

Mapeamento de áreas de risco a inundação e solapamento de margem na zona leste da cidade de São Paulo, Brasil

LISTO¹, Fabrizio de Luiz Rosito

¹Mestrando do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (fabriziolisto@usp.br)

Eje: Ordenamiento territorial

Resumo: Processos fluviais, dentre os quais se destacam o solapamento de margem e a inundação são aqueles responsáveis por modelar o relevo, mas que podem gerar risco em áreas de ocupação precária. O objetivo deste artigo visa identificar as áreas de risco a solapamento de margem e inundação na bacia do córrego Rapadura, baixo curso do rio Aricanduva (SP), onde a ocupação urbana é bastante densa. Sua escolha considerou o histórico de problemas decorrentes destes processos agravados nas últimas décadas, principalmente no verão. O mapeamento das áreas de risco foi realizado a partir da setorização das áreas mais críticas em fotografias aéreas e trabalhos de campo. Os resultados demonstram que o curso alto e o curso médio da bacia, onde se verificam a existência de intervenções antropogênicas caracterizadas por ausência de cobertura vegetal e assentamentos urbanos sem infra-estrutura, são afetados pelos processos de solapamento de margem fluvial e assoreamento. Conseqüentemente, esse cenário vem contribuindo para o aumento da produção de sedimentos e potencializando a ocorrência de inundações no baixo curso da bacia. O reconhecimento das principais intervenções antropogênicas e dos processos fluviais existentes são fundamentais para apontar ações emergenciais que visam projetos sócio-ambientais para recuperação da bacia.

Palavras-chave: Inundação, Solapamento de Margem, Assentamentos precários, Áreas de risco, São Paulo.

1. INTRODUÇÃO

A ocupação inadequada do espaço urbano em grandes metrópoles implicou o aparecimento de diversas pressões antropogênicas caracterizadas por aglomerados urbanos muito adensados sem infra-estrutura, aumento do número de vias de acesso, canalização de córregos, etc. Cenários como este, promovem, conseqüentemente, a supressão de áreas verdes, o aumento de áreas impermeabilizadas, entre outras situações. Essas intervenções

potencializam ao longo do tempo a ação de processos morfodinâmicos, daqueles responsáveis por esculpir e modelar o relevo da superfície terrestre, sobretudo quanto à ocorrência de processos fluviais (FORMAN & GODRON, 1986; HART, 1986; PANIZZA, 1987; DOUGLAS, 1983; HOOKE, 1988, entre outros). Tais processos referem-se, portanto, aos eventos naturais acelerados ou modificados pelo homem, e que podem ocasionar situações de risco à população.

Na Região Metropolitana de São Paulo, a fragilidade natural das vertentes associada ao uso inapropriado do solo levou ao aparecimento de diversas áreas de risco associadas a processos morfodinâmicos, principalmente nas áreas periféricas da cidade. Uma das bacias mais críticas da Região Metropolitana de São Paulo quanto à ocorrência de processos morfodinâmicos é a bacia do Rio Aricanduva. A bacia, com área de drenagem equivalente a 100 Km², totalmente inserida no Município de São Paulo, caracteriza-se pelo intenso processo de urbanização e conseqüente impermeabilização do solo.

Estudos realizados indicam que a bacia começou a apresentar problemas quanto à ocorrência de inundações de forma mais intensa a partir da década de 1970. Isso se deu, inicialmente, em virtude da canalização de seu curso principal e de seus afluentes e da construção de grandes avenidas (DAEE, 1999; IPT, 2004, entre outros). A partir destas intervenções, tem-se observado uma gradual mudança de comportamento hidrológico na bacia. Com isto, as inundações na bacia passaram a ter uma periodicidade praticamente anual, sendo provocadas em sua maior parte, por chuvas com duração entre 30 e 120 minutos (DAEE, 1999).

Como área de estudo, foi selecionada a bacia do córrego da Rapadura, localizado no baixo curso do Rio Aricanduva. O córrego, alvo de algumas intervenções nas últimas décadas em função da canalização de seu trecho à jusante, ainda permanece como um dos pontos críticos de inundações da bacia, segundo diagnóstico realizado pelo DAEE (1999), promovendo um histórico de problemas econômicos e sociais a população residente na região. Assim, o objetivo principal deste artigo visa identificar as áreas de risco a solapamento de margem e inundações na bacia do córrego Rapadura, baixo curso do rio Aricanduva (SP), onde a ocupação urbana é bastante densa.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E MATERIAIS

A primeira etapa consistiu na análise das características do meio físico, realizada para apontar os fatores que podem influenciar a suscetibilidade à ocorrência de processos morfodinâmicos. Para isso foram levantados os dados da litologia, unidades geomorfológicas, hipsometria, declividades e pluviometria numa perspectiva sistêmica da paisagem, a partir de referências bibliográficas e trabalhos de campo.

O reconhecimento das intervenções antropogênicas ocorridas na bacia se baseou na análise evolutiva do uso e ocupação do solo a partir de fotografias aéreas dos anos¹ de 1972 e 2001, visando demonstrar as transformações urbanas da região. Assim, esse procedimento seguiu as seguintes etapas:

- a) Utilização de estereoscópio para fotointerpretação de imagens aéreas em escalas 1:25.000 (1972) e 1:15.000 (2001) da região referente ao aerolevante realizado pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA);
- b) Estabelecimento de legenda para identificar as categorias de intervenções antrópicas sintonizadas com a realidade da bacia ora enfocada, a saber:
 - **Mata ciliar:** corresponde a formação vegetal localizada nas margens de córregos;
 - **Gramínea:** corresponde a área coberta por vegetação rasteira e herbácea restrita às áreas urbanas;
 - **Superfície de solo em exposição:** corresponde a área onde o solo não apresenta cobertura vegetal;
 - **Área urbana consolidada:** caracteriza-se por ser densamente ocupada e pela disponibilidade de infra-estrutura básica, equipamentos urbanos, atividades de comércio e serviços, etc.;
 - **Área industrial:** são especificadas quanto aos tipos de atividades que possam causar danos ao meio, por poluentes atmosféricos, do solo e hídricos e;
 - **Assentamentos precários irregulares:** corresponde à ocupação de baixa classe social, caracterizada por baixo padrão construtivo, sem infra-estrutura em áreas de risco associadas a processos morfodinâmicos.
- c) Utilização do *software Mapinfo Professional* para elaboração digital do Mapa de Uso e Ocupação do Solo.

¹ Selecionados em virtude de transformações urbanas mais intensas neste período.

O mapeamento dos processos morfodinâmicos presentes na região foi realizado para identificar suas conseqüências e para isso, adotaram-se os seguintes procedimentos:

- a) Utilização de estereoscópio para fotointerpretação de imagens aéreas em escala 1:15.000 da região referente ao aerolevante realizado pela EMPLASA no ano de 2001 para identificação das áreas mais críticas;
- b) Estabelecimento de legenda para identificar as categorias de processos morfodinâmicos, a saber: **(a)** áreas afetadas por erosão marginal e solapamento de margem; **(b)** pontos assoreados e **(c)** trechos inundáveis.
- c) Trabalhos de campo para verificação e armazenamento em banco de dados (*Excel – Windows*) das áreas de risco e;
- d) Utilização do *software Mapinfo Professional* para georreferenciamento digital dos processos morfodinâmicos atuantes na bacia.

A última etapa metodológica consistiu na avaliação das áreas de risco na bacia, a partir da combinação dos dados do meio físico e do meio antrópico, que representam respectivamente, a suscetibilidade do meio e a vulnerabilidade do sistema.

3. RESULTADOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO

A bacia do córrego da Rapadura localiza-se na zona leste do Município de São Paulo (Figura 1) e possui uma extensão total de 180 mil m² (DAEE, 1999).

Segundo a Carta Geológica da Região Metropolitana de São Paulo (EMPLASA, 1980), é constituída por sedimentos terciários da Bacia de São Paulo (Grupo São Paulo): siltes argilosos intercalados por camadas contínuas ou não de areias finas argilosas, com fácies de areais médias e grossas, com pedregulhos.

Além disso, junto à foz do córrego da Rapadura há a presença de sedimentos aluvionares quaternários, com a conformação de cordões com larguras geralmente compreendidas entre 50 e 100 metros (EMPLASA, 1980). Associados a todos esses tipos de rocha devem ser destacados os denominados depósitos tecnogênicos (DAEE, 1999), designação técnica de aterros lançados para regularização topográfica das superfícies, principalmente das várzeas, para fins de ocupações diversas.

Segundo o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (ROSS & MOROZ, 1997) a bacia do córrego da Rapadura corresponde a Unidade Morfoescultural denominada Planalto de São Paulo, pertencente ao compartimento do Planalto Atlântico. Nesta unidade, suas formas de relevo apresentam modelagem de colinas e de patamares aplanados. A hipsometria geral varia entre 700 a 850 metros, segundo o seu perfil topográfico, tendo nas suas vertentes declividades inferiores a 20%. A planície fluvial está altimetricamente situada entre as cotas 720 e 740 m. A declividade do talvegue é baixa, da ordem de 0,020 m/m (DAEE, 1999).

A região da bacia se caracteriza pelo clima tropical de altitude, com boa definição dos regimes pluviométricos. A pluviometria total anual média da bacia está compreendida entre 1.300 e 1.400 mm; a estação chuvosa (de outubro a março) tem um total médio no entorno de 1.000 mm e a estação seca (de abril a setembro), um total pouco inferior a 300 mm (DAEE, 1972).

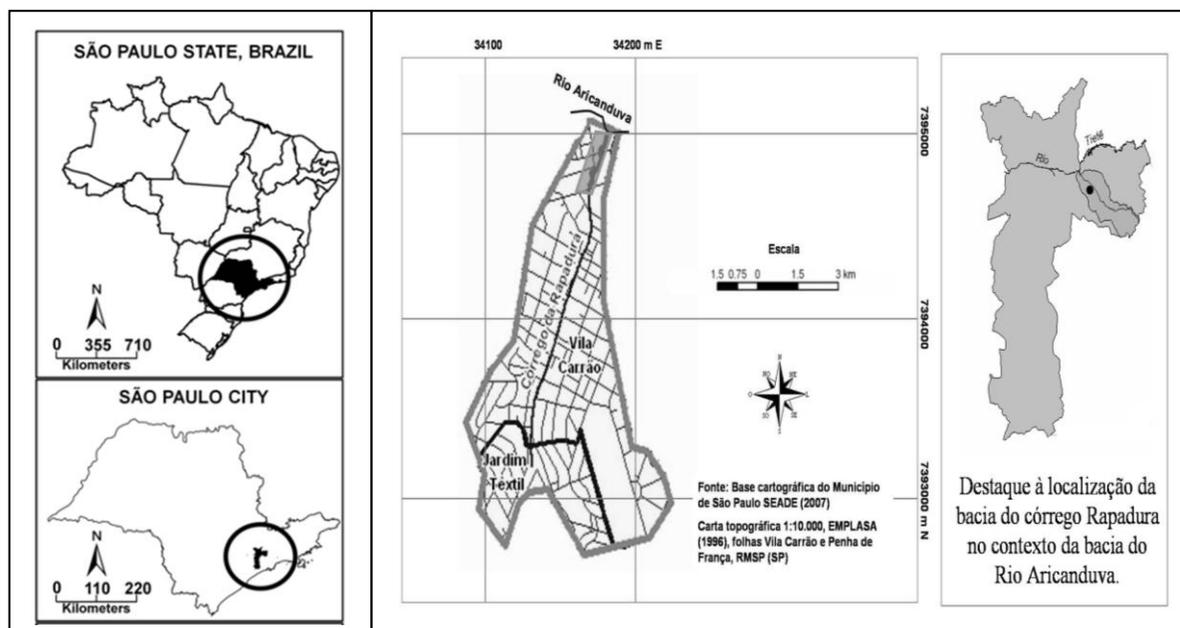


Figura 1: Localização da área de estudo.

3.2 INTERVENÇÕES ANTROPOGÊNICAS

A partir do Mapa de Uso e Ocupação do Solo do ano de 1972 (Figura 2), verifica-se que a bacia apresentava alguns tipos de uso e ocupação do solo distintos, tais como, área urbana consolidada, área industrial, superfícies de solo em exposição, mata ciliar e gramíneas. De qualquer forma, pode-se dizer que a maior parte da área da bacia estava caracterizada pela ocupação urbana.

Segundo dados da SEMPLA (1996), a taxa de crescimento populacional na bacia referente a este período equivalia a 2,20%, o que demonstra que a área urbana estava consolidada. Tal manifestação urbana começou a se instalar a partir da década de 1960, em função da ocupação densa e contínua que resultou na ampliação do parque industrial do distrito da Mooca (zona leste do Município de São Paulo), expulsando parte da população que se instalava na região, para áreas contíguas, no sentido contrário do centro, incluindo-se os bairros Vila Carrão e Jardim Têxtil, que abrangem a bacia do córrego da Rapadura. Posteriormente, em função da expansão do parque industrial da Mooca, a bacia foi atingida por atividades comerciais e serviços gerais. Isso resultou, a ocupação de camadas da população de renda média e média alta na bacia, o que determinou um uso mais diversificado do solo; bem como uma diversificação da população, antes, sobretudo proletária (SECRETARIA DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE, 2004).

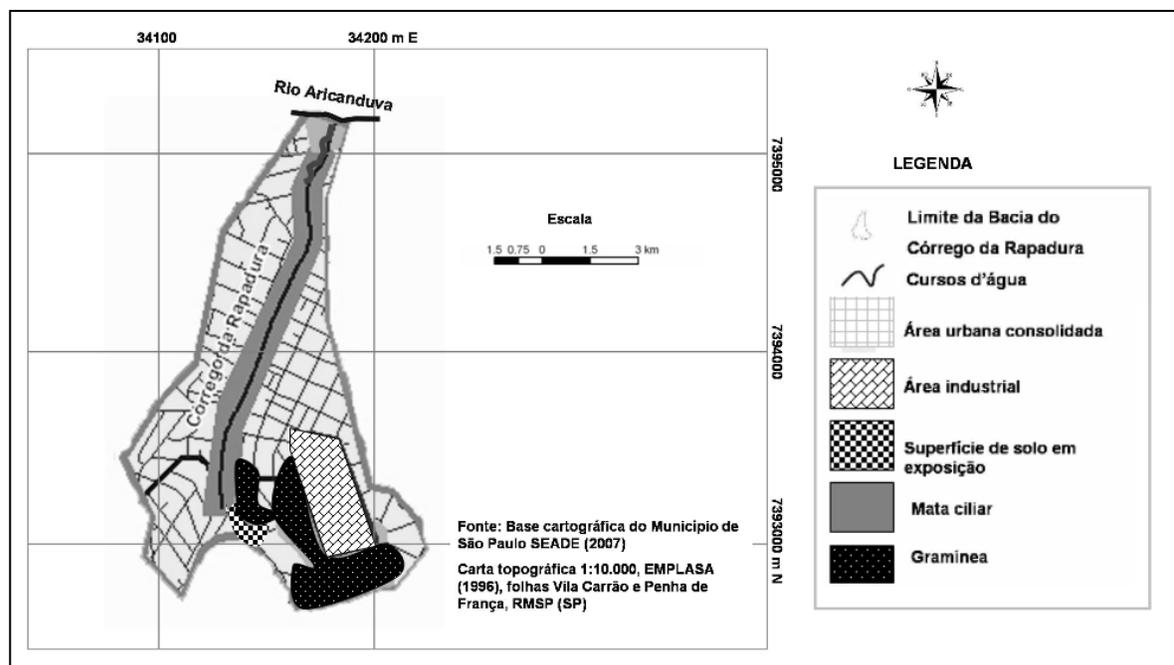


Figura 2: Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do córrego Rapadura (1972).

De acordo com a Figura 2, identifica-se a presença de mata ciliar ao longo do córrego. Este tipo de vegetação protege o solo contra erosões marginais, proporcionando o aumento da infiltração da água no solo. Isso significava, para aquele período, uma maior manutenção de equilíbrio entre a ocorrência dos processos morfodinâmicos fluviais. Destaca-se, também, apenas uma pequena área industrial e alguns pontos de superfície de solo em exposição.

Quando comparado ao Mapa de Uso e Ocupação do Solo do ano de 2001 (Figura 3), verifica-se um desmatamento considerável da mata ciliar ao longo do córrego, substituída por ocupações urbanas irregulares e sem infra-estrutura às suas margens (Figura 4). Verificou-se por meio de trabalhos de campo, que as ocupações urbanas às suas margens também variam de médio a alto padrão. Estas diferentes formas de ocupação contrastam a paisagem da bacia, pela proximidade de suas localizações e manifestam pólos de pobreza (ausência de infra-estrutura) e pólos de riqueza (presença de infra-estrutura).

Há também um pequeno aumento do perímetro de área industrial e das superfícies de solo em exposição. À montante do córrego, próximo às suas margens, uma das superfícies de solo em exposição referem-se aos campos de futebol, que se constituem em áreas de lazer. Identificou-se paralelamente, a partir de observações em campo, a presença de diversos usos comerciais.

O processo de urbanização da bacia foi intensificado com as obras de canalização e implantação de avenidas de fundo de vale no período entre as décadas de 1970 a 1990. Sua ocupação se deu por meio de loteamentos regulares de médio a alto padrão, consolidando a área urbana, submetida, portanto, à aprovação do poder público e que, no entanto, se caracterizam por elevado índice de impermeabilização do solo potencializando os processos morfodinâmicos adotados neste artigo.

Verifica-se a presença de assentamentos precários às margens do córrego, sobretudo em seu alto e médio curso, expondo essa população instalada em áreas de risco suscetíveis aos efeitos desses processos.

A partir da comparação entre os Mapas de Uso e Ocupação do solo (anos 1972 e 2001), as diferentes formas de ocupação presentes na bacia (muito adensadas, pouco adensadas, com infra - estrutura, sem infra - estrutura, entre outros), acompanhadas pela pavimentação das ruas e diminuição das áreas verdes, vêm potencializando o escoamento superficial concentrado e, portanto, diminuindo a infiltração de água no solo.

No que diz respeito ao crescimento populacional anual da bacia em 2001, segundo dados da SEMPLA (1996), a taxa equivalia a – 1,37%. Tal decréscimo, quando comparado à

taxa do ano de 1972, indica que a bacia provavelmente atingiu seu limite de expansão urbana (DAEE, 1999).

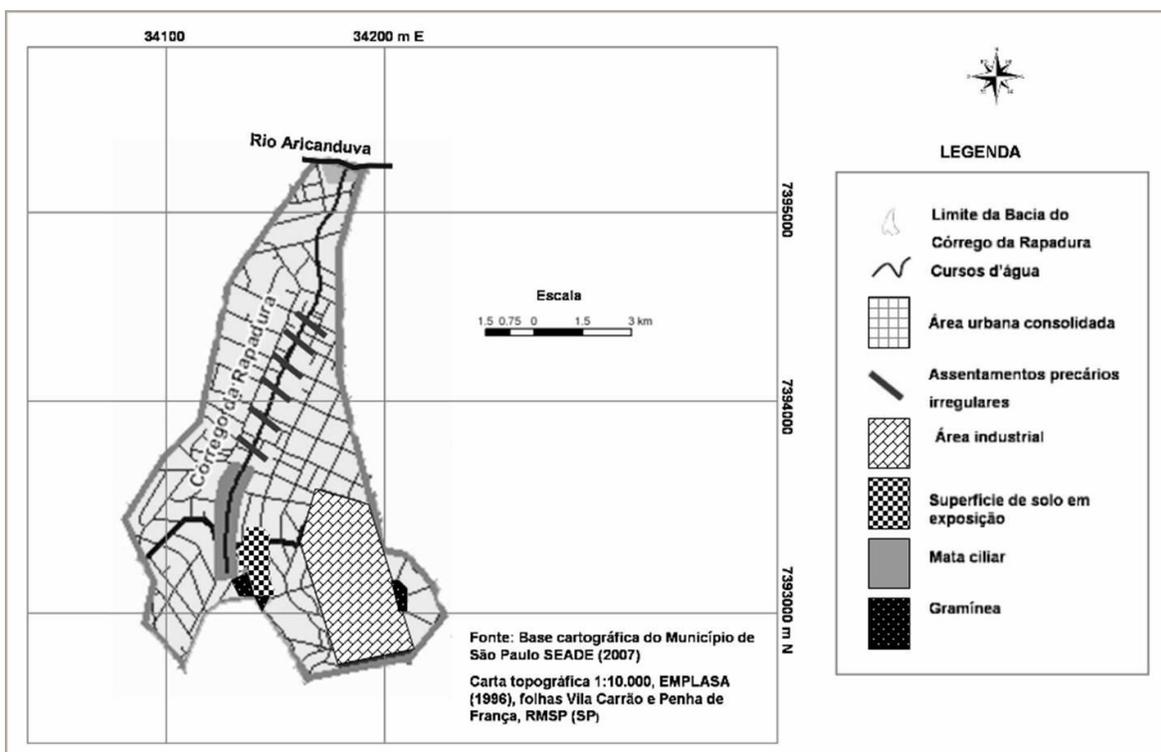


Figura 3: Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do córrego Rapadura (2001).



Figura 4: Assentamentos urbanos precários sem cobertura vegetal em área de ocorrência de inundação e processos de solapamento de margem fluvial.

3.3. PROCESSOS MORFODINÂMICOS NA BACIA

A leitura do Mapa de Pontos e Áreas de ocorrência de processos morfodinâmicos na bacia (Figura 5) permite concluir que os processos erosivos, acompanhados pelo lançamento de lixo e entulho, ocorrem com mais frequência no alto e médio curso da bacia, como, por exemplo, se verifica nas Figuras 6 e 7. Tal processo caracteriza-se por meio da energia do escoamento pelo canal fluvial em terrenos expostos por movimentos gravitacionais com a retirada da cobertura vegetal.

O solapamento das margens fluviais, processo erosivo que ocorre ao longo das planícies aluviais, foi identificado ao longo do alto e médio curso do córrego. O fator que provoca este processo é a energia de água que escoam pelo canal. Outros agravantes que propiciam o solapamento são: o aumento da concentração do escoamento superficial, sistema de drenagem precário e ausência da cobertura vegetal nas margens, substituída por ocupações irregulares, entre outros.

O processo de rastejo, movimentação de solo que ocorre de forma lenta e gradual, foi identificado a partir da presença de rachaduras no asfalto, declividades e descontinuidades dos terrenos que margeiam o córrego. O processo encontra-se em fase crítica, uma vez que, afeta a estrutura das moradias da região.

Em função da mudança na quantidade de água infiltrada e de sua circulação promovidas pelas intervenções antropogênicas na superfície do relevo (desmatamento das matas ciliares que foram substituídas por ocupações urbanas e vias de acesso), o curso d'água do córrego da Rapadura passou a receber de forma mais intensa as enxurradas, que promoveram a erosão, bem como o processo de solapamento das margens fluviais.

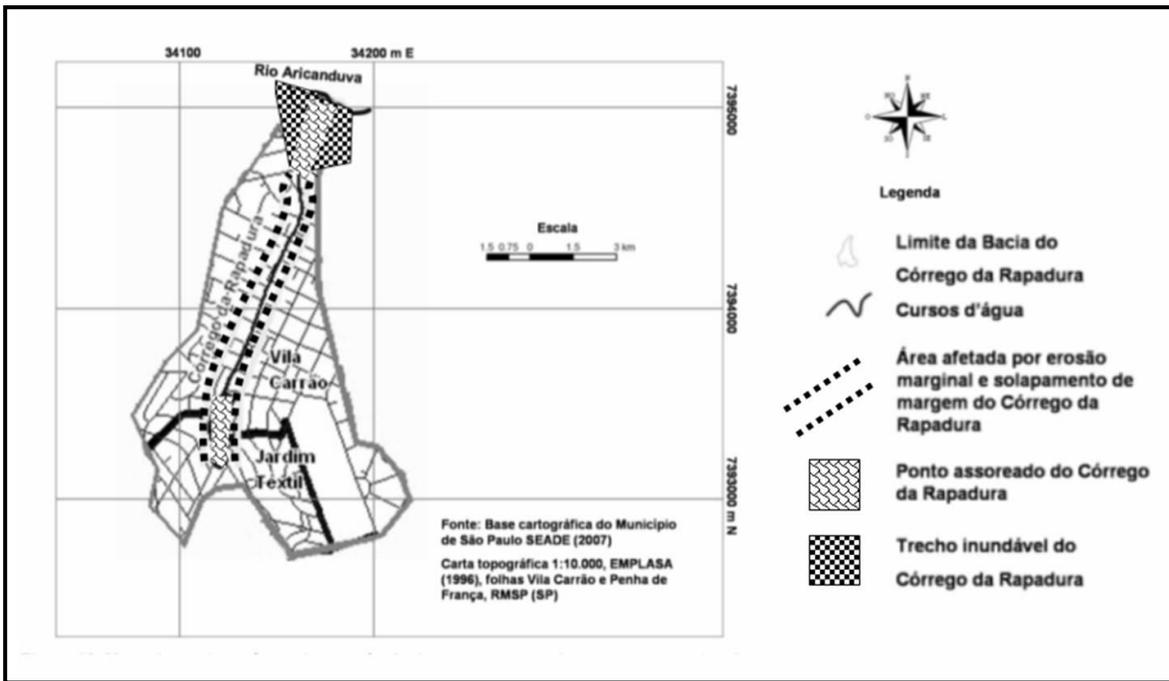


Figura 5: Mapa de pontos e áreas de ocorrência de processos erosivos, assoreamento e inundação na bacia do córrego Rapadura.



Figura 6: Processos erosivos, identificados pelas setas, na margem esquerda do Córrego da Rapadura, com presença de área urbana com infra-estrutura.



Figura 7: Processos erosivos no Córrego da Rapadura, identificados pela seta, com presença de área urbana sem infra-estrutura. Fonte: DAEE (1999).

Aliado a esses processos, o aumento da produção de sedimentos no córrego, bem como o lançamento de lixo e entulho em suas margens (Figura 8), tem provocado o assoreamento de seu curso (Figura 9). A calha do córrego vem perdendo sua profundidade ficando suscetível às inundações. Isso significa, que as causas mais evidentes deste processo decorrem da atividade antrópica causada pela falta do monitoramento das obras implantadas na bacia, isto é, a falta do cumprimento de políticas públicas no que diz respeito ao planejamento urbano. O assoreamento é resultante das áreas de produção de sedimentos

que se caracterizam por espaços desprovidos de cobertura vegetal, substituídos por superfícies de solo em exposição, áreas urbanas sem infra – estrutura, áreas urbanas com infra – estrutura e favelas.

Dentro do contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva, o córrego da Rapadura, destaca-se quanto à ocorrência de inundação, sobretudo no seu baixo curso, junto a sua foz no Rio Aricanduva. Dessa forma, toda a parte baixa, trecho à jusante do córrego e ponto de inundação tradicional do Município de São Paulo, encontra-se em cotas inferiores a 728 m, apresentando graves e freqüentes problemas de inundação.

As causas mais evidentes para esse processo nesse trecho são decorrentes da canalização do córrego, resultando pontos de singularidade que “estrangulam” o fluxo natural da água. A água não escoar com facilidade e associada aos sedimentos provenientes da erosão e pelo lançamento e acúmulo de lixo diminuem a capacidade de vazão extravasando suas águas para a planície fluvial.

A introdução de vias pavimentadas favorece o processo de formação das enxurradas, formando setores de concentração de fluxos hídricos. As águas pluviais seguem à jusante, por gravidade, em direção às partes mais baixas do córrego, aceleradas e intensificadas pela declividade do córrego e pela impermeabilização do solo.

As bocas de lobo, que geralmente se encontram apenas nas áreas mais baixas, não suportam a quantidade de água trazida na enxurrada, que somada a falta de manutenção e ao acúmulo de lixo, formam lâminas d’água excedentes e o refluxo de água, propiciando também, alagamento.



Figura 8: Lançamento de material de entulho e lixo nas margens do Córrego da Rapadura.



Figura 9: Trecho assoreado do Córrego da Rapadura.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise comparativa entre uso e ocupação do solo possibilitou a verificação de pressões antropogênicas, sobretudo no que diz respeito à consolidação da área urbana por meio das tipologias apresentadas, bem como na construção de avenidas de fundo de vale, configurando áreas de baixo padrão construtivo adensadas, sem cobertura vegetal, assim como, áreas de médio a alto padrão também às margens do córrego, favorável à atuação de processos fluviais.

Estas pressões antropogênicas ao longo do córrego refletem ocupações inadequadas às suas margens, bem como no seu entorno, configurando uma ocupação espontânea e, dessa maneira, sem entrar em concordância com planejamentos urbanos ideais que evitariam tais manifestações negativas na bacia. Nesse sentido, tais intervenções alteram o equilíbrio dinâmico da superfície e propiciam o aparecimento de ocupações em áreas de risco. Contatou-se, portanto, que grande parte das ocupações irregulares de baixo padrão sem infra-estrutura, sobretudo as favelas, encontram-se nessas áreas.

Torna-se urgente o deslocamento para melhores moradias das ocupações em áreas de risco, sobretudo as construídas sob palafitas, uma vez que, são estruturas frágeis e estão sujeitas aos danos dos processos morfodinâmicos da bacia e podem afetar a população instalada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas Pluviométrico do Estado de São Paulo** – Período 1941-1970, 1972.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Plano diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – Bacia do Rio Aricanduva**: diagnóstico geral e ações recomendadas (Relatório PDAT1 – HI – RT – 159 – Dezembro/1999 – Rev. 0).
- DOUGLAS, I. (1983). **The urban environment**. London: Edward Arnold.
- EMPLASA. **Carta Geológica da Região Metropolitana de São Paulo** – Escala 1: 100.000, 1980.
- FORMAN, R.T.T., GODRON, M. (1986). **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons.
- HART, M.G. (1986). **Geomorphology pure and applied**. London: Allen e Unwin, 228 p.
- HOOKE, J.M. (1988). **Geomorphology in environmental planning**. Hampshire: John Wiley & Sons Ltd, 274 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (2004). **Erosão Zero na Bacia do rio Aricanduva**. São Paulo, IPT, (Relatório IPT n^o 72 926-205).
- PANIZZA, M. (1987). **Geomorphological hazards assessment and the analysis of geomorphological risk**. In: GARDINER, V. (Ed). International Geomorphology 1986, part. 1.
- ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo**, escala 1:500.000. São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP. 2v. mapa. 1997
- SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO DE SÃO PAULO (SEMPLA). **Dossiê São Paulo**, 1996.
- SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE – SVMA & INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Geo cidade de São Paulo**: panorama do meio ambiente urbano. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo/ SVMA; Brasília: PNUMA, 2004. 204 p.