

Avaliação histórica de taxas de colmatagem e sua relação com a evolução da urbanização em bacias hidrográficas pareadas em Guarapiranga-SP

Juliana de Paula Silva
UEM

Cleide Rodrigues
USP

p. 172-190

revista

Geo 
USP
espaço e tempo

Volume 22 • nº 1 (2018)

ISSN 2179-0892

Como citar este artigo:

SILVA, J. P.; RODRIGUES, C. Avaliação histórica de taxas de colmatagem e sua relação com a evolução da urbanização em bacias hidrográficas pareadas em Guarapiranga-SP. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 22, n. 1, p. 172-190, mês. 2018. ISSN 2179-0892.

Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/119458>>. doi: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2018.119458>.



Este artigo está licenciado sob a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Avaliação histórica de taxas de colmatagem e sua relação com a evolução da urbanização em bacias hidrográficas pareadas em Guarapiranga-SP

Resumo

No intuito de aplicar e desenvolver novas metodologias para avaliação quantitativa do impacto da atividade antrópica na superfície terrestre, este estudo analisa a dinâmica da expansão urbana num intervalo temporal de quase cem anos e sua correlação com mudanças e efeitos morfológicos e processuais em duas bacias hidrográficas de tributários do reservatório Guarapiranga, em São Paulo-SP. Enfatizou-se o geoindicador *avanço de colmatagem* nos remansos dessas duas bacias hidrográficas, que se puderam comparar por apresentar características físicas e morfométricas similares e diferente histórico de ocupação. Tomaram-se como referencial metodológico a geomorfologia antropogênica, a sistematização dos geoindicadores, a geomorfologia urbana histórica e os recursos da cartografia geomorfológica retrospectiva de detalhe (1:5.000), considerando sete diferentes momentos, correspondentes a aerolevantamentos de 1932, 1962, 1972, 1986, 1994, 2000 e 2008. Entre os principais resultados da análise, destacam-se taxas de colmatagem 40% maiores no remanso da bacia urbanizada, além de alta correlação entre as taxas de aumento da superfície urbanizada e as taxas de aumento de área colmatada nos remansos. Assim, o estudo mostra a relação entre fases e padrões construtivos dos processos de urbanização e produção de sedimentos em bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Geomorfologia antropogênica. Cartografia geomorfológica evolutiva. Urbanização de São Paulo. Bacias hidrográficas urbanas. Represa Guarapiranga.

Historical evaluation of clogging rates and their relation with the evolution of urbanization in paired river basins in Guarapiranga-SP

Abstract

In order to apply and develop new methodologies for quantitative assessment of the impacts of human activity on Earth's surface, this study analyzes the dynamics of urban expansion in a time interval of almost a hundred years and its

correlation with hydromorphological processes effects in two paired drainage basins, both are tributaries of Guarapiranga dam in São Paulo, SP. The emphasis was given on geoindicador 'sedimentation' in the backwaters of these two drainage basins, which could be compared since they have similar physical and morphometric characteristics and different urbanization rates. The anthropogenic geomorphology, the systematization of geoindicadores, the historical urban geomorphology, and resources of detailed retrospective geomorphological mapping (1:5.000) were used as a methodological reference, considering seven different dates corresponding to the aerial photographs of 1932 1962, 1972, 1986, 1994, 2000 and 2008. Among the main results of the comparative analysis, sedimentation rates 40% higher in the backwater of the urbanized basin were observed, as well as high correlation between the growth rates of the urban surface and the growth area of sedimentation over the backwaters. The results reinforced the link between phases and constructive patterns of urbanization processes and sediment yield.

Keywords: Anthropogenic geomorphology. Evolutionary geomorphological mapping. Urbanization of São Paulo. Urban drainage basin. Guarapiranga dam.

Introdução

Os estudos do impacto antrópico no meio físico passaram a ser difundidos principalmente a partir dos anos 1960, quando surge a preocupação com a finitude dos recursos naturais e com possíveis alterações nos ciclos naturais globais provocadas pelo avanço de técnicas mais transgressoras ao meio ambiente (Rodrigues, 1997; Luz, 2015). Dada a complexidade e importância do tema, inúmeros pesquisadores têm se dedicado, desde então, a desenvolver e sistematizar parâmetros metodológicos e técnicos para pesquisas dessa natureza.

Nesse sentido, a geografia oferece diversas possibilidades na busca de novos parâmetros para o reconhecimento da relação entre sociedade e natureza. Grande parte desse esforço também vem sendo desenvolvido pela geografia física aplicada, que visa estudar os componentes da natureza de forma integrada, podendo com isso contribuir em várias escalas do planejamento territorial e ambiental.

Concomitantemente a este novo enfoque de pesquisa, que se desenha mais claramente a partir da década de 1970, ocorre um dos processos de expansão urbana dos mais complexos e acelerados do mundo, que é o da metrópole de São Paulo. Esse processo de expansão, que envolve apropriações e usos específicos, tem sido considerado por pesquisadores de várias áreas do conhecimento sob diversos enfoques, pois imprimiu mudanças profundas e rápidas na paisagem que implicaram a mudança de qualidade dos ambientes socialmente produzidos.

Nessa perspectiva, Nir (1983) aponta mudanças geomorfológicas importantes geradas por atividades como o desmatamento, pastoreio, agricultura, mineração, intervenções lineares decorrentes de obras para transporte (ferrovias, rodovias, pontes etc.), intervenções no sistema hidrológico tais como retificações, represamentos e diques, mudanças na linha da costa e processos decorrentes da urbanização. Entre outros autores, de proposições mais dispersas em estudos de caso, Douglas (1983b) sistematiza para cidades britânicas enfoque e parâmetros necessários a leituras geomorfológicas e geológicas de processos físicos e mesmo ecológicos envolvidos na produção de paisagens urbanas. Rodrigues (2010), Gouveia (2010) e Luz e Rodrigues (2015), entre outros, vêm propondo, aplicando e consolidando determinados procedimentos adequados a essas leituras e avaliações no que diz respeito à metrópole de São Paulo.

Nesta pesquisa procurou-se empregar parte das orientações metodológicas que inserem o componente antrópico como agente modificador de processos geomorfológicos em uma área representativa da expansão urbana e seus problemas na cidade de São Paulo, SP. A principal modalidade de intervenção abordada foi a urbanização, por meio do estudo da expansão urbana e de mudanças morfológicas nos remansos de duas bacias hidrográficas.

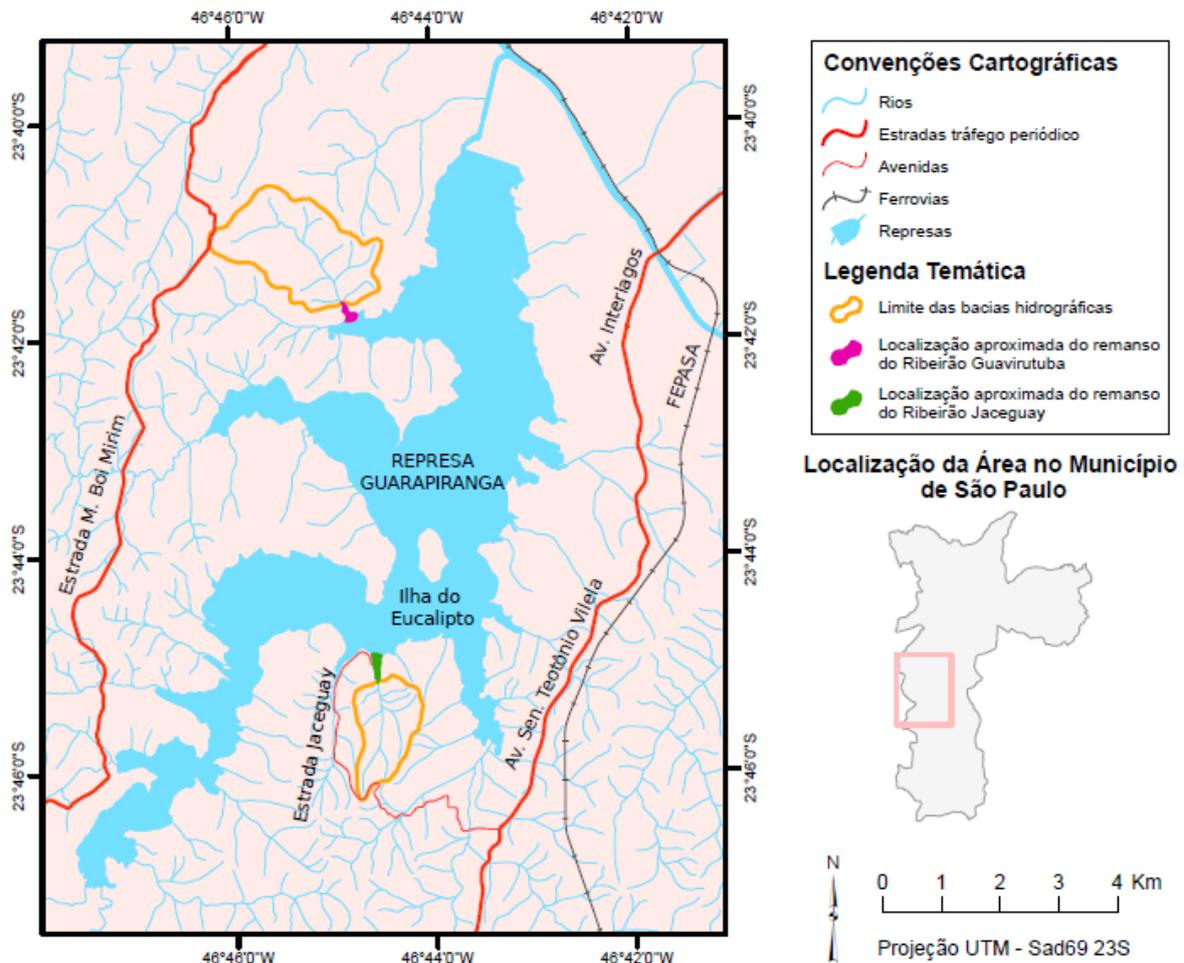
As bacias estudadas têm características físicas e dimensões similares (pareadas), mas diferentes evoluções do uso da terra. Por serem sistemas abertos circunscritos espacialmente e ter como exutório o reservatório de Guarapiranga, na interface entre as dinâmicas fluvial e lacustre, possibilitam avaliar de forma precisa as mudanças geomorfológicas (formas, processos e materiais) geradas por ações antrópicas por meio da geração de materiais e das novas formas desses remansos. Além disso, bacias hidrográficas de menor ordem apresentam respostas rápidas a mudanças de uso da terra, sendo, portanto, uma escolha adequada aos objetivos do estudo.

A escolha dessas bacias hidrográficas e de seus remansos apoia-se na teoria sistêmica, considerando tratar-se de sistemas e subsistemas abertos que envolvem troca de energia e matéria com outros sistemas, aí incluídos os processos de intemperismo, erosão, transporte e sedimentação, circunscritos a cada um de seus limites. A delimitação cartográfica dos sistemas geomorfológicos considerados facilita a mensuração, especialmente na saída do sistema, os remansos, onde são depositados sedimentos de fases lacustres, fluviais e flúvio-lacustres (Chorley, 1971; Monteiro, 2001).

Considerou-se também que os principais elementos estruturadores do sistema bacia hidrográfica fossem similares e que se pudessem avaliar e comparar a interferência antrópica com os recursos oferecidos pela cartografia geomorfológica retrospectiva.

As bacias hidrográficas dos ribeirões Guavirutuba e Jaceguay foram selecionadas a partir de critérios morfométricos e geológicos (Figura 1). São ambas de terceira ordem (Strahler, 1957), com áreas de 3,7 km² (ribeirão Guavirutuba) e 1,83 km² (ribeirão Jaceguay). A primeira encontra-se hoje em fase de urbanização consolidada e é constituída sobretudo por construções de baixo padrão, enquanto a segunda apresenta predominantemente mata semipreservada, uso agrícola e uso recreativo.

Figura 1 – Localização da área de estudo



fonte: IBGE, Cartas Topográficas Escala 1:50.000. Folhas São Paulo, Osasco, Riacho Grande e Embu-Guaçu. Rio de Janeiro, 1975 e 1995.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o dimensionamento dos efeitos da urbanização no meio tropical úmido, compreendida como uma modalidade de intervenção capaz de imprimir mudança nas taxas dos processos morfodinâmicos em sistemas geomorfológicos, tais como bacias hidrográficas, canais fluviais, planícies de inundação e reservatórios. Para tanto, procurou-se privilegiar o reconhecimento da evolução geomorfológica na interface flúvio-lacustre (bacia hidrográfica x reservatório) de duas bacias hidrográficas pareadas que apresentam características físicas semelhantes e um histórico de ocupação diferenciado. Buscou-se com esse objetivo aplicar e validar metodologias, procedimentos e parâmetros adotados em estudos voltados à geomorfologia antropogênica.

Metodologia

A pesquisa orienta-se pela geomorfologia antropogênica ou antropogeomorfologia (Nir, 1983; Toy; Hadley, 1987; Rodrigues, 1997; Goudie, 2000); a sistematização dos geoindicadores, conforme Berger e Iams (1996), Rodrigues e Coltrinari (1991) e Gupta (1999); a abordagem da geomorfologia urbana, conforme proposição de Douglas (1983a), Douglas e Lawson (2001) e Rodrigues (2005, 2010); e a abordagem histórica em geomorfologia, conforme proposição de autores como Trimble (1999), Trimble e Crosson (2000), Gurnell, Peiry e Petts (2003), Rodrigues (2004, 2005, 2010), Silva (2005) e Luz e Rodrigues (2015).

A análise comparativa das bacias hidrográficas pareadas foi desenvolvida por meio da correlação de dados espaciais obtidos pela técnica da cartografia geomorfológica retrospectiva (Lima, 1990; Rodrigues, 2004) ao longo de intervalo temporal de 76 anos (considerando os anos de 1932, 1962, 1972, 1986, 1994, 2000 e 2008), buscando-se indicadores morfológicos das bacias e dos sistemas de remansos, tais como posição relativa de canais, formas lacustres e flúvio-lacustres (Rodrigues; Coltrinari, 2004), e por indicadores dos materiais superficiais, por meio da interpretação das fotografias aéreas e trabalhos de campo (nas bacias e nos sistemas remansos). A partir dessas correlações, foi possível avaliar taxas de processos sedimentares e erosivos.

A bacia pouco perturbada serviu como referência para a análise das mudanças encontradas na urbanizada. Assim, os levantamentos/mapeamentos foram realizados sistematicamente em ambas, para que os efeitos decorrentes da urbanização não fossem supervalorizados em relação aos decorrentes da dinâmica natural.

Na legenda elaborada para mapear a evolução do assoreamento nos dois remansos, foram identificados níveis de colmatagem, processo definido como “trabalho de atulhamento ou de enchimento realizado pelos agentes naturais ou pelo homem em zonas deprimidas” (Guerra, 1978, p. 98). O processo de colmatagem considerado neste estudo ocorre na área de interface entre as dinâmicas fluvial e lacustre, avançando para o lago nas áreas próximas aos remansos. Por estar numa zona de transição, essa região tem morfogêneses distintas, influenciadas pela dinâmica fluvial, pela dinâmica de lago e pelas variações do nível de água da represa, exigindo critérios de identificação bastante claros (como os que se adotaram na análise final).

Foram incorporadas à análise correlações entre as variáveis uso da terra/ações antrópicas nas bacias hidrográficas e os índices de colmatagem nos remansos. Para não haver distorções nessa interpretação, foram considerados também os dados de operação da represa em todos os anos estudados, selecionando-se cotas comparáveis.

Os parâmetros adotados na análise comparativa foram correlacionados à lista original dos geoindicadores, conforme proposição de Coltrinari e McCall (1995), Gupta (1999) e Rodrigues (2010) (Quadro 1).

Quadro 1 – Contribuições do estudo para a lista de geoindicadores

lista original dos geoindicadores	contribuições do estudo
morfologia dos canais fluviais	apreciação direta: mapeamento das mudanças da morfologia na interface flúvio-lacustre (remansos) e mudanças nos canais fluviais
vazão e carga sólida dos rios	apreciação indireta: morfologia dos remansos
aluvionamento	apreciação direta e indireta: mudanças morfológicas (cartografia evolutiva)
volume e área dos depósitos tecogênicos	apreciação direta e indireta: estimativa de profundidade e mudanças morfológicas nos remansos
mudanças qualitativas e quantitativas na cobertura vegetal/uso da terra	apreciação direta e ampliada: análise de dados do uso da terra nos anos selecionados

fonte: Coltrinari e McCall (1995), Gupta (1999) e Rodrigues (2010).

Os mapas foram elaborados por meio de restituições dos conteúdos da cartografia geomorfológica evolutiva (obtidos por meio de fotointerpretação) para uma única base topográfica de referência, em escala 1:5.000. Esse procedimento possibilitou gerar produtos cartográficos com alto grau de precisão.

Nos mapas finais, os conteúdos morfológicos restituídos foram sobrepostos às fotografias aéreas, possibilitando uma leitura mais clara destas informações, uma vez que a fonte de dados fica explícita ao leitor.

As categorias selecionadas na legenda temática para os mapas evolutivos da morfologia dos remansos foram:

- Colmatagem completa: áreas que eram anteriormente lagos e encontram-se totalmente assoreadas, com dinâmica variável entre o setor de baixa vertente ou planície de inundação. A presença de vegetação facilita a identificação dessas áreas em relação à categoria seguinte (Figura 2).
- Segundo nível de colmatagem: áreas que estão na interface flúvio-lacustre, ora funcionando como planícies de inundação, ora sendo inundadas pela represa. Essa dinâmica intermitente não possibilita a presença de vegetação.
- Primeiro nível de colmatagem: áreas permanentemente inundadas pela represa com avanço de plumas de sedimentação.
- Base de vertente: áreas desprovidas de vegetação que, no entanto, não podem ser confundidas com o segundo nível de colmatagem, pois são vertentes declivosas onde devem predominar processos erosivos típicos desse sistema. Essas áreas aparecem apenas nas fotografias obtidas quando o nível de água da represa estava relativamente mais baixo.

Figura 2 – Área de colmatagem completa no remanso do ribeirão Guavirutuba



Outro dado interpretado foi a mudança na localização dos canais fluviais. Para tal fim, manteve-se como referência a representação da hidrografia da base cartográfica (canais e contorno da represa), plotada nos mapas com traço contínuo. As informações foram obtidas pela restituição das fotografias aéreas sendo representadas por linhas pontilhadas, permitindo a identificação das mudanças morfológicas.

A evolução do uso da terra em cada bacia hidrográfica foi realizada para todos os anos considerados por meio do procedimento de fotointerpretação. Esses dados são apresentados em gráficos evolutivos (Figura 5).

Foram realizados trabalhos de campo em várias datas para averiguação das informações levantadas pela fotointerpretação e caracterização parcial dos sedimentos depositados nos remansos.

Para fins de comparação com outras pesquisas relativas ao tema, estimaram-se os volumes colmatados (colmatagem completa + segundo nível de colmatagem) nos remansos das duas bacias para períodos de maior perturbação na Bacia do Ribeirão Guavirutuba (1962 a 1986). Os trabalhos de campo e os dados de sondagem encontrados em relatórios técnicos (IPT, 1998; IPT, 2000) auxiliaram na estimativa da profundidade mínima de um metro. Apesar de presumir-se que os volumes tenham sido subestimados, não houve possibilidade de realização de novas sondagens ou de levantamentos batimétricos para uma maior acurácia dos na estimativa dos volumes.

Resultados e discussão

Os resultados são discutidos a partir de figuras e tabelas elaboradas para dar a ver relação entre as taxas de urbanização e os níveis de colmatagem dos remansos selecionados nos anos considerados para a cartografia retrospectiva.

As Tabelas 1 e 2 indicam os anos de obtenção das fotografias aéreas, a evolução das taxas de urbanização e de colmatagem, medidas por fotointerpretação com valores percentuais em relação à área de cada bacia, para possibilitar a comparação entre bacias hidrográficas com áreas diferentes (Guavirutuba: 3,7 km² e Jaceguay: 1,83 km²). Fornecem também o nível de água da represa Guarapiranga na data das fotografias aéreas.

As fotografias de 1932 foram obtidas na Fundação Patrimônio Histórico da Energia de São Paulo (FPHESP). As fotografias de 1952, 1962, 1972, 1986 e 1994 e as ortofotos de 2008 pertencem ao acervo do Arquivo de Fotografias Aéreas (AFA) do Departamento de Geografia FFLCH-USP. As fotografias de 2000 foram obtidas na prefeitura do município de São Paulo (departamento Resolo). Os dados de operação da represa Guarapiranga foram fornecidos pela Empresa Metropolitana de Águas e Energia SA (Emae).

Com os dados das Tabelas 1 e 2, foram elaboradas as Figuras 3 e 4 para melhor visualização e interpretação da evolução do processo de colmatagem.

Tabela 1 – Evolução da colmatagem X taxas de urbanização (TU) na Bacia do Ribeirão Guavirutuba

ano	colmatagem completa + 2º nível de colmatagem (%)	TU – baixa densidade (%)	TU – média densidade (%)	TU – alta densidade (%)	TU – total (%)	nível de água (NA) da represa Guarapiranga
1932	0,39	–	–	–	–	734,13
1962	0,63	12,9	–	–	12,9	735,8
1972	1,47	8,9	54,6	–	63,5	733,96
1986	3,07	7,1	3,6	59,4	70,1	734,01
1994	2,2	4,8	8,8	73,4	87,0	735,38 – 734,98
2000	3,06	5,1	8,7	73,5	87,3	733,24
2008	2,34	5,21	8,94	76,67	90,8	733,13 – 732,96

fonte: FPHESP; AFA; Resolo; Emae.

Figura 3 – Evolução dos níveis de colmatagem no remanso do ribeirão Guavirutuba

Gráfico 1: Evolução dos níveis de colmatagem no remanso do Ribeirão Guavirutuba

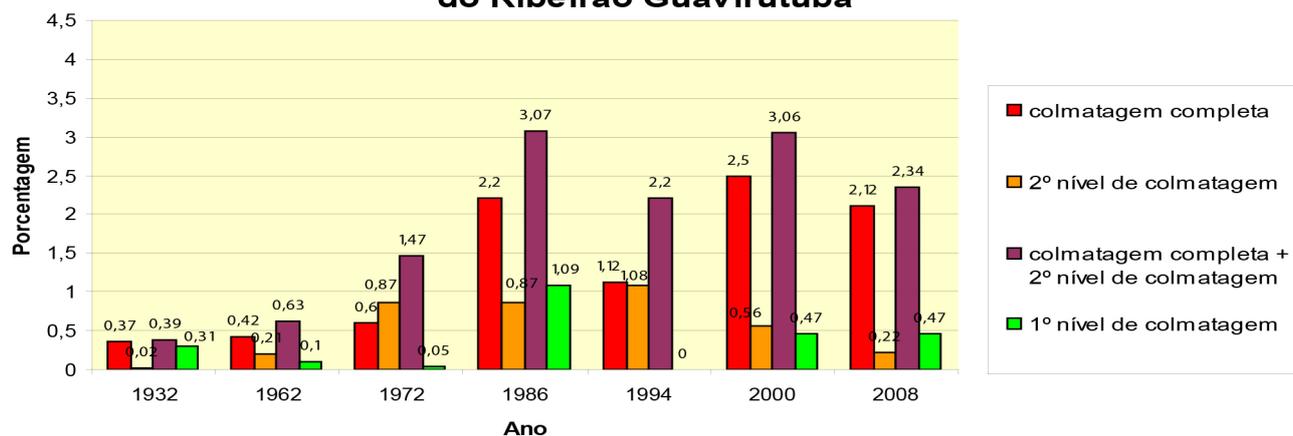
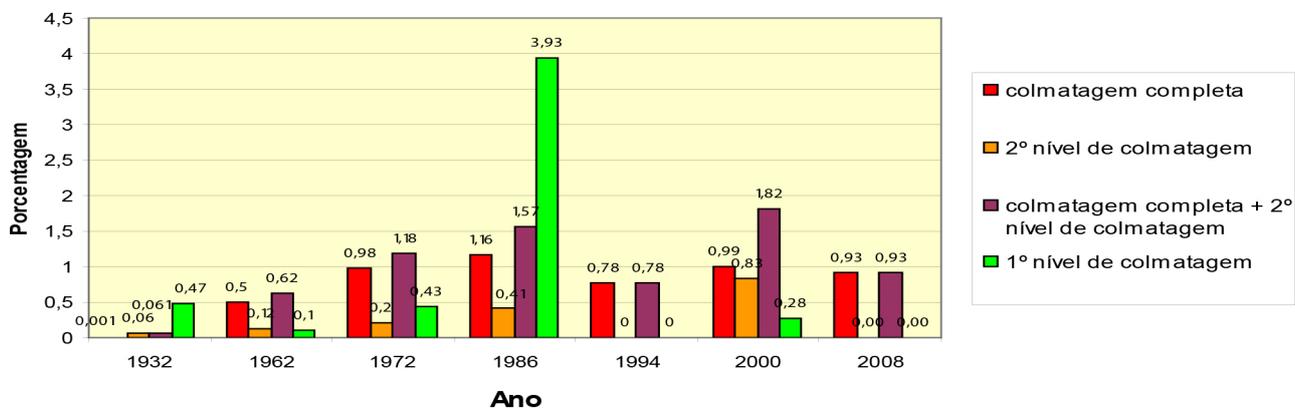


Tabela 2 – Evolução da colmatagem X taxas de urbanização (TU) na Bacia do Ribeirão Jaceguay

ano	colmatagem completa + 2º nível de colmatagem (%)	TU baixa densidade (%)	TU média densidade (%)	TU alta densidade (%)	TU total (%)	nível de água (NA) da represa Guarapiranga
1932	0,061	–	–	–	–	734,13
1962	0,62	–	–	–	–	735,8
1972	1,18	–	–	–	–	733,96
1986	1,57	11,3	–	–	11,3	734,01
1994	0,78	7,9	–	–	7,9	735,38 – 734,98
2000	1,82	6,8	–	–	6,8	733,24
2008	0,93	9,0	–	–	9,0	733,13 – 732,96

Figura 4 – Evolução dos níveis de colmatagem no remanso do ribeirão Jaceguay

Gráfico 2: Evolução dos níveis de colmatagem no Remanso do Ribeirão Jaceguay

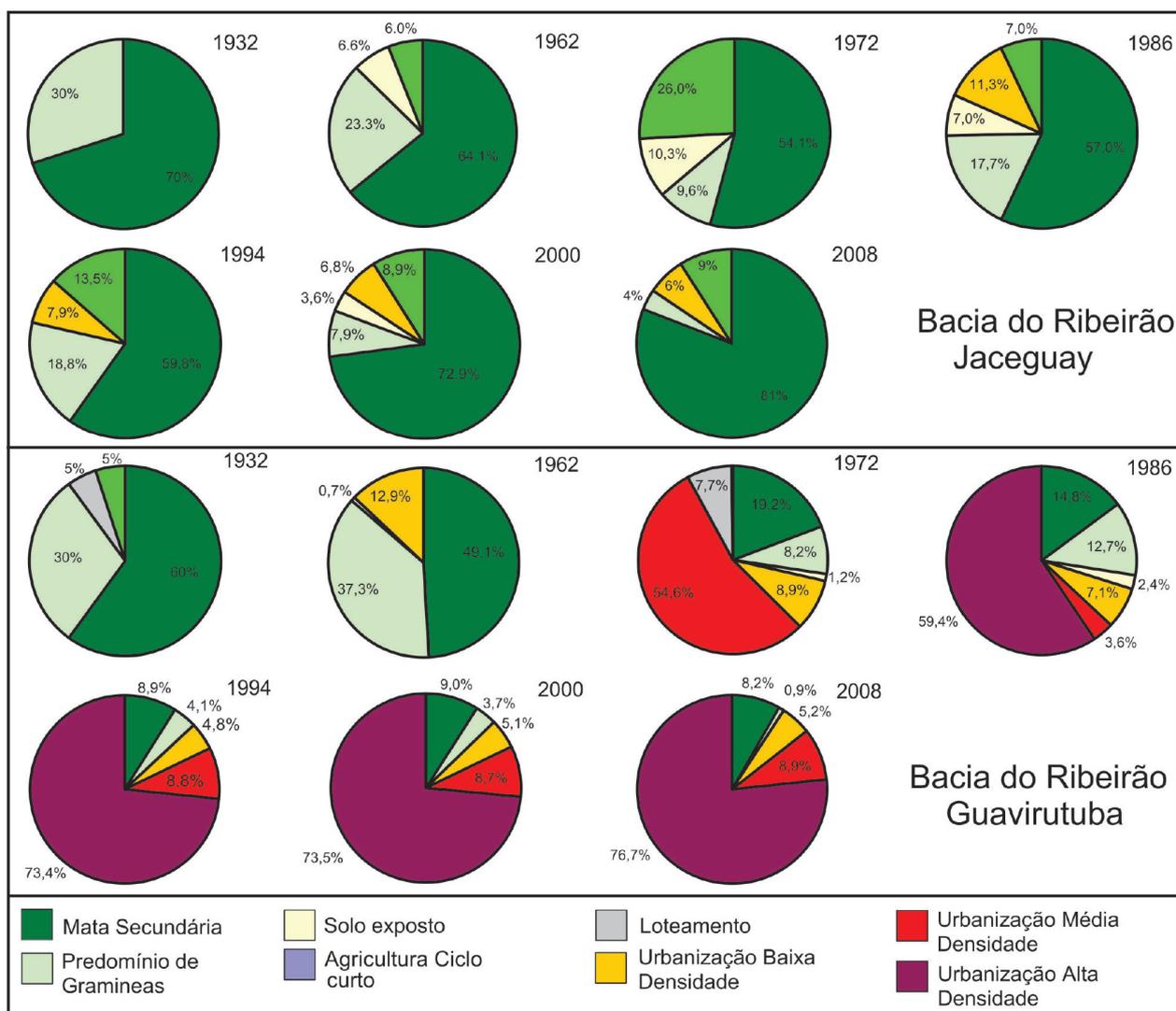


O Quadro 2 detalha as categorias identificadas no levantamento de uso da terra das bacias hidrográficas selecionadas e na Figura 5 podemos observar a evolução desses usos em cada uma delas.

Quadro 2 – Categorias de análise dos gráficos de uso da terra

tipo de área	legenda	uso	observações complementares
não urbanizada		mata secundária	vegetação de porte arbóreo
		predomínio de gramíneas	vegetação de porte herbáceo
		agricultura ciclo curto	cultivo de espécies agrícolas de ciclo curto
		solo exposto	áreas sem nenhum tipo de cobertura vegetal
modificada em função de urbanização		loteamento	áreas com predominância de mata ou gramínea com arruamento
		urbanização de baixa densidade	até 40% de áreas impermeabilizadas em relação a áreas vegetadas
		urbanização de média densidade	40 a 70% de áreas impermeabilizadas em relação a áreas vegetadas
		urbanização de alta densidade	mais de 70% de áreas impermeabilizadas em relação às áreas vegetadas

Figura 5 – Evolução do uso da terra nas bacia hidrográficas



No remanso do ribeirão Guavirutuba observa-se um aumento expressivo da taxa de colmatagem (colmatagem completa + segundo nível de colmatagem) entre os anos de 1962 (0,63%) e 1972 (1,47%), entretanto foi no período seguinte – de 1972 (1,47%) a 1986 (3,07%) – que as maiores taxas foram encontradas. Decidiu-se agregar estes dois níveis de colmatagem, posto que foram os mais importantes para representar a dinâmica erosão x deposição nos remansos. O primeiro nível de colmatagem (plumas) não pode ser considerado um bom indicador, pois tem uma alta mobilidade, relacionada sobretudo a eventos de precipitação intensa, incompatível com os registros e intervalos temporais considerados.

Nos anos seguintes, as taxas de colmatagem apresentaram tendência a estabilidade e diminuição (2,2% em 1994; 3,06% em 2000; e 2,34% em 2008), o que se explica pela diminuição das construções de baixo padrão, quando também diminuiu o aporte correspondente de sedimentos. Os materiais sedimentados anteriormente foram sendo retrabalhados e levados para níveis mais profundos da represa, sendo que a taxa de materiais transportados para o remanso foi gradativamente diminuindo, concomitantemente com o esgotamento das áreas desmatadas e em construção.

Explica-se o índice de colmatagem mais baixo de 1994 do que o de anos posteriores pela diferença do nível de água da represa, que estava mais alto na data da fotografia aérea, deixando, portanto, áreas mapeadas como colmatadas em outros períodos submersas nessa data, quando a represa estava mais cheia.

O fato relevante se relaciona justamente com a dinâmica de urbanização. Apesar do aumento da urbanização de alta densidade entre os anos de 1986 e 2000 ser de 14,1%, o maior salto deu-se no período anterior, entre 1972 e 1986 (59,4%), no qual ocorreram as maiores taxas de erosão decorrentes do desmatamento seguido de cortes para arruamentos e construções.

Os resultados na Bacia do Ribeirão Guavirutuba corroboram os encontrados na bibliografia consultada (Lima, 1990; Campagnoli, 2002), que indicam as maiores taxas de colmatagem nos anos em que houve perturbações ativas na morfologia original, decorrentes de desmatamentos seguidos de cortes e aterros para instalação de arruamentos e construção nos lotes.

Esse fato confirma a constatação de Oliveira (1994) de que as áreas de remansos são muito instáveis e sensíveis às mudanças nas bacias de montante. Tal instabilidade também está ligada à variação do nível de água da represa e aos processos de erosão/sedimentação que respondem à dinâmica de uso da terra de toda a área da bacia hidrográfica contribuinte.

Na Bacia do Ribeirão Jaceguay, as maiores taxas de colmatagem correspondem aos anos em que predominava a atividade agrícola como uso da terra – de 1962 (0,62%) a 1986 (1,57%) –, caracterizado sobretudo por culturas de ciclo curto, cujas práticas, em geral, permitem que o solo fique exposto durante determinadas épocas do ano. Em 1994 e 2008 (respectivamente 0,7% e 0,93%), essas taxas diminuem em decorrência de uma recuperação da mata secundária em grande parte da bacia hidrográfica, com exceção do ano de 2000, quando os níveis mais altos de colmatagem (1,82%) podem ser explicados pelo nível de água mais baixo em relação a 1986.

Essa recuperação da mata secundária é uma tendência observada especialmente em grandes áreas do leste do Brasil, em razão da substituição do uso do carvão por outras fontes energéticas, e da diminuição da atividade agrícola e pecuária nas áreas peri-urbanas. Essas atividades migraram nas últimas décadas para regiões mais interiores do Brasil (Ross, 2006).

As Figuras 6 e 7 mostram comparações entre os usos mais impactantes de cada bacia (três níveis de urbanização na Bacia do Ribeirão Guavirutuba e agricultura/solo exposto/urbanização baixa densidade na do ribeirão Jaceguay) e a evolução da colmatagem completa e segundo nível de colmatagem dos remansos.

Figura 6 – Evolução da colmatagem (completa + 2º nível) x evolução dos padrões de urbanização da Bacia do Ribeirão Guavirutuba

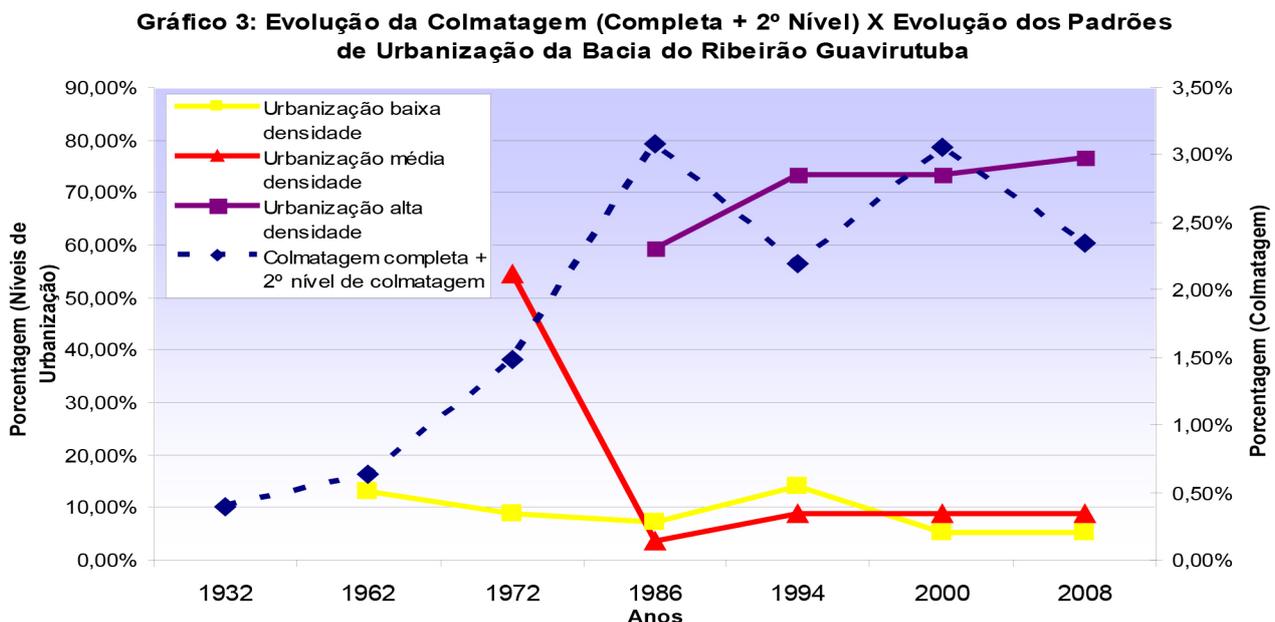
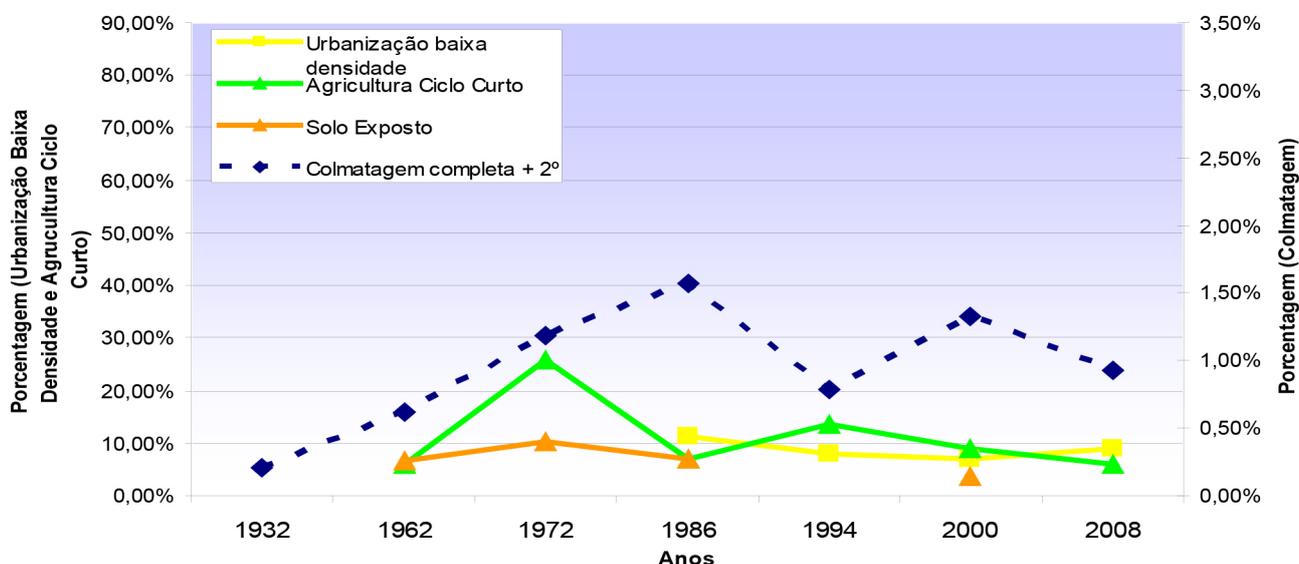


Figura 7 – Evolução da colmatagem (completa + 2º nível) x evolução dos padrões de urbanização da Bacia do Ribeirão Jaceguay

Gráfico 4: Evolução da Colmatagem (Completa + 2º Nível) X Evolução do Uso Urbano e Agrícola da Bacia do Ribeirão Jaceguay



Apesar das mudanças encontradas na Bacia do Ribeirão Jaceguay, especialmente em 1972, decorrentes de uso agrícola/solo exposto, quando se observam taxas de erosão próximas à da Bacia do Ribeirão Guavirutuba, a taxa final de colmatagem completa + segundo nível de colmatagem encontrada nos anos de 1986, 1994, 2000 e 2008 foi muito maior no remanso do ribeirão Guavirutuba (respectivamente 3,07%; 2,2%; 3,06% e 2,34%) do que no remanso do ribeirão Jaceguay (respectivamente 1,57%; 0,78%; 1,82% e 0,93%) devido à conversão da primeira numa bacia essencialmente urbana (com predomínio de construções de baixo padrão e alta densidade) e da regeneração de grande parte da área de mata secundária da segunda.

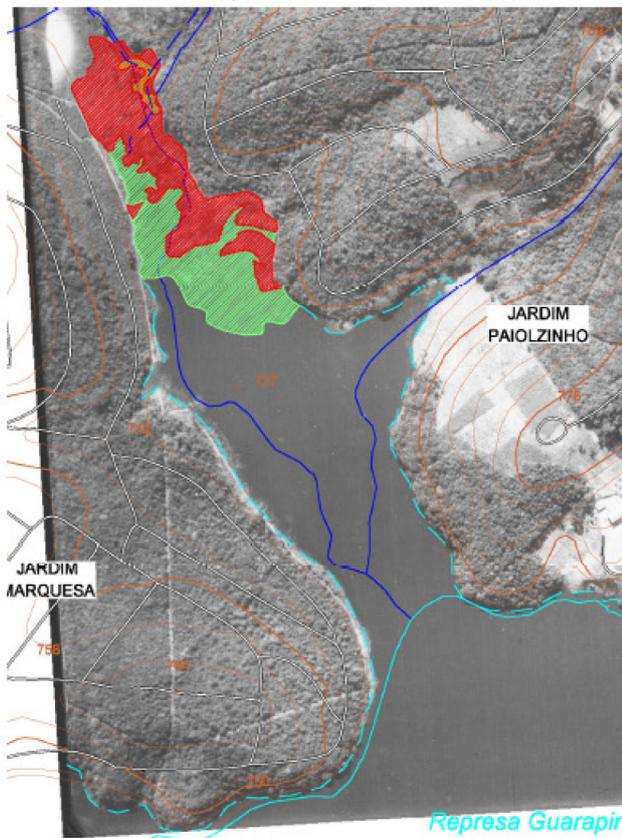
As Figuras 8 e 9 trazem exemplos dos mapas produzidos para todos os anos e remansos selecionados (1932, 1962, 1972, 1986, 1994, 2000 e 2008). Na Figura 8, observa-se o remanso do ribeirão Guavirutuba em dois períodos (1932 e 2000), com níveis de água da represa semelhantes na data da obtenção das fotografias aéreas (menos de um metro de diferença).

Comparada à evolução do remanso do ribeirão Jaceguay (nas mesmas datas), cuja bacia apresenta baixo nível de perturbação, verifica-se aproximadamente o dobro de área colmatada (Figuras 6 e 7).

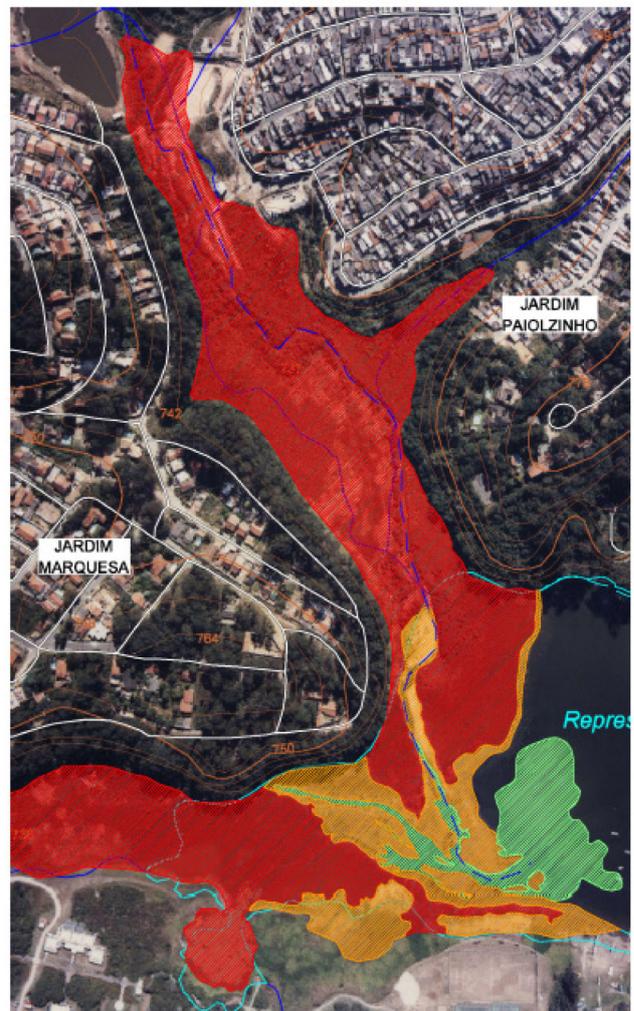
Devido à significativa instabilidade das áreas de remanso, percebem-se mudanças na posição dos canais em quase todos os anos mapeados. Essas mudanças podem decorrer de ações antrópicas diretas, como a retificação de parte dos canais da Bacia do Ribeirão Guavirutuba, ou indiretas, pela deposição de material tecnogênico, facilmente remobilizável nesse ambiente dinâmico, uma vez que o rio está permanentemente buscando ajustes decorrentes das mudanças nas bacias hidrográficas.

Figura 8 – Exemplo de mapas em escala 1:5.000 – remanso do ribeirão Guavirutuba

Remanso do Ribeirão Guavirutuba
1932 – N.A. 734,13m



Remanso do Ribeirão Guavirutuba
2000 – N.A. 733,24m



Legenda

Convenções Cartográficas

	Rio (base cartográfica)
	Rio (base aerofotogramétrica)
	Represa (base cartográfica)
	Represa (base aerofotogramétrica)
	Curva de nível
	Ponto cotado
	Arruamento
	Estrada

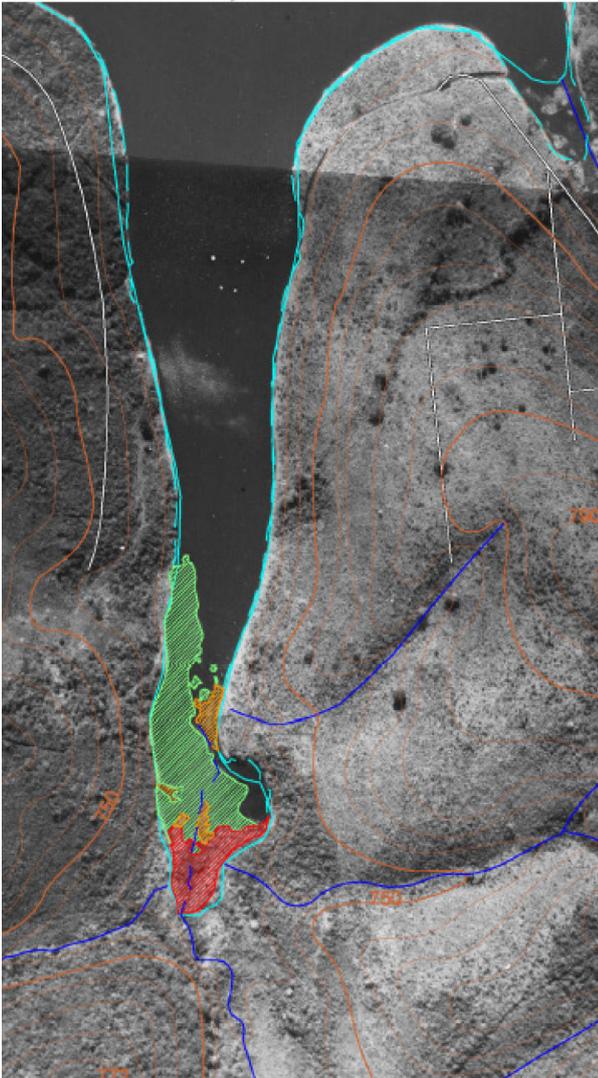
Evidências de processos

Unidade morfológica	Dinâmica	Níveis de colmatagem
Planície fluvial	Fluvial	Colmatagem completa
Planície flúvio-lacustre	Flúvio-lacustre	2º nível de colmatagem
Lago	Dinâmica lacustre com avanço de plumas de sedimentação	1º nível de colmatagem
Base de vertente	Vertente-lacustre	sem ocorrência

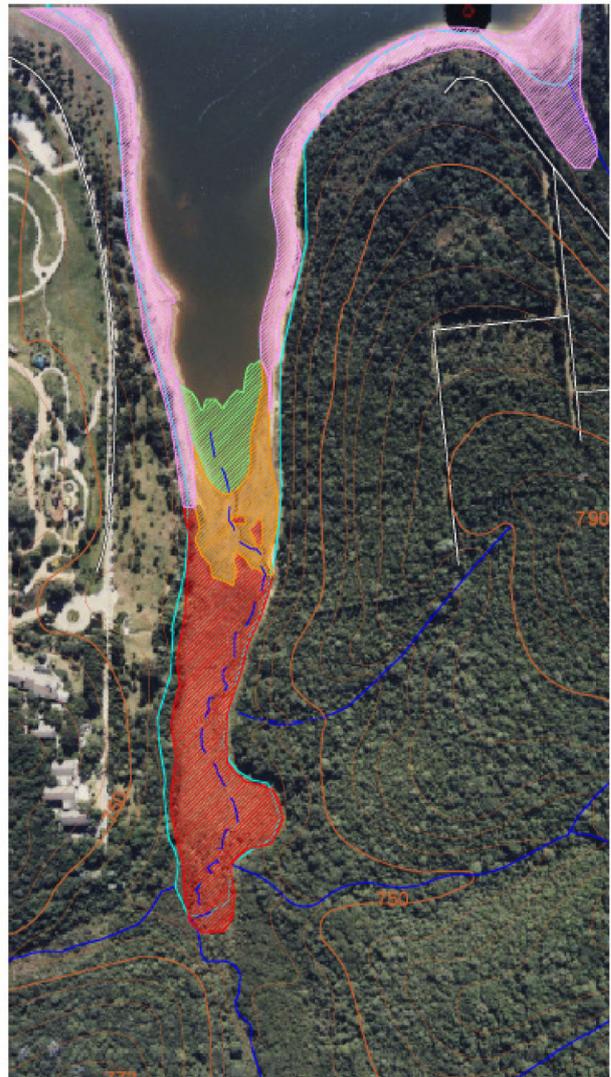
fonte: Emplasa, levantamento aerofotogramétrico da Região Metropolitana de São Paulo. Escala: 1:10.000. Folhas: 3333 e 2344. São Paulo, 1981; BASE SA, escala 1:6.000. Faixa 12. Fotografia n. 57. São Paulo, 2000; Emae, Dados de Operação da Represa Guarapiranga. São Paulo.

Figura 9 – Exemplos de mapas em escala 1:5.000 – remanso do ribeirão Jaceguay

Remanso do Ribeirão Jaceguay
1932 – N.A. 734,13m



Remanso do Ribeirão Jaceguay
2000 – N.A. 733,24m



Legenda

Convenções Cartográficas

 Rio (base cartográfica)	 Curva de nível
 Rio (base aerofotogramétrica)	 Ponto cotado
 Represa (base cartográfica)	 Arruamento
 Represa (base aerofotogramétrica)	 Estrada

Evidências de processos

Unidade morfológica	Dinâmica	Níveis de colmatagem
Planície fluvial	Fluvial	 Colmatagem completa
Planície flúvio-lacustre	Flúvio-lacustre	 2º nível de colmatagem
Lago	Dinâmica lacustre com avanço de plumas de sedimentação	 1º nível de colmatagem
Base de vertente	Vertente-lacustre	 sem ocorrência

fonte: Emplasa, levantamento aerofotogramétrico da Região Metropolitana de São Paulo. Escala: 1:10.000. Folhas: 3335 e 3211. São Paulo, 1981; BASE SA, escala 1:6.000. Faixa 12. Fotografia n. 62. São Paulo, 2000; Emae, Dados de Operação da Represa Guarapiranga. São Paulo.

Estimou-se a profundidade/volume de material colmatado a partir dos dados de levantamentos realizados por Piston Corer (IPT, 1998; IPT, 2000), em que se identificou a natureza arenosa/siltosa dos depósitos localizados no remanso do ribeirão Guavirutuba, diferente do padrão argiloso que predomina no fundo do reservatório, longe da antiga calha do rio. Nesse levantamento não houve pontos amostrais no remanso do ribeirão Jaceguay, fato que dificultou a complementação da análise com a comparação dos dados de sondagens. Ainda assim, os dados dos dois pontos localizados no remanso do ribeirão Guavirutuba foram considerados para a estimativa média de um metro de profundidade em toda a área colmatada de cada remanso.

No caso do remanso do ribeirão Guavirutuba, os resultados vão ao encontro dos apresentados por Campagnoli (2002) e Tsugawa (1998). Segundo Campagnoli (2002), o histórico do uso da terra dessa bacia, somado a sua pequena extensão (que implica pouco tempo de residência dos sedimentos em trânsito) faz dela uma das maiores fontes de sedimentos para a represa Guarapiranga, em termos de capacidade de transporte. Seu potencial é maior, por exemplo, que o da Bacia do Embu-Mirim, a mais extensa em área, uma vez que nesta as amplas áreas de várzea e as diversas cavas antigas para extração de argila funcionam como *traps* de retenção de sedimentos.

Tsugawa (1998) calcularam para a área da Bacia do Ribeirão Guavirutuba o volume de transporte sólido em 3.436 t/ano, ou seja, uma taxa de 838 t/km²/ano para o período de 84 anos de enchimento do lago. O valor se aproxima do estimado neste trabalho para o material depositado (3,8 t/ano), valor que, entretanto, pode estar subestimado, um vez que contemplamos o período de maior porcentagem de perturbação antrópica na área e fonte e consequentes níveis mais altos de sedimentação. Provavelmente a profundidade estimada de um metro deve atingir valores maiores ao longo da área colmatada do remanso.

Considerações finais

A metodologia empregada foi considerada satisfatória, uma vez que a análise de mudanças espaciais realizadas por meio de fotointerpretação e cartografia digital geraram resultados significativos dentro do tema proposto.

Resultados de pesquisas sobre o aporte de sedimentos (Walling, 2006; Trimble, 1999, Trimble; Crosson 2000; Gregory, K., 2006, Gregory, C.; Heidi; Brierley, 2008; Chin, 2006) apontam que bacias hidrográficas urbanas apresentam taxas de milhares de toneladas por km² de sedimentos por ano, enquanto bacias rurais apresentam taxas de dezenas ou unidades de medida por quilômetro quadrado de sedimentos por ano. Estimou-se que o material depositado no remanso da bacia urbanizada (Guavirutuba) no período de maior nível de perturbação (1962-1986) é equivalente a 3,8 t/ano, semelhante a uma mineração de grande porte, enquan-

to a bacia com baixa perturbação (Jaceguay) apresentou no mesmo período taxas de 0,7 t/ano. Assim, os resultados estimados (considerando profundidade média de um metro) para as duas bacias hidrográficas estudadas corroboram essas pesquisas.

Os resultados da pesquisa não tangem apenas aos dados quantitativos provenientes da análise das taxas de colmatagem x uso do solo nas bacias hidrográficas selecionadas, mas também ao uso dos parâmetros recomendados para a inserção do antrópico como modificador dessas taxas e balanços nos processos geomorfológicos.

Referências

- BERGER, A. R.; IAMS, W. J. **Geoindicators:** assessing rapid environmental changes in earth systems. Rotterdam: Brookfield, 1996.
- CAMPAGNOLI, F. **A aplicação do assoreamento na definição de geoindicadores ambientais em áreas urbanas:** exemplo na bacia do Alto Tietê-SP. Doutorado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- CHIN, A. Urban transformation of river landscapes in a global context. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 79, p. 460-487, 2006.
- CHORLEY, R. J. A geomorfologia e a teoria dos sistemas gerais. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 11, n. 21, p. 3-22, 1971.
- COLTRINARI, L.; McALL, G. J. H. Geoindicadores: ciências da terra e mudanças ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 9, p. 5-11, 1995.
- DOUGLAS, I. The impact of urbanization on fluvial geomorphology in the humid tropics. In: SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL GEOMORPHOLOGY IN TROPICAL REGIONS, 1983, Lubumbashi. **Anais...** Geo-Eco-Trop, fasc. 1 e 2, 1983a.
- DOUGLAS, I. **The Urban Environmental**. London: Edward Arnold: 1983b.
- _____; LAWSON, N. The Human Dimensions of Geomorphological Work in Britain. **Journal of Industrial Ecology**, Chichester: Wiley, v. 4, p. 9-33, 2001.
- GOUDIE, A. **The Human Impact on the Natural Environment**. Oxford: Blackwell, 2000.
- GOUVEIA, I. C. M. 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. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

- GREGORY, C.; REID, H.; BRIERLEY, G. J. River Recovery in an Urban Catchment: Twin Streams Catchment, Auckland, New Zealand. **Physical Geography**, v. 29, n. 3, p. 222-246, 2008.
- GREGORY, K. J. The human role in changing river channels. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 79, p. 172-191, 2006.
- GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico Geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.
- GUPTA, A. Geomorphology and the urban tropics: building an interface between research and usage. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 31, p. 133-149, 1999.
- GURNELL, A.; PEIRY, J.; PETTS, G. Using historical data in fluvial geomorphology. In: KONDOLF, G.; PIÉGAY, H. (Ed.). **Tools in Fluvial Geomorphology**. Chichester, UK: Wiley, 2003. p. 77-101.
- IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Diagnóstico e monitoramento do assoreamento dos reservatórios da Região Metropolitana de São Paulo. Relatório parcial. **Relatório interno n. 38.862**. São Paulo, 2000.
- _____. Estudo da dinâmica sedimentar do reservatório Guarapiranga. **Relatório n. 36.787**. São Paulo, 1998.
- LIMA, C. R. **Urbanização e intervenções no meio físico na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo**: uma abordagem geomorfológica. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
- LUZ, R. A. **Mudanças geomorfológicas na planície fluvial do rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização**. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- _____; RODRIGUES, C. Anthropogenic changes urbanised hydromorphological systems in a humid tropical environment River Pinheiros, São Paulo, Brasil. **Zeitschrift fur Geomorphologie**, Stuttgart, v. 59, p. 109, 2015. Supplementband.
- MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: a história de uma procura. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2001.
- NIR, D. **Man, a geomorphological agent**: a introduction to anthropic geomorphology. Jerusalem: Ketem, 1983.
- OLIVEIRA, A. M. S. **Depósitos tectogênicos e assoreamento de reservatórios**. Exemplo do Reservatório de Capivara, Rio Paranapanema, SP/PR. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

- RODRIGUES, C. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidrogeomorfológicos: desenvolvimento e aplicação de metodologia na Grande São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 20, p. 111-125, 2010.
- _____. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: um exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 17, p. 101-111, 2005.
- _____. A urbanização da metrópole sob a perspectiva da geomorfologia: tributo a leituras geográficas. In: CARLOS, A. F.; OLIVEIRA, A. U. (Org.). **Geografias de São Paulo**. São Paulo: Contexto, 2004. p. 89-114.
- _____. **Geomorfologia aplicada**: avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- RODRIGUES, C.; COLTRINARI, L. Z. D. Geoindicators of urbanization effects in humid tropical environment: São Paulo (Brazil) Metropolitan Area. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 32., 2004, Florença. **Anais...** Florença, 2004. p. 976.
- _____. Anthropogenic changes in an urban tropical landscape: São Paulo (Brazil). In: INQUA CONGRESS, 8., 1991, Beijing, CH. **Anais...** Beijing, 1991. v. 1. p. 110-121.
- ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- SILVA, J. P. **Expansão urbana e evolução geomorfológica em remansos de reservatórios**: análise comparativa de duas bacias hidrográficas em Guarapiranga, São Paulo. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 8, n. 6, p. 913-920, 1957.
- TOY, T. J.; HADLEY, R. F. **Geomorphology and reclamation of disturbed lands**. London: Academic, 1987.
- TRIMBLE, S. W. Decreased rates of alluvial sediment storage in the Coon Creek Basin, Wisconsin, 1975-93. **Science**, v. 285, p. 1244-1246, 1999.
- _____; CROSSON, P. Land use: U.S. soil erosion rates – Myth and reality. **Science**, v. 289, p. 248-250, 2000.

- TSUGAWA, J. K. **Elaboração de um mapa de risco potencial a processos geológicos da bacia Guavirutuba visando a prevenção do assoreamento da represa Guarapiranga**. Monografia (Graduação em Geologia) – Instituto de Geologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- WALLING, D. E. Human impact on land-ocean sediment transfer by the world's rivers. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 79, n. 3-4, p. 192-216, 2006.