



FOTOINTERPRETAÇÃO APLICADA À ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DA TERRA E A SITUAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Mayara Caroline Covizzi^(a), Danilo Mangaba de Camargo^(b), Estéfano Seneme Gobbi^(c)

^(a)Faculdade de Geografia, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, mayara.covizzi@gmail.com;

^(b)Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, danilo.mangaba@gmail.com;

^(c)Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Campinas, estefano.gobbi@puc-campinas.edu.br;

EIXO: BACIAS HIDROGRÁFICAS E RECURSOS HÍDRICOS: ANÁLISE, PLANEJAMENTO E GESTÃO

Resumo

Na ausência de uma efetiva política de ordenamento territorial, a expansão das áreas urbanizadas tem condicionado inúmeros impactos ao ambiente, dentre eles, a degradação das áreas de preservação permanente (APP). Diante desse cenário, o objetivo do trabalho foi analisar, na microbacia hidrográfica do Córrego Pium em Campinas-SP, as alterações na cobertura do solo em recorte temporal de 38 anos e sua relação com o estado atual das APP's na bacia. Para lograr tal objetivo, foi realizada a fotointerpretação de fotografias aéreas dos cenários de 1972, 1994 e 2010 na área de estudo e posterior processamento dos mapas resultantes em ambiente de SIG. Constatou-se que o crescimento da urbanização na área avançou sobre as APPs, ocasionando uma violação dessas áreas resguardadas pela legislação.

Palavras chave: urbanização; recursos hídricos; bacia hidrográfica; análise sistêmica

1 Introdução

Na atualidade, a bacia hidrográfica é consagrada como principal unidade de análise e planejamento ambiental, uma vez que, adotada como recorte analítico permite “avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico” (BOTELHO; SILVA, 2004, p. 155). Desta forma, nela estão presentes diversos componentes do meio físico que se interagem para a manutenção do seu equilíbrio, tais como a água, as formas do relevo, o solo e a vegetação, configurando um sistema aberto, em constante dinâmica de permuta de matéria e energia. Além disso, deve-se considerar ainda que numa dada paisagem, não somente os aspectos do meio físico são observados, mas há também a coexistência do meio antrópico, que não devem ser negligenciados em estudos de viés integrado, que envolvem todas as implicações das ações humanas sobre a paisagem natural (BERTRAND, 2004). Essa análise integrada é que tem sustentado no campo da Geografia, a busca do



conhecimento e interpretação dos chamados Geossistemas (BERTRAND, 2004; MONTEIRO, 2000; SOTCHAVA, 1977).

Conforme aponta Monteiro (2000), a análise da integração homem-ambiente deve considerar a extensão do território (espaço), a duração histórica da ocupação humana (tempo) e sua importância no processo de relações no geossistema, e o grau de intensidade em que se manifestam essas ações antrópicas. Assim, o modo de ocupação de uma bacia hidrográfica é o que lhe confere características socioespaciais, possibilitando sua interpretação no viés da organização territorial do geossistema.

Dentre as ações antrópicas que podem integrar uma paisagem, destaca-se a urbanização, que calcada sobre os componentes físicos da paisagem, é responsável por alterações na dinâmica de processos naturais, rompendo com o equilíbrio do sistema e está comumente relacionada a processos de erosão, assoreamento, desmatamento, contaminação, entre outros, causando assim o desequilíbrio dos diversos processos atuantes em uma bacia (BOTELHO; SILVA, 2004).

Esse desequilíbrio estabelece impactos ambientais subjacentes, que segundo Sánchez (2013), pode ser ocasionado por outras ações além do ato de poluir, como a supressão de componentes do ecossistema, a inserção de uma espécie exótica ou componente construído, ou então “a sobrecarga decorrente da introdução de fatores de estresse além da capacidade suportada no sistema” (SÁNCHEZ, 2013, p. 56). Dessa forma, o conceito de impacto ambiental que subsidia este estudo é definido como “alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana” (SÁNCHEZ, 2013, p. 57).

Neste contexto, a presença de Áreas de Preservação Permanente auxilia na manutenção da qualidade ambiental, conforme definido pela lei nº. 12.651, de 25/05/2012, que estabelece o novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012):

II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Embora sejam previstos na Lei a delimitação de APPs em diferentes contextos ambientais e espaciais, no escopo dessa pesquisa, será tomada apenas a delimitação das APPs relacionadas aos corpos hídricos de acordo com as definições e limites estabelecidos pelo Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), pois são as únicas existentes na área de estudo.

Ressalta-se que as APPs favorecem/auxiliam na estabilização das margens dos cursos fluviais, evitando que o solo seja levado diretamente para seu leito (SKORUPA, 2003).



Diante desse cenário, o objetivo do trabalho foi analisar, na microbacia hidrográfica do Córrego Pium em Campinas-SP, as alterações na cobertura do solo em recorte temporal de 38 anos e sua relação com o estado atual das APP's na bacia. Para lograr tal objetivo, foi realizada a fotointerpretação de fotografias aéreas dos cenários de 1972, 1994 e 2010 na área de estudo.

2 Área de estudo

A microbacia hidrográfica do Córrego Pium foi selecionada como área de estudo (Figura 1). O Córrego Pium é um dos principais afluentes do Rio Capivari, localizado na região sudoeste do município de Campinas, entre as coordenadas geográficas de $22^{\circ}57'41,33''$ e $22^{\circ}59'58,93''$ de latitude Sul e $47^{\circ}8'54,58''$ e $47^{\circ}6'53,97''$ de longitude oeste, na região do distrito do Ouro Verde, próximo ao Aeroporto Internacional de Viracopos e às margens das Rodovias Bandeirantes e Santos Dumont, numa área que possui $8,37 \text{ km}^2$ de extensão.

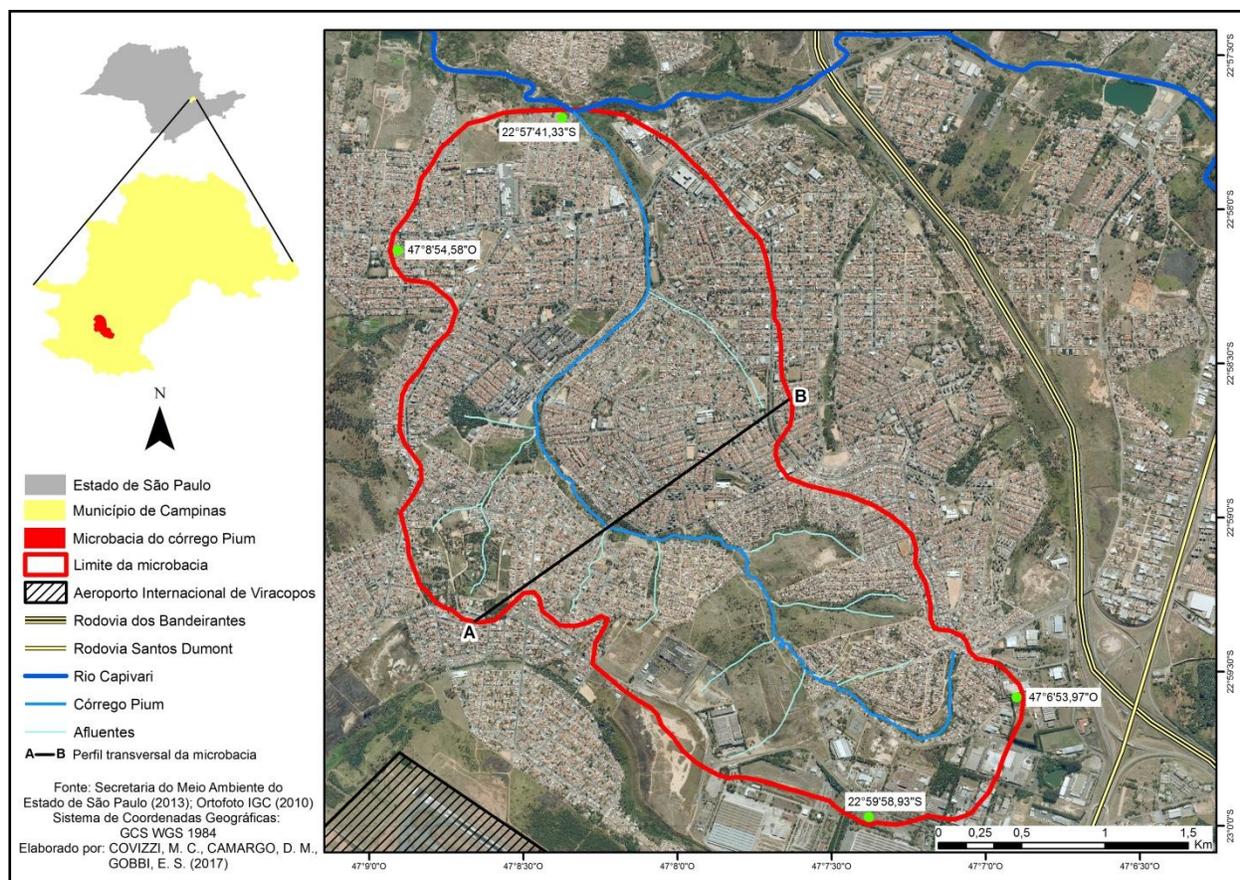


Figura 1. Localização da microbacia hidrográfica do Córrego Pium - Campinas (SP).



Amicrobacia possui dois tipos litológicos bem delimitados, sendo o primeiro formado por arenitos do grupo Itararé, rochas datadas do Carbonífero e Permiano da era Paleozóica, e o segundo por aluviões de idade quaternária, de acordo com o mapa publicado pelo Instituto Geológico do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2009). Tais tipos litológicos representam rochas relativamente mais suscetíveis aos processos de intemperismo, principalmente por ações do clima tropical, como a ocorrência de precipitações regulares (DIAS, 1995).

A precipitação média anual é de 1.424,5 mm, o que representa 1,42 m³ de chuvas por ano para cada metro quadrado da cidade, de acordo com a base de dados do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI, s/d). Devido à variação temporal das chuvas, Campinas sofre com chuvas intensas nos meses de verão e com um período relativamente longo de estiagem, que vai de maio a setembro (CAMPINAS, 2006).

Em termos morfológicos, é possível verificar, na área de estudo, a ocorrência de relevos de colinas suaves e as planícies fluviais (CAMPINAS, 2006). Este quadro é determinante na tipologia dos solos, que é composta, basicamente, por latossolos e cambissolos nas áreas de maior declividade, e por gleissolos nas áreas de planície segundo aponta o Instituto Agrônomo de Campinas (SÃO PAULO, 2008). Por fim, do ponto de vista biótico, é possível verificar a ocorrência de Matas Semidecíduas, Cerrado e Matas Ciliares (CAMPINAS, 2006). A Figura 2 apresenta um perfil transversal da microbacia (a linha do corte encontra-se delimitada na Figura 1), buscando uma representação integrada dos componentes do meio físico.

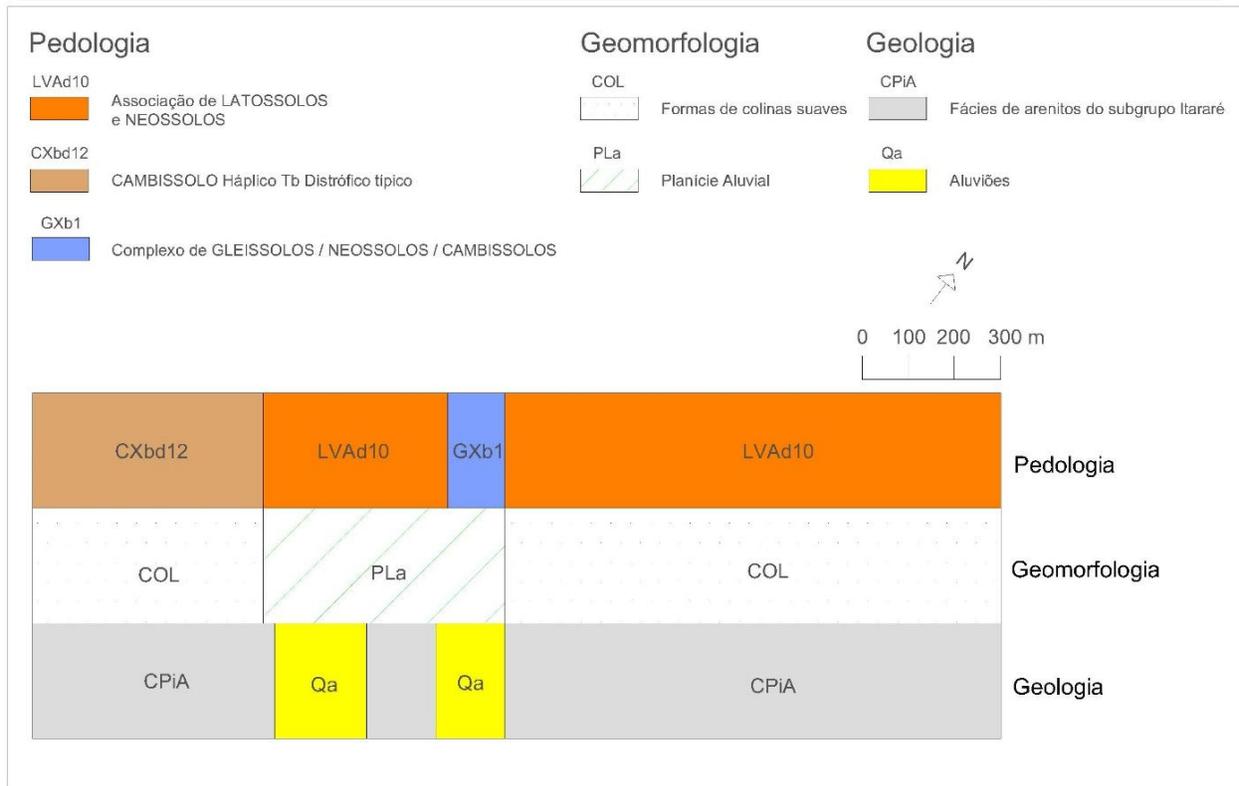


Figura 2. Perfil transversal de elementos do meio físico da microbacia hidrográfica do Córrego Pium.

No contexto socioeconômico, pode-se considerar que a área “sofreu consistentes modificações antrópicas ao longo das últimas décadas, relacionadas primeiramente às atividades de exploração agrícola e minerária e, em uma segunda fase, às atividades decorrentes da expansão urbana” (CAMPINAS, 2007, p. 6).

O empobrecimento do solo em razão de sua exploração pela mineração e atividades agrícolas motivou o seu parcelamento com usos habitacionais e industriais (CAMPINAS, 2007).

Na década de 1940, a área urbana de Campinas estava concentrada ao redor do centro, dependendo da economia de base agrícola, quando ocorre a transição para a economia industrial, impulsionada principalmente, pela inauguração de uma das vias de circulação mais importantes do país, a Rodovia Anhangüera, no ano de 1950 (LIMA, 2013). Também o desenvolvimento do Aeroporto de Viracopos, estimulou as primeiras intervenções distantes da malha urbana, com parcelamentos bastante esparsos, localizando-se ao seu redor (CAMPINAS, 2007).

Já na década de 1970 verificou-se na área uma intensificação populacional, sem que houvesse um planejamento urbano adequado às demandas da população. A prática de loteamentos especulativos ausentes de aparelhos urbanos, “a simplificação dos procedimentos de aprovação pela prefeitura e a ausência de exigências quanto à execução de infraestrutura pelo loteador” (CAMPINAS, 2007, p. 42),



favoreceram a ocupação irregular na região, que se encontra em situação de vulnerabilidade nos dias atuais, localizado ao longo da nova estrada para Viracopos (hoje Rodovia Santos Dumont) (GARCIA, 2011).

3 Materiais e métodos

A priori, foi delimitada a área de estudo utilizando-se do termo “microbacia”, definido por Calijuri e Bubel (2006), como sendo áreas formadas por canais de 1º e 2º ordem, e por vezes, de 3º ordem, como no caso deste estudo. Para estes autores, as microbacias são áreas frágeis e frequentemente ameaçadas por perturbações, nas quais as escalas espacial, temporal e observacional são fundamentais, podendo desta forma, alcançar o objetivo deste trabalho.

Para visualizar as transformações ocorridas na área de estudo relacionadas à ocupação antrópica e analisar as possíveis degradações ambientais existentes nas APPs, foram mapeados o uso e a cobertura da terra com base em fotografias aéreas dos cenários de 1972, 1994 e 2010. Para atingir esse objetivo, adotou-se como metodologia os princípios de fotointerpretação e análise no ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o *software* ArcGIS 10.3.

O trabalho com as fotografias aéreas foi realizado em quatro etapas, sendo essas:

I) Com o apoio de um *software* SIG, as fotografias foram digitalizadas e georreferenciadas de modo a permitir a realização dos processos subsequentes.

II) Com base nas recomendações de MARCHETTI; GARCIA, 1986, que recomendam a análise de aspectos como tonalidade, cor, forma, tamanho, padrão e textura, foram reconhecidos os objetos presentes nas fotografias. Para realização do mapeamento temático, foi construída uma chave de interpretação seguindo as recomendações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 2013). O Quadro I apresenta uma seleção das classes definidas na chave de interpretação.

III) Realizou-se a identificação e o mapeamento temático das classes de uso e cobertura da terra definidas na etapa anterior. Nesse ponto, no *software* ArcGIS, foram delimitadas as APPs para a área de estudo segundo a legislação vigente e, através da operação de intersecção, foram calculadas as áreas de cada classe contida em APP.

IV) Através da fotointerpretação que consiste em “criar correlações entre os elementos determinados na imagem e elaborar hipóteses interpretativas” (PANIZZA; FONSECA, 2011, p. 37), buscou-se, mediante ao



objetivo do trabalho, interpretar o significado das alterações do uso e cobertura da terra em relação a degradação das APPs na área de estudo.

Quadro I – Chave de interpretação para o mapeamento do uso e cobertura da terra dos cenários de 1972, 1994 e 2010.

| Classe de uso e cobertura da terra | Descrição | Amostra |
|------------------------------------|--|---------|
| Vegetação Arbórea | Textura densa, possui uma variação de sombra, dando impressão de altura. | |
| Vegetação rasteira | Textura fina com pouca variação de sombra | |
| Mata Ciliar | Drenagem linear e esparsa, presença de vegetação (área demarcada em vermelho). | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Solo Exposto | Textura homogênea, ausência de vegetação. |  |  |
| Agricultura | Vegetação arbustiva organizada linearmente, em meio ao solo exposto. |  |  |
| Urbanização consolidada | Lotes e quadras padronizadas, alta taxa de ocupação, edificações pouco extensas e pequenas. |  |  |
| Urbanização incipiente | Solo parcelado em quadras e arruamentos, poucos lotes ocupados por edificações. |  |  |
| Industrial | Presença de edificações extensas, envolvidas por amplos pátios e estacionamentos. Localização próxima a avenidas e rodovias. |  |  |
| Urbanização consolidada não pavimentada | Arruamento não pavimentado, presença de mais de uma residência no mesmo lote, predomínio de cobertura de cimento-amianto e sem laje, ocupação em áreas de várzea. |  |  |
| Vazios Urbanos | Área inserida no espaço urbanizado, com vegetação de gramíneas e arbustos, grandes áreas ocupando mais de uma quadra, situadas em áreas de várzea. |  |  |

Fonte: Acervo do IAC (1972), BASE S.A. (Acervo da PUC-Campinas, 1994) e Ortofoto IGC SP Leste (2010).
Elaborado pelos autores.



A Figura 3 apresenta uma visão geral das etapas conduzidas para a realização do trabalho. As etapas metodológicas foram divididas em dois grandes blocos, sendo o primeiro relativo à espacialização dos dados da área de estudo e o segundo à análise espaço-temporal da ocupação das APPs na microbacia.

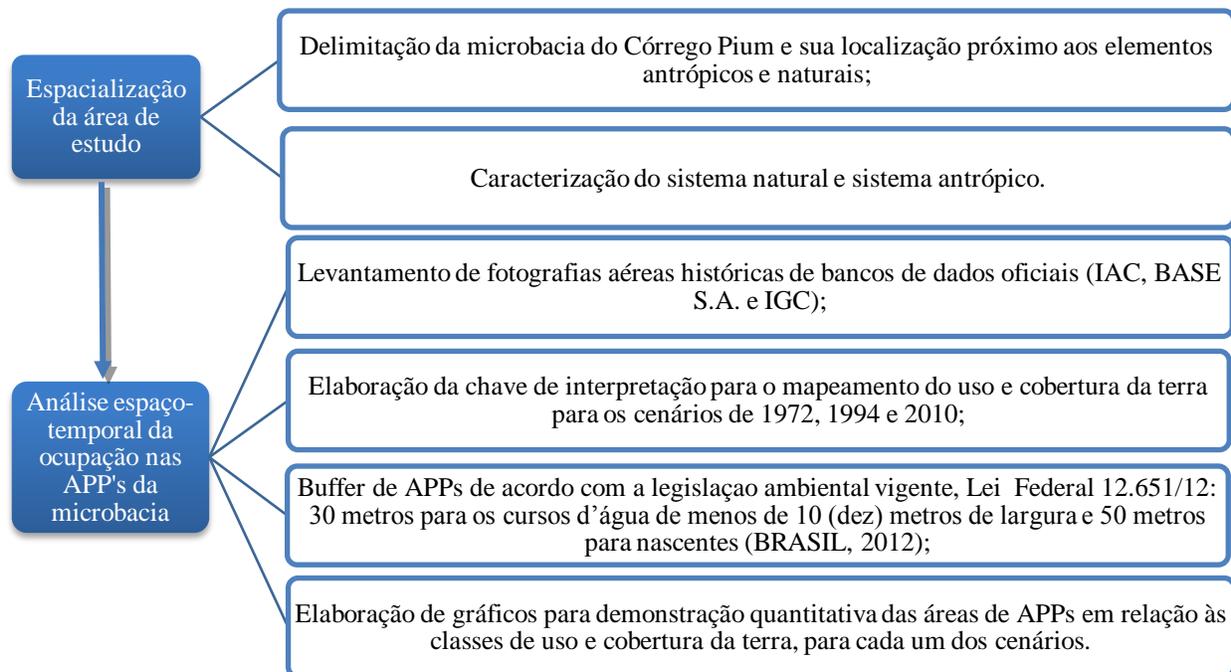


Figura 3. Fluxograma das etapas do trabalho.

4 Resultados

Como resultado deste trabalho, obteve-se as cartas de uso e cobertura da terra da microbacia do Córrego Pium (Figura 4), que permitem uma visualização qualitativa das classes identificadas. Além disso, para o aprofundamento deste resultado, a Tabela 1 mostra os valores em porcentagem obtidos com o cálculo das áreas de cada classe de uso e cobertura da terra, em relação à área total da microbacia e no interior das APPs, através dos cenários de 1972, 1994 e 2010, que permitem analisar o processo de transgressão das APPs de cursos d'água e nascentes.

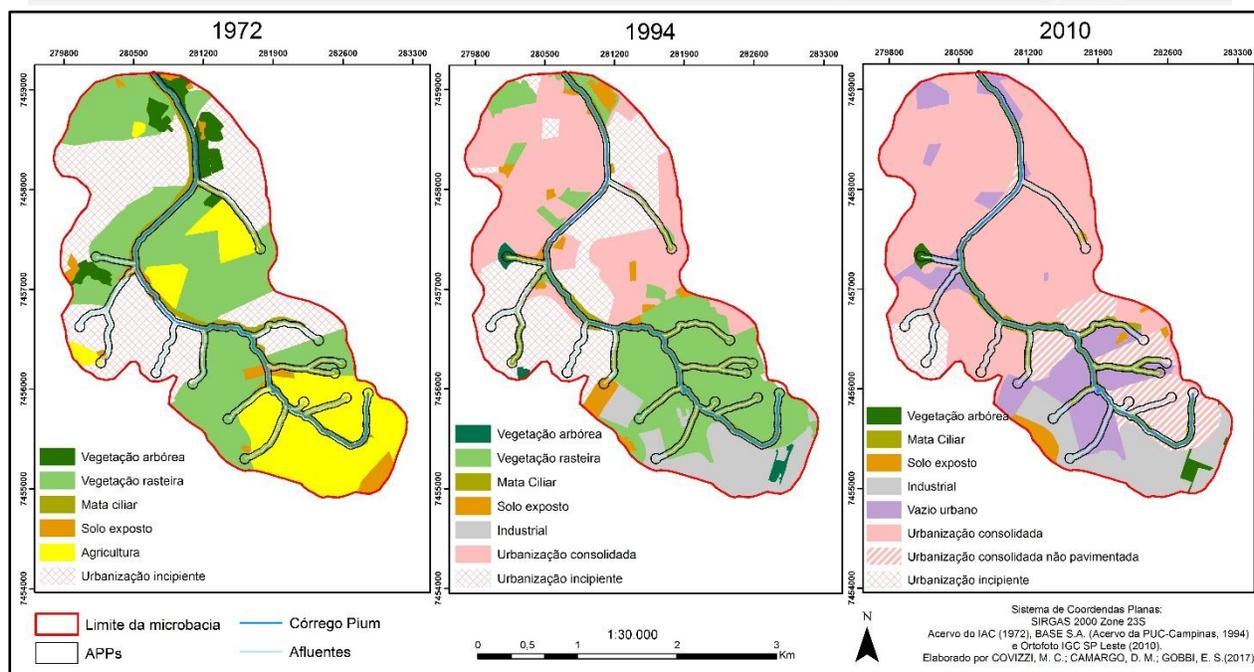


Figura 4. Cartas de uso e cobertura da terra da microbacia do Córrego Piúma e APPs de cursos d'água e nascentes para os cenários de 1972, 1994 e 2010.

| Classes de uso e cobertura da terra | Área em porcentagem (%) das classes na área total da microbacia, para os respectivos cenários | | | Área em porcentagem (%) das classes no interior das APPs, para os respectivos cenários | | |
|---|---|-------|-------|--|-------|-------|
| | 1972 | 1994 | 2010 | 1972 | 1994 | 2010 |
| Vegetação arbórea | 4,14 | 0,99 | 0,01 | 3,55 | 0,78 | 1,39 |
| Vegetação rasteira | 33,00 | 24,93 | -- | 13,8 | 14,93 | -- |
| Mata ciliar | 6,68 | 6,82 | 5,31 | 43,95 | 58,04 | 44,30 |
| Solo exposto | 2,95 | 3,02 | 1,33 | 4,66 | 2,7 | 0,75 |
| Agricultura | 21,24 | -- | -- | 11,97 | -- | -- |
| Urbanização incipiente | 31,99 | 24,28 | 3,46 | 22,07 | 14,15 | 5,50 |
| Urbanização consolidada | -- | 30,44 | 53,76 | -- | 7,52 | 22,15 |
| Urbanização consolidada não pavimentada | -- | -- | 12,09 | -- | -- | 11,07 |
| Industrial | -- | 9,53 | 10,50 | -- | 1,88 | 3,76 |
| Vazio urbano | -- | -- | 13,55 | -- | -- | 11,07 |

Tabela 1. Área em porcentagem (%) das classes de uso e cobertura da terra na área total da microbacia e no interior das APPs, para os cenários de 1972, 1994 e 2010.

No cenário de 1972, verifica-se que a vegetação arbórea encontra-se rarefeita, apenas 4,14% para a área total e 3,55% para as APPs, sendo a maior parte da área da microbacia caracterizada predominantemente pela vegetação rasteira (33%), usada como campos de pastagem, juntamente com as áreas de cobertura agrícola (21,24%). Além disso, é possível concluir que cerca de 38% da APP encontra-se ocupada por



solo exposto, agricultura e urbanização incipiente e 61,3% coberta pela soma das classes de vegetação arbórea, vegetação rasteira e mata ciliar.

Em 1994, o uso predominante da área da microbacia passa a ser urbano (54,72%), com a consolidação de manchas urbanas em detrimento daquelas com urbanização incipiente. Neste cenário, a classe agrícola desaparece e dá lugar ao uso industrial, com 9,53% da área total da microbacia. Verifica-se, o aumento do percentual de mata ciliar em APP, de 43,95% em 1972 para 58% em 1994, devido ao abandono da prática agrícola e a diminuição das classes antrópicas (solo exposto, urbanização incipiente, urbanização consolidada e industrial), que somadas, passam a ocupar cerca de 26% das APPs.

No cenário de 2010, há a consolidação da área urbana na área total da microbacia, que junto com os demais usos antrópicos (solo exposto, industrial e urbanização incipiente), passam a ocupar cerca de 43% das APPs, representando um crescimento significativo em comparação ao cenário anterior. Nesse estágio, a impermeabilização da superfície (edificações e pavimentação) é o agente principal das alterações dos processos hidromorfodinâmicos, pois “diminui drasticamente a infiltração de água no solo e aceleram a velocidade dos fluxos de escoamento superficial, reduzindo o tempo de concentração de água na bacia” (RODRIGUES; GOUVEIA, 2013, p. 75).

5 Conclusão

Com base na análise da distribuição das classes de uso e cobertura da terra, ao longo de um espaço temporal de 38 anos, conclui-se que as intervenções antrópicas na microbacia do Córrego Pium, possuem estreita relação com a condição das APPs desta microbacia, responsáveis por transgressões que causam a degradação ambiental.

É considerável que estas modificações no uso e cobertura da terra geram efeitos no sistema-microbacia, onde a alteração das vertentes, dos canais e das planícies fluviais geram uma dinâmica de modelagem do sistema, principalmente quando as APPs são ocupadas por moradias irregulares durante o processo de urbanização, ampliando áreas com o solo exposto às intempéries.

Por fim, o método da fotointerpretação aplicado neste estudo ajudou a qualificar a condição das APPs de uma área urbana, que quando associado à quantificação das áreas de uso e cobertura da terra, serve de instrumento para tomada de medidas de manutenção das APPs ainda não ocupadas, como constituição de linhas de drenagem naturais, as quais representariam importantes áreas naturais para recebimento, escoamento e acomodação das águas nos episódios de chuvas e/ou cheias, compensando as impermeabilizações já efetuadas.

6Bibliografia

- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global - Esboço metodológico. In: **Revista RA´e GA: O Espaço Geográfico em Análise**. Curitiba: Ed. UFPR, n. 8, p. 141-152, 2004.
- BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. Cap. 6. In: VITTE, Antonio Carlos e GUERRA, Antonio José Teixeira (org.). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília-DF: 25 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 11/08/2015.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: 3º ed. 2013.
- CAMPINAS. Prefeitura Municipal. **Caracterização Urbana do Plano Diretor de Campinas**. Secretaria Municipal de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Campinas-SP, 2006. Disponível em: http://www.campinas.sp.gov.br/governo/seplama/plano-diretor-2006/doc/tr_ccturb.pdf. Acesso em: 16/09/2015.
- CAMPINAS. Prefeitura Municipal. **Plano Local de Gestão da Macrozona5**. Secretaria Municipal de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Campinas-SP, 2007.
- CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas: Campinas**. UNICAMP: s/d. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_109.html. Acesso em: 20/09/2015.
- DIAS, R. D. Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, 1995. p.51-55.
- GARCIA, A. L. G. **Espaços urbanos derivados da implantação de conjuntos habitacionais e áreas de ocupação ilegal: o caso da região do distrito industrial de Campinas**. 31/01/2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas-SP: 2011.
- PANIZZA, A. C. de; FONSECA, F. D. Técnicas de Interpretação Visual de Imagens. In: **GEOUSP – Espaço e Tempo**. São Paulo, nº 30, 2011.
- SÃO PAULO. Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). **Mapa pedológico semidetalhado do município de Campinas-SP**. Esc. 1:50.000. Campinas, 2008.
- SÃO PAULO. Instituto Geológico (IG)/ Secretaria do Meio Ambiente (SMA). **Subsídios do Meio Físico-Geológico ao Planejamento do Município de Campinas (SP)**. Mapa Geológico do Município de Campinas. São Paulo. 2v. (Relatórios Técnicos), 2009.
- LIMA, I. O. **Conjuntos habitacionais e segregação socioespacial: o Distrito Industrial de Campinas (DIC)**. 05/12/2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas-SP: 2013.
- MARCHETTI, D. A. B; GARCIA, G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1986
- MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Ed. Contexto, 2º ed., 2001.
- RODRIGUES, C.; GOUVEIA, I.C. M-C. Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido. Exemplos na Grande São Paulo. In: GUERRA, A.J. T.; JORGE, M. C. O. (Org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.



SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2013, 2ª ed.

SOTCHAVA, V. B. O estudo do geossistema. **Métodos em questão**, São Paulo, n.16, p.1-51, 1977.