento: a ausência ou escassez de planejamentos ambientais e territoriais de longo prazo. Isto, entretanto, é compreensível, dada a forma rápida e desordenada pela qual estas cidades se desenvolvem. A consciência de que o planejamento territorial é decisivo para o rumo que o desenvolvimento urbano vai tomar é fato relativamente recente. O próprio Estatuto da Cidade, legislação que regulamenta o capítulo “Política Urbana” da Constituição Federal Brasileira e, conseqüentemente, os planejamentos urbanos territoriais e ambientais, data apenas de 2001, e ficou 12 anos em tramitação. E, tal qual no Brasil, esta lógica de crescimento exponencial, desordenado e não planejado (no sentido dos planos urbanísticos territoriais e ambientais de longo prazo) está presente em todos os outros países subdesenvolvidos, emergentes ou de periferia, na lógica do sistema de produção capitalista.

No caso particular da hidrografia urbana em algumas cidades do Brasil, alguns tipos específicos de planejamentos foram desenvolvidos, como os planos diretores de macrodrenagem ou gerenciamentos de drenagem. No contexto dos problemas existentes, planos e iniciativas como estas são importantes na gestão e análise da nova dinâmica hidrológica e hidrográfica. Contudo, o ideal é que integrem uma abordagem de escala mais abrangente, pelo menos a nível da bacia hidrográfica, a qual, como já explicado, deve ser abordada pela perspectiva global do sistema hidrográfico.

O gerenciamento de drenagem nas cidades brasileiras, de maneira geral, é realizado pelas prefeituras municipais, uma prática adotada na maioria das cidades do mundo. Entretanto, inexistente entre nós uma visão global que integra esse gerenciamento ao planejamento urbano (CANHOLI, 2014).

Para que um planejamento territorial e ambiental abranja de maneira eficiente a hidrografia urbana, é necessário que, na análise, sejam compreendidas e reconhecidas as dinâmicas específicas desta. Isto porque, como pôde ser observado, cada tipo de intervenção em sistemas fluviais acarreta consequências específicas e, cada um deles, deve ser tratado de uma forma diferente no momento do planejamento. Saber por exemplo, onde os rios podem acumular mais sedimentos permite planejar melhor ações de desassoreamento preventivas de inundações e, conseqüentemente, prevenir danos sociais e materiais. Assim, nenhum aspecto ou consequência das intervenções na hidrografia pode ser negligenciado. “O planejamento de drenagem deve ser entendido como parte de um abrangente processo de planejamento urbano e, portanto, coordenado com os demais planos, principalmente os de saneamento básico (água e esgoto), uso do solo e transportes” (CANHOLI, 2014, p. 24).

É evidente, assim, a importância de um planejamento integrado que inclua os sistemas de drenagem urbana em sua forma presente, porém sem negligenciar seu passado (forma original e histórico de modificações), para assim expor e gerenciar os possíveis conflitos. Planejamentos territoriais, urbanos e/ou ambientais, ou qualquer que seja o viés, possuem mapas como ferramenta básica e, neles, os fenômenos espaciais que se relacionam às dinâmicas de interesse devem ser representados de forma clara, objetiva e universalmente compreensível, já que, num contexto de políticas públicas, pessoas de todas as áreas devem poder acessá-lo e compreendê-lo.

A hidrografia urbana, por sua característica dinâmica específica, e por ser, tal qual a geomorfologia antropogênica, um fenômeno relativamente recente<sup>4</sup>, não possui, ainda legenda específica que a diferencie da hidrografia natural em cartas e mapas com diferentes fins. A necessidade desta legenda é real, e é, aqui, amplamente justificada.

---

<sup>4</sup> A comparação se dá devido ao fato de a geomorfologia antropogênica possuir grande aplicabilidade na compreensão das dinâmicas e especificidades da hidrografia urbana.

## 4. CARTOGRAFIA E PLANEJAMENTO TERRITORIAL

### 4.1. Produção e leitura de mapas – uma revisão conceitual e histórica

O estudo e análise do espaço geográfico, e dos fatos e fenômenos nele dispostos, como qualquer estudo, é facilitado pelo apoio de ferramentas como mapas ou cartas, que além de serem uma representação simbólica da geografia (chegando até mesmo a serem confundidos com esta) (MARTINELLI, 2003), são instrumentos indissociáveis de tais estudos, já que são justamente a forma de representação gráfica do espaço. A cartografia, por sua vez, é a ciência que se preocupa com esta representação, e a possibilita; e a linguagem que, através de signos e componentes e variáveis gráficas, exprime os fatos e elementos de todo o espaço geográfico, e permite sua compreensão (JOLY, 1990), tal qual a das relações entre ambiente e sociedade. É uma linguagem gráfica atemporal, que se expressa mediante a construção da “imagem” (MARTINELLI, 2003), e que, apesar de ser, antes de tudo, uma linguagem visual, é universal, pois os signos que utiliza são passíveis de serem compreendidos por todos (JOLY, 1990).

A origem da cartografia relaciona-se à necessidade humana de organização no espaço geográfico e de compreensão quanto à localização de elementos relevantes, direções e caminhos de interesse, além de limites físicos. Mapas e cartas surgem, assim, como ferramentas para suprir tais necessidades, e com a função de representar realidades espaciais. Um exemplo prático desta origem é o Mapa de Ga-Sur, reconhecido como o mais antigo mapa já encontrado, feito em argila em aproximadamente 2500 a.C. para representar o vale do rio Eufrates e os principais elementos da paisagem (figura 7).

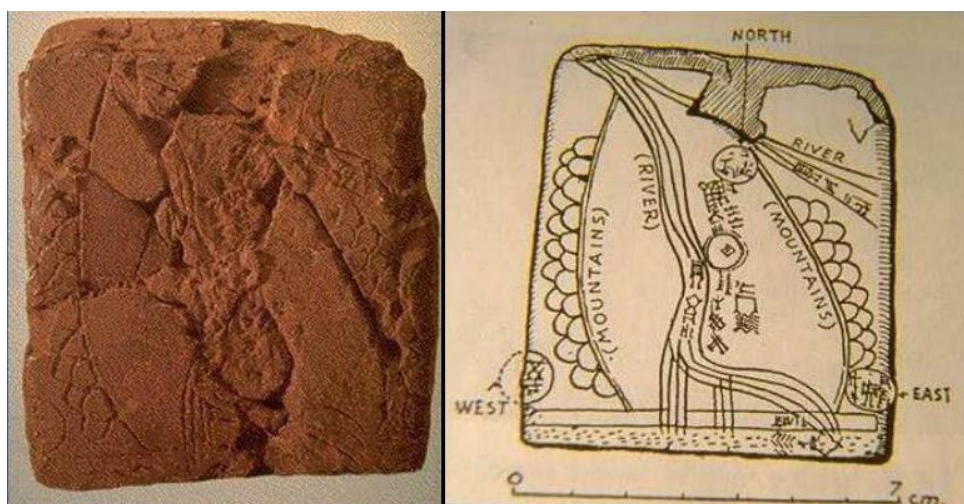


Fig. 7 – Mapa de Ga-Sur (esquerda) e representação esquemática (direita).

A expressão cartográfica é capaz de destacar relações, principalmente espaciais, que outros meios não são capazes de apresentar claramente (TRICART, 1965) – como é o caso, por exemplo, da relação entre a hidrografia e as dinâmicas territoriais, sociais e econômicas de uma cidade. De acordo BOCHICCHIO (2003), a função das cartas e mapas é “representar a superfície da Terra, em parte ou em seu todo, estabelecendo as relações entre localização e distribuição, qualidade e quantidade, físico e humano, entre tantas outras”. (BOCCHICHIO, 2003). E, segundo a União Geográfica Internacional,

A carta é uma representação reduzida, generalizada, matematicamente precisa, da superfície terrestre sobre um plano, mostrando a situação, a distribuição as relações dos diversos fenômenos naturais e sociais, escolhidos e definidos em função da finalidade de cada carta, que permite igualmente mostrar as variações e o desenvolvimento daqueles fenômenos no tempo, assim como seus fatores de movimento e deslocamento no espaço (BOCHICCHIO, 2003).

A cartografia também pode ser definida como a organização dos dados e informações diluídos pela paisagem, sejam estes naturais, produzidas ou estritamente específicas. De acordo com MARTINELLI (2003), “Dados são fatos; em si não trazem grande significado; só depois que eles forem de alguma forma agrupados ou processados é que poderemos ver o significado ser revelado” (p. 27).

Para que o agrupamento e processamento de dados, e conseqüente demonstração dos fatos, seja adequada e eficiente, é necessário que estes estejam em escalas compatíveis entre si. Assim, um aspecto de extrema importância na representação cartográfica é a *escala*, a qual permite a análise dos elementos sob diferentes níveis de detalhe, ou ordens de grandeza (JOLY, 1990). É bastante variável, e permite que mapas apresentem tanto informações referentes a grandes áreas no espaço, quanto pequenas áreas. É o objetivo do mapa – o que se pretende apresentar e analisar – que determina que escala deve-se utilizar. Segundo JOLY (1990) “(...) a escala é tanto menor quanto maior o denominador”. Assim, as escalas consideradas pequenas, de menor detalhe, podem ser utilizadas para representar áreas de grande extensão territorial, enquanto que escalas maiores são utilizadas para representar áreas de menores dimensões e com maiores detalhes. Dentre os tipos de mapas e plantas que podem ser elaborados em grandes escalas estão os planos diretores e as plantas de cidades, que possuem escala de 1:2.000 à 1:20.000, e servem para planejamento territorial, urbano e ambiental (JOLY, 1990).

O crescimento das cidades, e as disputas por territórios trouxeram a necessidade da elaboração de mapas mais detalhados, e de maior escala. Com isso, tem início uma

cartografia de precisão, levantada em grande escala, e chamada de *cartografia topográfica*, de onde derivam os *mapas de base* (JOLY, 1990), também denominada por alguns autores como cartografia *sistemática*. Os mapas ou cartas topográficas representam detalhadamente a superfície terrestre no que se refere a formas, objetos e acidentes no terreno. “Deve-se encontrar neles todos os elementos visíveis na paisagem” (JOLY, 1990). Para tal, fazem uso do componente Planimetria, que se refere aos eventos e fenômenos definidos no plano, como hidrografia, vegetação, elementos antrópicos e elementos abstratos; e Altimetria, que se refere às altitudes do relevo da superfície terrestre (BOCHICCHIO, 2003), que podem ser demonstradas a partir das curvas de nível – linhas paralelas e equidistantes, projetadas sobre a carta, com o mesmo valor de altitude em toda a sua extensão. Estas possuem grande validade para fins cartométricos, já que permitem reconhecer e medir com precisão as variações de clinografia e hipsometria, e construir perfis topográficos (BOCHICCHIO, 2003).

A cartografia topográfica antecedeu a progressiva especialização desta ciência em assuntos específicos. De acordo com MARTINELLI (2003), “Essa crescente busca de especialização foi se operando mediante uma gradativa libertação do registro eminentemente analógico, passando a considerar temas que paulatinamente se somavam à topografia”, como, inicialmente, uso da terra e cobertura do solo, mineralogia, etc. (MARTINELLI, 2003). “Mas, logo em seguida, emanciparam-se representações temáticas de fenômenos que não se inscreviam materialmente e geometricamente sobre a superfície da Terra (...)”. Têm-se, então, a divisão do trabalho científico da cartografia (MARTINELLI, 2003), originando o que chamamos de *cartografia temática*.

Em acordo com PRANDO (2010), pode-se dizer que “A cartografia temática evoluiu, através de acréscimos sucessivos feitos à cartografia topográfica, para atender às grandes transformações no conhecimento humano e às demandas de mapas específicos”. Pode ser definida, de acordo com BOCHICCHIO (2003) como

“...a parte da cartografia que se ocupa em representar, a partir de bases existentes, os fenômenos qualitativos ou quantitativos, concretos ou abstratos, observados ou medidos em seu espaço geográfico, transformados em grafismo específico oriundo de metodologia voltada para o tratamento da informação” (BOCHICCHIO, 2003)

A *International Cartographic Association* (ICA), por sua vez, define mapas temáticos como sendo “mapas designados para mostrar feições ou conceitos particulares”. Assim,

a cartografia temática, ou a cartografia de fenômenos específicos isolados, é um eficiente instrumento de análise técnica e científica do espaço geográfico (JOLY, 1990).

A cartografia temática tem a função de registrar e comunicar as informações, e registrar e tratar dados, ressaltando relações de diversidade, ordem e proporcionalidade (MARTINELLI, 1991; 2003), as quais permitem que um mapa temático mobilize o processo de comunicação monossêmico (MARTINELLI, 2003; Bertin, 1977; 1978 apud Martinelli, 2003). De acordo com MARTINELLI, o “tema” de uma carta temática é definido a partir do estabelecimento de diretrizes que orientem a busca das respostas pretendidas, e os métodos utilizados para a construção dos mapas temáticos devem ser apropriados às características e à forma de manifestação dos fatos ou fenômenos referentes àquele.

Ainda, a cartografia temática pode ser considerada como “um corpo de conhecimentos teóricos e práticos capaz de participar do saber geográfico” (MARTINELLI, 2003), já que os mapas e cartas temáticas são um meio de registro, de pesquisa e de comunicação visual dos resultados obtidos nos estudos realizados no âmbito da Geografia (MARTINELLI, 2003). Para JOLY (1990), a cartografia temática é a própria expressão gráfica da geografia científica.

Apesar de possuírem objetivos mais ou menos relacionados, e de serem, ambos ramos derivados da “especialização e diversificação das realizações da cartografia científica” (MARTINELLI, 1991), cartografia topográfica e cartografia temática são elementos distintos a ciência cartográfica.

O assunto tratado, estritamente descritivo e geométrico no primeiro caso, é analítico e eventualmente explicativo no segundo. Os procedimentos de levantamento, de redação e de difusão dos mapas não são os mesmos; nem a formação nem a qualificação dos cartógrafos deles encarregados; tampouco os meios utilizados para realiza-los (JOLY, 1990).

Segundo NOGUEIRA (2009),

Tudo o que existe no mundo real da superfície emersa pode ser representado em dois caminhos distintos: no da Cartografia de base ou Uso geral (mapas topográficos ou cadastrais, rodoviários, turísticos, etc.) ou então pela Cartografia especializada (em mapas temáticos). Independentemente do caminho a ser escolhido para representar os dados do mundo real, o produto dessa representação, o mapa, fornece ao seu usuário uma determinada concepção do espaço geográfico (NOGUEIRA, 2009).

Tanto na cartografia topográfica quanto na temática, o processamento dos dados e demonstração dos fatos se faz por meio de símbolos que expressam as relações entre seus significados (MARTINELLI, 2003). Neste sentido, polígonos, pontos ou linhas – modos de implantação dos fenômenos em cartografia – adquirem características óticas que obedecem a diferentes técnicas da semiologia gráfica – metodologia desenvolvida por Jacques Bertin, por volta de 1967 (ARCHELA, 2001) –, a fim de que seus significados sejam corretamente compreendidos a partir da leitura de uma legenda bem estruturada.

Os objetos cartografados, materiais ou conceituais, são transcritos através de grafismos ou símbolos, que resultam de uma convenção proposta ao leitor pelo redator, e que é lembrada num quadro de sinais, ou *legenda* do mapa.

A legenda expressa o raciocínio, reflexão e organização que o autor empreendeu no mapa, e possibilita que o leitor compreenda o conteúdo do mapa de forma completa. É na legenda que o autor lista e relaciona todos os signos empregados, indicando seus significados, e é a forma como ela se estrutura que dirige a compreensão dos conteúdos do mapa (MARTINELLI, 2003). A monossemeia, evidentemente, permite que a leitura dos signos seja padronizada para todos os leitores, e a legenda é justamente o elemento responsável pela padronização do significado de cada signo (GIRARDI, 2008).

Entretanto, a forma como os elementos são representados e os signos são compreendidos é, por si só, um fator que diferencia substancialmente a cartografia temática da topográfica. Mapas topográficos, de forma geral, utilizam-se de signos previamente estabelecidos em convenções cartográficas, e sua legenda é, portanto, quase sempre padronizada. Segundo NOGUEIRA (2009),

As convenções cartográficas são responsáveis pela descrição do mundo real e conseqüentemente pelo entendimento do mapa. Muitas convenções, especialmente aquelas dos mapas topográfico foram idealizadas no século XXVIII, originando a grande coleção de símbolos que foram mundialmente mais ou menos padronizados e que ainda são usados (NOGUEIRA, 2009).

Assim, alguns fatos – em especial os que se referem a elementos de planimetria – possuem aspectos universais de representação, tal qual o uso de linhas para representar rios e estradas, com variações entre linhas contínuas ou tracejadas para identifica-los qualitativamente, ou o uso da cor azul para corpos d'água, e verde para vegetação, por exemplo. De acordo com BOCHICCHIO (2003),

Esses símbolos convencionais são regulamentados por normas de consenso internacional de tal maneira que cada escala possui seu manual de convenções apropriadas, no qual são definidas as dimensões do grafismo, sua forma e cor, associadas ao elemento representado (BOCHICCHIO, 2003).

Entretanto, mesmo com a especificação das convenções por escalas, estas estão longe de abranger toda a gama de fatos que uma simples carta topográfica poderia evidenciar, já que não contemplam, por exemplo, signos que **qualifiquem** os elementos de forma a fazer jus a diversidade de suas formas de apresentação – como é o caso da hidrografia urbana.

Os mapas temáticos, por sua vez, não se utilizam apenas de convenções fixas pré-estabelecidas, porque o assunto e aspectos tratados e representados mudam constantemente, sendo necessárias adaptações para cada situação e, conseqüentemente, o uso de legendas específicas (NOGUEIRA, 2009). “Todo o raciocínio, reflexão e organização mental que o autor empreenderá acerca do tema por ele estudado serão expostos através da estruturação da *legenda*” (MARTINELLI, 2003). Assim, tendo a carta temática tantas possibilidades de temas, e seus objetos tantas qualidades, a legenda torna-se um elemento totalmente indissociável de sua leitura.

É possível perceber, ainda que existe uma diferença entre *Legenda* e *Convenção*. NOGUEIRA (2009), diferencia estes conceitos de modo a aproxima-los da divisão da ciência cartográfica. Segundo ela,

A diferença entre Legenda e Convenções Cartográficas é muito simples: os mapas de referência, por sua natureza, usam convenções padronizadas e universalmente aceitas para representar os elementos gerais da superfície terrestre, tais como rios, estradas, cidades; os mapas temáticos, por tratarem de temas de natureza muito diferentes, não podem ser subordinados a convenções, por isto a simbologia usada deve ser decodificada pela Legenda. (NOGUEIRA, 2009)

A legenda é, portanto, o elemento que permite a compreensão e análise das informações que o mapa apresenta, mesmo com suas especificidades, e especialmente na cartografia temática. A forma como a legenda traduz fatos ou fenômenos pode se basear e se utilizar das convenções cartográficas universais, ou variar conforme o a intenção do autor. Podemos considerar, conseqüentemente, que quanto mais específicos forem os aspectos a serem representados, mais esmerada deve ser a legenda que acompanha o mapa. É o caso, por exemplo, da cartografia geomorfológica.

## 4.2. Cartografia Geomorfológica

Mapas geomorfológicos são importantes instrumentos da pesquisa geomorfológica e de planejamento territorial e ambiental urbano, já que permitem observar e analisar informações referentes a forma do relevo da superfície terrestre, sua estrutura, processos, origem, dinâmica e particularidades (CASSETI). Assim, a cartografia geomorfológica é um dos principais métodos e produtos da pesquisa geomorfológica, e seu cerne (DEMEK, 1976; RODRIGUES, 1997). Esta cartografia, ainda, resolve problemas geomorfológicos práticos e evita a ocorrência de novos, principalmente através de indicação de áreas favoráveis ou não ao desenvolvimento de determinadas atividades (BALATKA & SLADEK, 1967, apud CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

Pelo viés da cartografia, a geomorfologia pode ser considerada então, um tema. Entretanto, os primeiros mapas geomorfológicos nasceram a partir da cartografia topográfica, já que esta tem por objetivo a representação da topografia da superfície terrestre (BOCHICCHIO, 2003; COLTRINARI, 2011), a qual, em análises rasas, costuma ser confundida com modelado. Por muito tempo antes da consolidação da cartografia geomorfológica como método para pesquisa básica em geomorfologia, as cartas topográficas eram as que melhor permitiam algumas representações e análises do relevo da superfície terrestre, mesmo sem representá-lo eficientemente, devido sua grande complexidade. Assim, por séculos, os mapas topográficos representaram as formas do modelado mediante técnicas como hachuras ou curvas de nível que permitissem diferenciar atributos morfológicos e morfográficos (KLIMAZEWSKI, 1982, apud COLTRINARI, 2011).

Segundo COLTRINARI (2011), apenas após a Segunda Grande Guerra, estudos detalhados do relevo, modelado, e suas relações intrínsecas puderam ser produzidos com o auxílio das fotografias aéreas, e foram registrados em mapas topográficos de escala 1:50.000 ou maiores. Somente em 1956, no Congresso Internacional de Geografia, a cartografia geomorfológica teve reconhecimento internacional (RODRIGUES, 1997), foi adotada como método para a pesquisa básica de geomorfologia (GELLERT, 1972, apud COLTRINARI, 2011), e foram publicadas as primeiras cartas detalhadas em escalas diversas com base em levantamentos de campo (COLTRINARI, 2011).

O distanciamento entre cartografia topográfica e cartografia geomorfológica se deve às dificuldades técnicas enfrentadas pela última, derivadas da complexidade de seu objeto. O relevo é um elemento de grande variedade qualitativa, e as formas possuem particularidades específicas, as quais jamais poderiam ser plenamente representadas apenas com componentes da cartografia topográfica. Conseqüentemente, elementos intrínsecos da cartografia temática, e de semiologia gráfica, devem, e são, utilizados na elaboração de mapas geomorfológicos. Mesmo assim, ROSS (1990) lembra que

Os mapas geomorfológicos, ao contrário dos demais mapas temáticos, apresentam um grau de complexidade maior. Essa complexidade decorre da dificuldade de se apreender e representar uma realidade relativamente abstrata – as formas do relevo –, sua dinâmica e gênese (ROSS, 1990).

Esta dificuldade, por sua vez, é justificada pois, além do fato de que, por si só, dinâmicas e gêneses das formas não são de fácil representação, para que uma carta seja considerada de fato geomorfológica ela deve levantar e representar todo o conjunto do conteúdo geomorfológico, e não apenas parte dele. “Se não, será uma carta com conteúdos geomorfológicos parciais, e deverão ser denominadas conforme este conteúdo parcial”. (RODRIGUES, 1997, p. 88). Para que, entretanto, não haja sobrecarga de informações, um mapa geomorfológico deve limitar-se a apresentar o que se vê, e não o que se deduz da análise geomorfológica, sendo que as informações analisadas e deduzidas devem aparecer de modo descritivo na legenda (ROSS, 1992). Assim, para que seja completa e eficiente, uma carta geomorfológica deve comportar dados de quatro naturezas: Morfométricos, os quais são fornecidos pelo fundo topográfico, mas adaptados às necessidades da apresentação geomorfológica; Morfográficos, para representação das formas de acordo com sua morfologia própria, decorrente de sua gênese, e de forma menos generalizada do que é apresentado em cartas topográficas, de modo a estabelecer a tipologia das formas sem a ocultação da individualidade de cada uma; Morfogenéticos, que são visíveis a partir da representação dos processos que originaram e que atuam sobre cada forma, influenciando na dinâmica atual; e Cronológicos, a partir dos quais as formas são localizadas no tempo, de acordo com sua sucessibilidade e evolução (TRICART, 1965; COLTRINARI, 1984). TRICART (1965) ainda recomenda que a representação de dados referentes a feições estruturais e litologia através de símbolos e tramas de cores, respectivamente (CUNHA et al, 2003). Tais informações podem ser obtidas principalmente a partir do estudo e análise de cartas geológicas, fotografias aéreas e

bibliografia existente, e reconhecimento em campo (TRICART, 1965). Pela quantidade de informações que permitem apresentar, estes dados, apresentados numa escala grande, formam a base da cartografia geomorfológica detalhada.

O mapa geomorfológico detalhado possui grande valor prático e científico, já que informa não apenas as características do relevo da superfície terrestre, mas também seus estágios de desenvolvimento, e a distribuição de formas favoráveis ou não a diferentes tipos de economia (KLIMASZEWSKI, 1962). Por ser de detalhe, cada unidade geomorfológica deve aparecer, inclusive com suas sobreposições, o que faz com que os mapas sejam por natureza complexos, apresentando difíceis problemas técnicos de mapeamento para sua realização (TRICART, 1965). As soluções para estes problemas, como já visto, podem quase sempre ser encontradas no uso da semiologia gráfica pela cartografia temática, o que, mais uma vez, demonstra a dualidade da cartografia geomorfológica nos ramos da ciência cartográfica, descrita anteriormente.

De acordo com TRICART (1965), com o desenvolvimento da geomorfologia como ciência, pesquisadores passaram a utilizar o método gráfico para conceber informações na forma de diagramas, os quais eram elaborados a partir da realização de uma concepção teórica, seguida da tradução gráfica de parte dos resultados, recorrendo verificações em campo para ajustes, quando necessário. A concepção da cartografia geomorfológica detalhada, entretanto, vai no caminho contrário: começa “no chão”, no levantamento do mapa passo a passo, de forma a constituir a base da pesquisa e, ao final, apresenta a descrição fundamentada de todos os elementos do relevo de uma determinada região (TRICART, 1965). Assim, é comum que mapas da cartografia geomorfológica detalhada sejam publicados acompanhados de uma descrição detalhada dos fatos gravados, onde especifica-se os critérios utilizados para a classificação das formas representadas, e adicionando informações aos dados gráficos. Em alguns casos, tal descrição se torna tão extensa que são transformados numa monografia detalhada. Mas a carta não deve depender da monografia, e sim o contrário (TRICART, 1965).

Uma das grandes dificuldades existentes na cartografia geomorfológica é definir os níveis de representação dos fatos em função de sua dimensão e da escala de representação escolhida; Por isso, a representação gráfica não pode negligenciar a classificação taxonômica do relevo terrestre que, além de classificar as formas de acordo com sua extensão territorial e características estruturais e esculturais, permite inferir todas as informações que uma carta geomorfológica deve apresentar (ROSS, 1992). Na

classificação taxonômica para fins cartográficos proposta por ROSS (1992), numa seqüência decrescente de dimensões espaciais, figuram as morfoestruturas no primeiro táxon; unidades morfoesculturais no segundo; unidades dos padrões de formas semelhantes no terceiro; formas individualizadas do modelado no quarto táxon; vertentes e setores de vertentes no quinto; e formas menores produzidas por processos atuais ou geradas por indução antrópica no sexto táxon. Nesta classificação, o quinto e sexto táxon abrangem fatos representáveis em cartografia de detalhe (grande escala), como, por exemplo, formas antropogênicas e hidrografia urbana.

Podem figurar numa carta geomorfológica categorias de fenômenos de dimensões muito diferentes entre si, tanto espacial quanto temporalmente, e cuja representação dependerá da escala escolhida (TRICART, 1965; COLTRINARI, 1984). A multiplicidade de escalas com as quais a cartografia geomorfológica pode trabalhar permite desdobramentos para análises interpretativas específicas que venham a subsidiar diferentes temas de pesquisas acadêmicas e técnicas. As cartas de detalhe, particularmente, são a principal ligação da geomorfologia com o planejamento territorial e ambiental urbano.

Um importante aspecto das cartas geomorfológicas de detalhe a ser tratado no presente estudo é o modo como estas representam elementos fluviais. Diferentemente do que acontece na cartografia convencional, na cartografia geomorfológica rios não são apenas linhas que cortam a paisagem: sua dinâmica e processos envolvidos devem ser considerados no rol de informações que o mapa deve apresentar. Outros corpos d'água também são apresentados, mesmo que por vezes mascarem elementos geomorfológicos, o que faz com que demandem análises mais aprofundadas. TRICART, através do *Centre de Géographie Appliquée* (Système C.G.A-Tricart) propôs uma legenda para carta geomorfológica detalhada que compreende simbologias específicas para diversos dados de relevância geomorfológica e, claro, para a ação da água corrente, com distinções quanto a associação da forma a processos de remoção, acumulação, deposição ou outros. Na legenda referente à ação da água corrente, encontra-se simbologia prevista para dados hidrográficos, formas de acumulação, natureza do aluvião, entalhamento, influência climática e paleoformas, assim como para tipologia de leitos fluviais, tipos de fluxos (perenes, sazonais, esporádicos e subsuperficiais), áreas inundáveis, meandros abandonados, diferentes tipos de cascatas e de lagos, nascentes, áreas de infiltração, bacia de decantação, depósitos de fundo, tipos de entalhamento, etc. Apresenta também simbologias para modelagem antropogênica, porém apenas para formas de ablação, como

corte de estrada/ferrovia, mina, etc., formas de acumulação, como aterros, diques e pontes, e formas mistas como terraços. Apesar de cortes e aterros, diques e pontes serem intervenções antrópicas que afetam a dinâmica da bacia hidrográfica e, conseqüentemente, do sistema fluvial, a legenda de TRICART, infelizmente, não contempla as intervenções diretas nos sistemas fluviais.

Experiências que evidenciam a dinâmica hidrológica nas cartas geomorfológicas tornam-se instrumentos muito importantes para a gestão territorial, já que a ação da água no relevo da superfície terrestre possui clara influência sobre as dinâmicas físicas e sociais na paisagem. Tal relação encontra-se explicitada nas cartas hidrogeomorfológicas.

Ainda, e apesar das dificuldades técnicas às quais está sujeita, deve-se salientar que, como qualquer carta de viés temático, uma carta geomorfológica deve ser de fácil leitura e compreensão. Segundo OLIVEIRA e THIESSEN (2010),

o mapa geomorfológico deve buscar em sua essência a representação fidedigna da realidade da paisagem, contudo, deve ser também, como todo mapa, passível de divulgação e de leitura por parte de observadores iniciados, ou não, no meio acadêmico das Ciências da Terra, de modo que, mesmo que a apreensão não ocorra de maneira otimizada, informações básicas e preliminares possam ser transmitidas (OLIVEIRA; THIESSEN, 2010).

Entretanto, não existe ainda um consenso sobre como muitos dos fatos geomorfológicos, de aspecto hidrológico ou não, devem ser graficamente representados, nem uma proposta de legenda que defina de forma completa e unânime todos os conteúdos possíveis. Isto é evidente, especialmente no caso de morfologias antropogênicas e, mais especificamente, no caso das diferentes formas e particularidades da hidrografia urbana.

Mesmo com o avanço da tecnologia de produção de mapas pelo uso de Sistemas de Informações Geográficas, os quais trazem consigo uma ampla gama de possibilidades de aplicação da semiologia gráfica, não existe ainda consenso sobre como representar algumas formas antropogênicas.

(...) carece-se de estudos e melhorias nas metodologias de mapeamento geomorfológico, bem como de suas legendas, que acompanhem paralelamente as recentes possibilidades oferecidas pelos avanços tecnológicos das áreas do Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, como também atendam as recentes demandas do planejamento da paisagem, fornecendo uma plataforma científica para a compreensão e intervenção do nosso meio ambiente. (OLIVEIRA e THIESSEN, 2010)

Independentemente da eficiência em representar fatores antropogênicos e hidrografia de áreas urbanizadas, exemplos da aplicação da cartografia geomorfológica podem ser encontrados em estudos como os que avaliam planejamento de recursos hídricos, riscos a desastres, impactos ambientais diversos, análises evolutivas do espaço, antropogeomorfologia, e muitos outros. E, sendo completa na representação dos conteúdos do relevo da superfície terrestre, a cartografia geomorfológica possui, evidentemente, a importante função de subsidiar o planejamento e gerenciamento territorial e ambiental e urbano. Segundo ARGENTO (1994),

Nos projetos de gerenciamento ambiental ou até mesmo numa concepção mais integradora, como na de gestão do território, os mapeamentos em base geomorfológica têm sido priorizados e, geralmente, vêm acompanhados de legendas que servem para subsidiar decisões (...).

A potencialidade da cartografia geomorfológica na gestão territorial se deve, ainda, ao fato de a análise geomorfológica de detalhe servir de base para a compreensão das estruturas espaciais no âmbito tanto de sua natureza física, como de sua natureza socioeconômica (ARGENTO, 1994), e, evidentemente, sua natureza antropogênica.

#### **4.3. Planejamento territorial e ambiental urbano, e produtos cartográficos de relevância**

O planejamento ambiental e urbano tem a função de regular o uso do solo e as atividades que interfiram nas dinâmicas naturais, de forma a evitar ou minimizar possíveis impactos e desequilíbrios. O uso da cartografia como instrumento de planejamento é especialmente relevante no caso dos ambientes urbanos.

Fatos urbanos são localizáveis espacialmente, portanto, dimensionáveis. Partindo desse pressuposto, todo planejador urbano, de posse dos fatos urbanos e dos seus eventuais desarranjos espaciais, deve procurar classificá-los, hierarquizá-los e os localizar no plano de modo conveniente. Logo, o planejador em seu trabalho de urbanização de novas áreas, como extensão da malha e população urbanas ou processo de reurbanização, deve dispor de vários instrumentos de ação e, dentre estes, o mapa ou as cartas geográficas (dentre estas cartas geográficas estão os mapas e cartas geomorfológicas) (SANTOS, 2009).

Considerando que qualquer atividade humana dialoga direta ou indiretamente com os objetos de estudo da geomorfologia, é evidente que aspectos desta ciência devem ser

considerados em qualquer planejamento e estratégia, sendo a cartografia geomorfológica a linguagem e instrumento ideal para tal.

O reconhecimento da importância do relevo pode ser inferido pela atenção que é dada ao seu estudo na elaboração de planos e projetos que necessitam, cada vez mais, explicitar os possíveis impactos ambientais que serão decorrentes de sua implantação. (MARQUES, 1994)

CHRISTOFOLETTI (1994) também apresenta a importância do conhecimento geomorfológico e da dinâmica do meio físico nas diversas formas de produção do espaço:

As feições topográficas e os processos morfogenéticos atuantes em uma determinada área possuem papel relevante para as categorias de uso do solo, tanto nas atividades agrícolas como nas urbano-industriais. Acrescente-se, também, a importância que assumem para as obras viárias, para a exploração dos recursos naturais, para o lazer e turismo. A potencialidade aplicativa do conhecimento geomorfológico insere-se, portanto, no diagnóstico das condições ambientais, contribuindo para orientar a alocação e o assentamento das atividades humanas (CHRISTOFOLETTI, 1994).

Considerando o exposto, a especialização em aspectos de relevância ao planejamento territorial e ambiental urbano demandou a elaboração de produtos cartográficos específicos que, apesar de próprios em seus aspectos, apresentam em seu escopo elementos de geomorfologia. Apesar de, na maioria das vezes, tais trabalhos não resultarem numa carta geomorfológica (e, portanto, não revelarem adequadamente os processos e dinâmicas associadas), eles costumam evidenciar a hidrografia como importante elemento geomorfológico, como de fato é. Sendo assim, cabe apresentá-los, a fim de se observar como contribuem para eleger conteúdos de legenda necessários à representação cartográfica da hidrografia de áreas urbanizadas.

#### **4.3.1. Cartas topográficas**

Apesar da já explicada diferença entre carta topográfica e carta geomorfológica, a primeira ainda é utilizada como forma de representação do “relevo” em análises mais simples e rasas. Devido apresentarem relevantes informações referentes altimetria e planimetria, as cartas topográficas também são popularmente utilizadas em planejamentos territoriais ambientais e urbanos, já que possibilitam localizar vertentes, nascentes, cursos e corpos d’água e áreas mais ou menos favoráveis ao escoamento superficial, verificar altitudes e calcular declividades e distâncias. São úteis também

porque podem ser elaboradas em diferentes escalas, de acordo com o seu objetivo. No Brasil, a cartografia de base oficial, elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), é apresentada nas escalas 1:100.000 e 1:50.000. Entretanto, escalas maiores são convenientemente adotadas em sistemas regionais, como é o caso do da Região Metropolitana de São Paulo e do Estado ao qual pertence, para onde foram desenvolvidas cartas com escala 1:10.000 e 1:2.000 (BOCHICCHIO, 2003).

As cartas topográficas são produzidas em grandes escalas, a partir de um seccionamento territorial, cuja articulação é vinculada às coordenadas geográficas (BOCHICCHIO, 2003). Adotam símbolos convencionais apropriados à sua escala, de forma a sempre assemelhar-se com o que se vê na realidade.

Com a função de representar alguns aspectos do meio físico, as cartas topográficas apresentam em sua legenda elementos da hidrografia natural, como rios, ribeirões e córregos, massas aquáticas como lagoas ou represas, várzeas e áreas alagadiças, além, claro, das vertentes de fluxo preferencial, demarcadas pelas curvas de nível e topografia. Em geral, diferenciam os cursos d'água de acordo com duas características de tipo de fluxo (perene e intermitente/efêmero) e, conforme a escala da carta, os mesmos podem ser representados por linha única ou linha dupla (Figura 8). Com exceção da simbologia para vala ou valeta, e da relativa dedução quanto a retificações, as cartas topográficas consideradas oficiais não apresentam simbologia específica que identifique canalizações, tamponamentos, formas concentradoras de fluxos torrenciais ou outros aspectos de hidrografia urbana antropogênica.

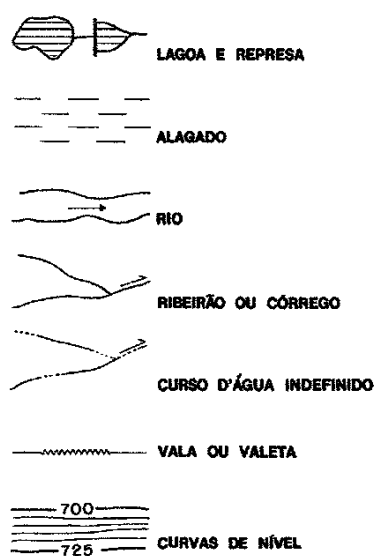


Fig. 8 - Trecho de legenda de carta topográfica. Emplasa, 1981.

### 4.3.2. Cartas geotécnicas

As cartas geotécnicas, mapas geotécnicos, ou, ainda, cartas geológico-geotécnicas são documentos cartográficos que servem como instrumentos de planejamento urbano e/ou ambiental. Possuem a função de dar subsídio técnico a determinadas obras de engenharia, a partir da síntese dos aspectos do meio físico e seus processos geodinâmicos atuantes e das recomendações para intervenções (BITAR, 2015), e são comumente elaboradas em escalas que variam entre 1:2.000 e 1:25.000, conforme o objetivo técnico da mesma.

São instrumentos obrigatórios para muitos municípios brasileiros desde 2012, quando a Lei Federal 12.608 institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), que estabelece, dentre outras coisas, a obrigatoriedade de mapeamento de áreas suscetíveis a processos geológicos ou hidrológicos dentro da elaboração do plano diretor municipal (Lei Federal 12.608/2012, art. 26), o que, segundo BITAR (2015),

A execução de uma carta geotécnica possui como primeiras etapas a coleta de dados e informações sobre o meio físico, e elaboração e integração de mapas temáticos (BITAR, 2015). ZUQUETTE e GANDOLFI (2004) na obra “Cartografia Geotécnica”, descrevem brevemente metodologias de diversos países utilizadas na elaboração de cartas geotécnicas ou semelhantes e, evidentemente, muitas delas consideram o fator hidrografia, hidrologia, ou hidrogeologia, como informação básica.

As cartas geotécnicas, de maneira geral, apesar objetivarem quase que predominantemente os ambientes urbanos, não se detém a informações de hidrografia se estas não forem consideradas um especial atenuante a acidentes e desastres, já que se preocupam, no geral, apenas com aspectos geológicos. Mesmo assim, a hidrografia ainda é um elemento de extrema importância para sua elaboração. ZUQUETTE e GANDOLFI (2004) consideram que mapas de bacias hidrográficas, de áreas úmidas e das condições hidrogeológicas estão no primeiro nível hierárquico dos atributos do meio físico a serem considerados na elaboração destas cartas. Os atributos “escoamento superficial”, “infiltração (infiltração potencial)” e “área de acúmulo de água (temporário e permanente)” também são listados pelos autores como passíveis de uso de suas características intrínsecas para a elaboração das cartas geotécnicas. Os autores estabeleceram uma hierarquização de informações que subsidiem a elaboração de cartas geotécnicas onde, no primeiro nível hierárquico, juntamente com as cartas topográficas, clinográficas, e de valoração econômica (dentre outros), está o Mapa de Águas, dividido

em dois tipos: águas superficiais e águas subsuperficiais. Entretanto, consideram as águas subsuperficiais aquelas “que se encontram abaixo da superfície do terreno, compreendendo as zonas saturadas, de transição e as não saturadas”, ignorando os corpos d’águas canalizados e tamponados.

#### **4.3.3. Outros instrumentos**

Mais ou menos semelhantes as cartas geotécnicas, as Cartas Hidrogeotécnicas tratam dados hidrológicos superficiais e subterrâneos, tanto no entendimento de processos do meio físico, tendo a água como principal agente indutor, quanto na gestão de recursos hídricos (FREITAS, 2000). Entretanto, não tratam especificamente de canais, mas de efeitos decorrentes de obras, a partir de mapas de profundidade do nível da água, ou “carta de potencial de influência do reservatório sobre o aquífero”, por exemplo, ou pela identificação de riscos (poluição) – como a carta de poluição potencial das águas subterrâneas do IPT (1994).

Mapas hidrológicos também tendem a ser instrumentos importantes. Segundo FAIRBRIDGE (1972) estes podem ser qualquer mapa que exibe informação hidrológica e que, devido à grande variedade de tipos, escalas e legendas de tais mapas, uma padronização completa é praticamente impossível. A tentativa de estabelecer os objetivos, tipos, escalas e símbolos a serem adotados de forma padronizada para a elaboração de tais mapas, por parte do *UNESCO coordinating council of the international hydrological decade* culminou na Legenda Internacional para Mapas Hidrogeológicos, já que esta teve sua base em mapas hidrogeológicos preexistentes, principalmente (FAIRBRIDGE, 1972). No que se refere a hidrografia e águas superficiais, esta legenda estabelece o uso de diferentes cores para canais naturais, águas com concentração de químicos, e para o que chama de “trabalhos artificiais” (*artificial Works*), no que se inclui diques e barragens, canais de irrigação, canais artificiais de drenagem e galerias.

#### **4.4. Os conteúdos de legenda para hidrografia – conclusões**

De acordo com NOGUEIRA (2009),

A primeira finalidade de um mapa da rede hidrográfica é possibilitar a identificação das características da hidrografia, relacionando-a ao contexto estrutural, litológico e de escoamento superficial. (...) Devido à sua importância, a rede de drenagem faz parte da maioria dos mapas temáticos físicos, como uso da terra, geológico, geomorfológico e de solos. Nos mapas de base, ela é um dos elementos fundamentais a serem mapeados (NOGUEIRA, 2009).

Apesar da importância da representação de cursos d'água em qualquer análise territorial, e de tais elementos estarem presentes em diferentes instrumentos com este fim, percebe-se que não existe nenhum tipo de padronização na representação da hidrografia urbana, e menos ainda de suas especificidades. Nos trabalhos acadêmicos que tratam do tema, ou que discorram sobre geomorfologia em sítios urbanos, é comum que cada autor expresse as formas analisadas de maneira própria, sendo que é comum que estas características sejam descritas na forma de texto pela ausência de especificação de conteúdo de legenda próprio. Mesmo que exista um consenso de que a hidrografia urbana é um elemento importante a ser considerado na gestão e planejamento territorial, seus elementos, apesar de influenciarem diferentes decisões, não são eficientemente representadas nos instrumentos cartográficos de referência.

Esta análise demonstra que a necessidade de estabelecimento de conteúdos de legenda que visem especificamente a representação cartográfica de elementos de hidrografia de áreas urbanizadas se impõe cada vez mais, no âmbito de estudos acadêmicos ou técnicos, na mesma proporção em que estes são realizados e, especialmente, se considerarmos o contexto do antropoceno.

## 5. RESULTADOS

Numa tentativa de avaliar e justificar a necessidade de se pensar conteúdos de legenda necessários à representação da hidrografia de áreas urbanizadas, foram realizadas revisões teóricas de assuntos pertinentes ao tema, em especial os aspectos das dinâmicas fluviais e a potencialidade da cartografia ao planejamento territorial e ambiental urbano.

A partir da interpretação sobre a definição de hidrografia urbana, e da identificação de seus principais elementos específicos, foram identificadas em outras obras acadêmicas e técnicas elementos representativos da hidrografia urbana que, por sua pertinência na rede hidrográfica, devem constar nos conteúdos de legenda necessários à eficiente representação gráfica da hidrografia destas áreas.

Considerando que a identificação e classificação da hidrografia urbana é especialmente necessária na elaboração de estudos de planejamento territorial e ambiental urbano, e que a escala de trabalho preferencial para estes estudos é, em geral, a escala de detalhe, o levantamento e identificação de conteúdos de legenda que aqui se pretende classificar foram idealizados para uso em escalas entre 1:10.000 e 1:25.000.

Durante a análise, procurou-se categorizar os conteúdos de acordo com seu grau de evolução entre morfologia original e morfologia antropogênica, numa tentativa de encaixá-los numa lógica de relativa ordem da evolução das obras de intervenção, assim como à proposta de LIMA (1990).

### 5.1. Conteúdos Identificados

As diferentes obras de canalização, tais como as descritas por BROOKERS (1988) na obra “*Channelized Rivers – perspectives for environmental management*”, são, evidentemente, passíveis de legenda específica. O autor descreve métodos convencionais de engenharia fluvial e inclui, dentre eles, alguns termos relacionados as obras de canalização mencionadas no capítulo 3 do presente estudo. São eles:

- Alargamento/Aprofundamento (*resectioning by widening and deepening*): a água que antes se espalhava pela planície de inundação passa a ser contida no canal, fluindo num nível mais baixo que o original. É usualmente combinada com o reaparelhamento do leito, e trabalhos associados podem incluir a sustentação ou proteção das estruturas. Pode ter

como intuito aumentar a seção transversal do canal de transporte, ou adequar o canal para receber a drenagem de águas pluviais. Frequentemente, seções trapezoidais são construídas em sedimentos não coesivos para estabilizar as margens. No caso de uso de concreto, podem ser construídas seções retangulares.

- Retificação (*realignment or straightening*): segundo o autor, várias escalas de retificação podem ser distinguidas, desde um “alinhamento melhorado”, a partir de dragagens, até as convencionais remoções dos meandros do rio, todos com o intuito de adequar o canal para o transporte por embarcações ou reduzir as taxas de inundação ao aumentar a velocidade do fluxo. Como visto, estas obras podem, ainda, objetivar a ampliação das áreas emersas para especulação imobiliária. A mais significativa forma de realinhamento envolve o encurtamento de um rio por meio da remoção (*cutoff*) de meandros individuais.

- Canais de desvio (*diversion channels*): chamados também de “canais de alívio”, são construídos para desviar o fluxo de áreas que se intenciona proteger, encaminhando as águas para canal já existente (figura 9). São encontrados em áreas urbanas onde não é possível ampliar os canais já existentes durante o desenvolvimento. Incluem-se nos canais de desvio os canais de circunvalação e valas construídas para viabilizar grandes obras da construção civil. Um exemplo significativo deste tipo de obra, em São Paulo, é o canal de circunvalação da margem direita do rio Tietê, no Parque Ecológico do Tietê, construído para interceptar os córregos e galerias de águas pluviais, evitando que as águas cheguem às lagoas do parque, e destinando-as diretamente ao rio Tietê (Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, 2018) (figura 10).



Fig. 9 – Canais de desvio de fluxos (destacados em roxo) no aeroporto de Cumbica, Guarulhos/SP. Na cartografia topográfica Emplasa, tais canais são descritos como valas. Fonte: Google Earth.



Fig. 10 - Canal de Circunvalação no Parque Ecológico do Tietê, São Paulo/SP, em construção. Fonte: DAEE

- Aterros/Construção de diques (*embankments or levees*): têm o propósito de aumentar a capacidade do canal para conter os elevados fluxos que normalmente se espalhariam pela planície de inundação. São usados tanto em áreas rurais quanto urbanas. Segundo o autor, são componentes chaves nos sistemas de controle de cheias ao longo dos cursos de grandes rios, mas podem requerer frequente e extensiva manutenção. Em alguns casos, os diques são construídos fora do cinturão meândrico do rio para evitar erosão. O alinhamento dos diques é influenciado tanto pela topografia quanto pela infraestrutura humana. São normalmente construídos com material escavado ou do canal, ou de uma cova na planície de inundação, mas também com materiais externos à bacia.
- Estabilização de margens (*bank protection methods and river training Works*): proteção contra abrasão e escorregamento das margens, particularmente onde o enfraquecimento destas resultaria num impedimento ao fluxo, causando inundação.

As obras de canalização elencadas por BROOKERS são elucidativas das formas antropogênicas na hidrografia de áreas urbanizadas, mas não esgotam o tema. Assim, a fim de identificar outros conteúdos de legenda que devem evidenciados, foram consultados outros estudos acadêmico-científicos e técnicos que tratem de hidrografia urbana e que poderiam apresentar intervenções e morfologias não contempladas no levantamento de BROOKERS. Outros conteúdos de legenda foram encontrados, e serão descritos a seguir.

O estudo de MOROZ-CACCIA GOUVEIA (2010), que faz uma análise qualitativa e quantitativa das mudanças decorrentes da urbanização no sistema hidrogeomorfológicos da Bacia do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo, a partir da aplicação da abordagem da geomorfologia antropogênica de RODRIGUES (2005), identificou e apresentou em mapas algumas formas de hidrografia urbana decorrentes de intervenções antrópicas. Assim, além dos cursos d'água com características originais ou semi-preservedas, foram identificados lagos, represas, reservatórios de detenção, e cursos d'água retificados e/ou tamponados. A autora acrescenta ainda que mesmo os cursos d'água que ainda apresentam características semelhantes às originai podem ter sido alvo de intervenções em seus leitos e margens (aprofundamento, alargamento, revestimento), porém não foram passíveis de identificação e distinção cartográfica (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010). Também foi identificada, mas não representada, uma derivação de curso fluvial (Túnel Moringuinho), que foi perfurado para desviar as águas de um vale para outro.

O estudo de LUZ (2014), que analisou as mudanças geomorfológicas na planície fluvial do rio Pinheiros ao longo do processo de urbanização identificou, também, canais retificados e canais tamponados, desaguando no rio Pinheiros, além de outras obras de engenharia hidrológica, como adutoras.

BOTELHO (2011), ao tratar de bacias hidrográficas urbanas e medidas estruturais de controle de enchentes, relembra as canalizações e retificações, mas também os canais de desvio, canais paralelos e canais extravasores, os quais, segundo a autora, modificam diretamente o traçado e/ou a direção dos cursos d'água. Também menciona os diques, reservatórios e bacias de amortecimento, medidas as quais, segundo a autora, “(...) foram amplamente difundidas no Brasil na década de 1970” (BOTELHO, 2011). A autora descreve os diques como sendo “muros construídos geralmente de concreto armado, para confinar as águas de um rio, evitando seu transbordamento e a consequente inundação das áreas do entorno”.

Dentre os estudos técnicos analisados está o Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (PDMAT) desenvolvido pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE). Segundo CANHOLI (2014) o PDMAT, importante instrumento de gestão, foi imprescindível para controlar inundações na bacia. Com este fim, o próprio instrumento propõe intervenções estruturais, tais como obras de canalização e construção de reservatórios de amortecimento de cheias. Dentre as atividades previstas no plano de trabalho de elaboração do documento consta o levantamento de dados e informações relacionadas as obras e estruturas hidráulicas já existentes, constando, inclusive, informações sobre formato e tipo de fundo e/ou revestimento de canais e dutos; realização de estudos hidrológicos utilizando-se da cartografia topográfica básica realizada pela Emplasa e pelo Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), ambos ligados ao governo do Estado de São Paulo, e em escala 1:10.000; e realização de levantamento aerofotogramétrico (DAEE, 2012). Entretanto, apesar de propor intervenções, devido suas bases cartográficas, não foram encontrados elementos de hidrografia urbana que se destacassem dos anteriores.

Outro estudo técnico analisado foi a Carta do Meio Ambiente e sua Dinâmica, elaborada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) para a região da Baixada Santista, sob coordenação e segundo metodologia do Prof. André Journaux, que elaborou a legenda, a qual tem influência da cartografia geomorfológica. Entretanto, a legenda elaborada para esta carta apresenta apenas canais de navegação, já que volta

atenção principalmente para aspectos químicos e de qualidade da água dos cursos, do que as dinâmicas relacionadas às suas formas físicas.

Outros estudos analisados não apresentaram formas de canais ou intervenções diferentes das apresentadas.

## **5.2. Conteúdos De Legenda**

A partir das intervenções identificadas nas diferentes obras descritas, foram selecionadas intervenções diretas em canais que tendem a interferir no equilíbrio do sistema fluvial, e afetar as dinâmicas espaciais e sociais do meio urbano, considerando as potencialidades justificadas pelo funcionamento dos processos fluviais, e consequências descritas anteriormente. Assim, uma lista de conteúdos de legenda foi elaborada, conforme segue:

<b>Conteúdo de Legenda</b>	<b>Tipo de Intervenção</b>	<b>Descrição</b>	<b>Grau de Evolução</b>	<b>Exemplo na Grande SP</b>
Canal com margens estabilizadas	Construção de diques e/ou aterros	Proteção das margens contra abrasão e escorregamento a partir da construção de diques e/ou aterros diretamente nas margens ou fora do cinturão meândrico.	Morfologia Original Semi-Preservada	Baixo curso do rio Bussocaba, em Osasco (Figura 11); Outros diversos
Canal Alargado e/ou Aprofundado	Alargamento das margens ou aprofundamento do leito	As margens são alargadas através da remoção de material das planícies, ou aprofundado por procedimento semelhante à dragagem.	Morfologia Original Semi-Preservada	Rio Tietê (trecho São Paulo); Rio Pinheiros
Canal Alargado e/ou Aprofundado revestido	Idem anterior, com revestimento de leito e margens	Idem anterior, com estabilização do leito ou outra modificação em sua rugosidade e/ou estabilização das margens por estruturas de sustentação. Frequentemente, seções trapezoidais são construídas com sedimentos não coesivos.	Morfologia Antropogênica	Rio Tietê (trecho São Paulo); Médio curso do rio Bussocaba, em Osasco (Figura 12)
Canal Retificado	Retificação	Remoção dos meandros.	Morfologia Original Semi-Preservada	Rio Tietê, trecho Osasco-Carapicuíba-Barueri (Figura 13)
Canal Retificado estabilizado	Retificação com estabilização de leito e margens	Remoção dos meandros e estabilização das margens por estruturas de sustentação.	Morfologia Antropogênica	Rio Tietê (trecho São Paulo); Rio Pinheiros
Canais de desvio	Construção canais artificiais	Canais artificiais construídos para desviar o fluxo de áreas específicas, encaminhando as águas para canais pré-existentes. Incluem-se as valas e os canais de circunvalação.	Morfologia Antropogênica	Canal de Circunvalação do Parque Ecológico do Tietê (Figuras 9 e 10, anteriores)
Canal Tamponado	Canalização em subsuperfície	Contenção do canal em dutos enterrados em subsuperfície.	Morfologia Antropogênica	Córrego Anhangabaú; Córrego Itororó (Atual Av. 23 de Maio) (Figuras 5 e 6, anteriores); Outros (Figura 14).
Canal Artificial Tamponado	Construção de canal artificial em subsuperfície (túnel)	Canal construído para desvio de fluxo, porém na forma de túnel.	Morfologia Antropogênica	Túnel Moringuinho
Barragem	Barragem em curso d'água	Barragem construída com fins diversos, limitando ou controlando a passagem do fluxo hídrico.	Morfologia Original Semi-Preservada	Barragem da Penha, no rio Tietê (Figura 15); Outras

Tabela 2 – Classificação dos conteúdos de legenda



Fig. 11 – Diques de gabião no baixo curso do rio Bussocaba, Osasco/SP. Foto: Ana Paula de Souza, 2018.



Fig. 12 – Médio curso do rio Bussocaba, Osasco/SP, aprofundado e completamente revestido. Foto: Ana Paula de Souza, 2018.



Fig. 13 – Rio Tietê retificado, no limite entre Carapicuíba e Barueri/SP. Fonte: mapio.net

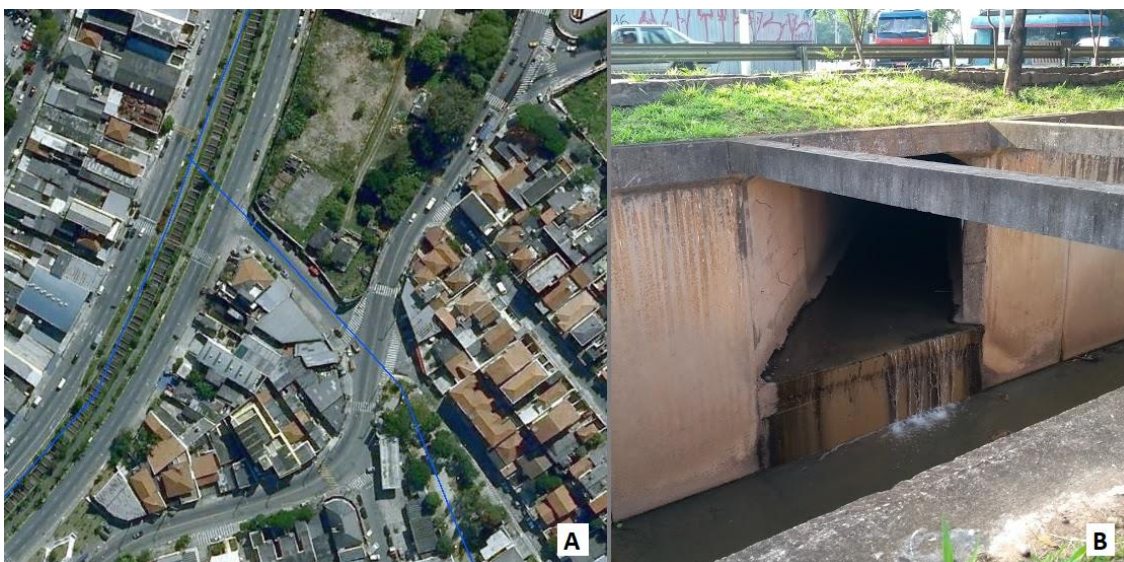


Fig. 14 – Córrego sem denominação, tamponado. A: Traçado do córrego sobre imagem de satélite (Fontes: Emplasa, 1989; Google Earth). B: foz do córrego no rio Bussocaba, Osasco (Ana Paula de Souza, 2018).



Fig. 15 – Barragem da Penha, no rio Tietê, destacada no retângulo vermelho. Fonte: Google Earth.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento do presente estudo, intencionou-se demonstrar a importância de se evidenciar as morfologias fluviais típicas de ambientes urbanos na construção cartográfica de análises deste meio. Tal análise se deu à luz da teoria geomorfológica e da abordagem geossistêmica, as quais demonstram que o conhecimento geomorfológico é indissociável da análise e compreensão da interação das sociedades humanas com o meio físico no qual estão inevitavelmente inseridas.

Por mais que o desenvolvimento de cada cidade ocorra de forma específica e única, ficou demonstrado que as obras de engenharia que configuram intervenções em canais costumam ser quase sempre as mesmas, e possuir as mesmas motivações e objetivos.

As obras que configuram as intervenções implicam à rede fluvial modificações que transformam a hidrografia em algo bastante diferente do original. Os canais, quando alvos diretos destas intervenções, tornam-se então específicos em suas formas e suas dinâmicas. Ainda assim, não deixam de ser cursos d'água, sujeitos as dinâmicas do ambiente, e importantes elementos da geomorfologia urbana. Compreender as novas dinâmicas, a natureza das intervenções, e identifica-las adequadamente no espaço torna-se, então, essencial ao ordenamento territorial.

Apesar de serem cada vez mais numerosos os estudos de geomorfologia fluvial e hidrografia em ambientes urbanos, ainda são poucos os que conseguem adequar essa representação de forma abrangente. Ainda assim, tais estudos têm grande potencial para subsidiar planejamentos urbanos.

Conteúdos de legenda que apresentem as particularidades de cada canal em ambiente urbanizado não servem apenas para que as intervenções e dinâmicas específicas destes sejam evidenciadas, mas também para distingui-los dos canais com morfologia original preservada, os quais podem, em alguns casos, ser exceções, e demandar atenção redobrada para sua preservação, e para suas dinâmicas que não se encontram controladas por obras de engenharia.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCHELA, R. S. Contribuições da Semiologia Gráfica para a Cartografia Brasileira. **Geografia**, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, v. 10, n. 1, p. 45-50, jan.-jun., 2001.

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. cap. 9, p. 365-391.

BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. Rios e Cidades. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, 2013.

BERTIN, J. **Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes**. Paris: Mouton, Gauthier - Villars, 1973.

\_\_\_\_\_. Ver ou ler. **Seleção de Textos n. 18**. São Paulo: Associação de Geógrafos Brasileiros, 1988. p. 45-62.

BITAR, O. Y. **Guia Cartas geotécnicas: orientações básicas aos municípios**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015.

BOCHICCHIO, V. R. **Atlas mundo atual: manual do professor**. São Paulo: Atual, 2003.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (org). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 71-115, 2011.

BROOKES, A. **Channelized rivers: perspectives for environmental management**. Chichester: Wiley, 1988.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CETESB - SÃO PAULO. **Baixada Santista: Carta do Meio Ambiente e sua Dinâmica**. São Paulo, 1985.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blüncher, 1981.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blüncher, 1980.

\_\_\_\_\_. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. cap. 11, p. 415-440.

CHRISTOPHERSON, R. W. Princípios básicos de geografia. In: \_\_\_\_\_. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. cap. 1, p. 2-37.

CLARO, M. S. **Unidades Morfológicas Complexas na bacia hidrográfica do Córrego da Tapera, São Paulo, SP: contribuições ao planejamento urbano e ambiental**. 2013. Dissertação

(Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. cap. 3, p. 93-148.

COLTRINARI, L. Um exemplo de carta geomorfológica de detalhe: a carta do médio vale do rio Parateí, SP (1:25.000). **Revista do Departamento de Geografia, FFLCH-USP, São Paulo**, n. 1, p. 55-61, 1982.

\_\_\_\_\_. Cartografia geomorfológica detalhada: a representação gráfica do relevo entre 1950-1970. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.3, p.121-130, 2011.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. cap. 5, p. 211-252.

DOUGLAS, I. The impact of urbanization on fluvial geomorphology in the humid tropics. **Geo-eco-trop**, v. 2, n. 23, p. 242, 1978.

\_\_\_\_\_. **The urban environment**. London: Edward Arnold, 1983.

FIERZ, M. M. A teoria do equilíbrio dinâmico em geomorfologia. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, v. 19, n. 3, p. 605-629, 2015.

GANDOLFI, N.; ZUQUETTE, L. V. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

GIRARDI, E. P. **Proposição teórico-metodológica de uma cartografia geográfica crítica e sua aplicação no desenvolvimento do atlas da questão agrária brasileira**. 2008. 347 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2008.

GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M.; DOS SANTOS, I. Hidrogeomorfologia: princípios, conceitos, processos e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.2, (Abr-Jun) p.103-111, 2012.

GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v. 1, n. 992, p. 367, 1992.

GOUDIE, A. S. (Org.) **Encyclopedia of Geomorphology**. 1. ed. Taylor e Francis, 2004.

DAVENPORT, A. J.; GURNELL, A. M.; ARMITAGE, P. D. Habitat survey and classification of urban rivers. **River Research and Applications**, v. 20, n. 6, p. 687-704, 2004.

HART, M. G. **Geomorphology: pure and applied**. London: Allen & Unwin, 1986.

JOLY, F. **A Cartografia**. Campinas: Papirus, 1990.

KONDOLF, G. M.; MONTGOMERY, D. R.; PIÉGAY, H.; SCHMITT, L. Geomorphic Classification of Rivers and Streams. In: KONDOLF, G. M.; PIÉGAY, H. (Orgs). **Tools in fluvial geomorphology**. Chichester: John Wiley and sons Ltda. 2003.

LIMA, C. R. **Urbanização e intervenções no meio físico na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo**: uma abordagem geomorfológica. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1990.

LUZ, R. A. da. **Mudanças geomorfológicas na planície fluvial do Rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MARQUES, J. S. Ciência geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S.B. **Geomorfologia**: Uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. cap. 1, p. 23-50.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, P. Sevilha e o duplo Guadalquivir: breve análise do recente fenômeno de integração cidade-rio. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, n. 26, p. 92-108, 1 dez. 2009.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. **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. 2010. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

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

NOGUEIRA, R. E. **Cartografia**: representação, comunicação e visualização de dados espaciais. 3. ed. rev. e amp. Florianópolis: Editora da UFSC, 2009.

PRANDO, J. L. **Estado de São Paulo**: análise geográfica da educação básica e mapeamento temático. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Rios e processos aluviais. In: TEIXEIRA, W. et al (org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editor Nacional, 2008.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia Aplicada**: Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros. Tese de Doutorado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

\_\_\_\_\_. **On Anthropogeomorphology**. Regional Conference on Geomorphology, Rio de Janeiro. 1999.

\_\_\_\_\_. A Teoria Geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 14, p. 69-77, 2001.

\_\_\_\_\_. A urbanização da metrópole sob a perspectiva da Geomorfologia: tributo à leituras geográficas. In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. (orgs.) **Geografias de São Paulo: representações e crise da metrópole**. Ed. Contexto. v. 1, São Paulo, 2004.

\_\_\_\_\_. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 101-111, 2005.

\_\_\_\_\_. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 20, p. 111-125, 2010.

\_\_\_\_\_. Atributos ambientais no ordenamento territorial urbano. O exemplo das planícies fluviais na Metrópole de São Paulo. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, v. 19, n. 2, p. 324-347, 2015.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas de Hidrografia. In: VENTURI, L.A.B. (Org.). **Geografia: Práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Sarandi, 2011, v. 1, p. 9-528.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. 7. ed, (2003). São Paulo: Contexto, 1990. v. 1. 80p.

ROSS, J. L. S. São Paulo: a cidade e as águas. In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. **Geografias de São Paulo: a metrópole do século XXI**. São Paulo: Contexto, 2004.

SANTOS, C. Cartografia ambiental e planejamento territorial urbano. **Revista Patrimônio: Lazer e Turismo**, v.6, n. 7, p. 40-74, 2009.

SANTOS, M. **A urbanização Brasileira**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

SILVA, J. de P. **Avaliação da diversidade de padrões de canais fluviais e da geodiversidade na Amazônia** - aplicação e discussão na bacia hidrográfica do Rio Xingu. 2012. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

THIESEN, G. M.; OLIVEIRA, D. Apresentação de um novo método de mapeamento geomorfológico de detalhe e sua viabilidade de aplicação como subsídio à compreensão da paisagem ocupada no entorno do reservatório Paiva Castro – Mairiporã, SP. In: Encontro nacional dos geógrafos, 16, 2010, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2010.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B de; MELFI, A. J. Intemperismo e formação do solo. **Decifrando a Terra**. Oficina de textos, São Paulo, 200. p. 139-166.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

\_\_\_\_\_. La cartographie géomorphologique détaillée. In: \_\_\_\_\_. **Principes et Méthodes de la Géomorphologie**. Paris: Masson et Cie Editeurs, 1962. p. 193-215.

TAVANTI, D. R.; BARBASSA, A. P. Análise dos desenvolvimentos urbanos de baixo impacto e convencional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 4, p. 17-28, 2012.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 36-37, 2003.

\_\_\_\_\_. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

\_\_\_\_\_. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil. **REGA**: Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 29-42, 2016.

TUCCI, C. E. M.; CRUZ, M. A. S. Avaliação dos cenários de planejamento na drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n.3, p. 59-71, 2008.

TUCCI, C. E. M.; CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F. Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n.2, p.9-18, 2012.

#### **SITES:**

CASSETI, V. “Cartografia geomorfológica”. Disponível em:  
<<http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap5/index.php>>

DAEE. “Macro drenagem”. Disponível em:  
<[http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=851:macro drenagem&catid=42:combate-a-enchentes](http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=851:macro drenagem&catid=42:combate-a-enchentes)>

\_\_\_\_\_. PDMAT 3. Disponível em:  
<[http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1364&Itemid=7](http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1364&Itemid=7)>