

MAPEAMENTO DE USO DA TERRA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO GUARAPIRANGA

Marcio Roberto Magalhães de ANDRADE¹; Aline SALIM²; Denise ROSSINI-PENTEADO³; Juliana Amorim da COSTA⁴; Alana Almeida de SOUZA⁵; Antônio Roberto SAAD⁶; Antônio Manoel dos Santos OLIVEIRA⁷

- (1) Universidade Guarulhos – Mestrado em Análise Geoambiental. Praça Tereza Cristina 88, Centro, Guarulhos-SP. Endereço eletrônico: magalhaes_andrade@ig.com.br.
- (2) Secretaria de Estado do Meio Ambiente – Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Av. Prof. Frederico Hermann Jr, 345, prédio 6, Pinheiros, São Paulo-SP. Endereço eletrônico: alinesa@ambiente.sp.gov.br.
- (3) Secretaria de Estado do Meio Ambiente – Instituto Geológico. Rua Joaquim Távora, 822, Vila Mariana, São Paulo-SP. Endereço eletrônico: drossinisp@gmail.com.
- (4) Secretaria de Estado do Meio Ambiente – Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Av. Prof. Frederico Hermann Jr, 345, prédio 6, Pinheiros, São Paulo-SP. Endereço eletrônico: julianaac@ambiente.sp.gov.br.
- (5) Pesquisadora autônoma. R. Vitor Salzo, Alto de Pinheiros, São Paulo-SP. Endereço eletrônico: aas@gmail.com.
- (6) Universidade Guarulhos – Mestrado em Análise Geoambiental. Praça Tereza Cristina 88, Centro, Guarulhos-SP. Endereço eletrônico: asaad@prof.ung.br.
- (7) Universidade Guarulhos – Mestrado em Análise Geoambiental. Praça Tereza Cristina 88, Centro, Guarulhos-SP. Endereço eletrônico: aoliveira@prof.ung.br.

Introdução

Referencial teórico

Qualidade das águas superficiais

Uso da terra

Metodologia

Banco de dados

Mapeamento de uso e cobertura da terra

Classificação automática das imagens LANDSAT

Classificação automática orientada a objeto da imagem IKONOS

Mapeamento das áreas urbanas ou edificadas

Validação do mapeamento

Resultados e discussão

Dinâmica da cobertura da terra (1986, 1996, 2010)

Mapeamento de uso da terra (2012)

Análise das áreas de contribuição dos pontos GUA-01 e GUA-10

Agradecimentos

Bibliografia

RESUMO - A bacia contribuinte do Reservatório Guarapiranga localiza-se na Bacia do Alto Tietê (BAT) abrangendo uma área de cerca de 61.150 hectares. O Guarapiranga representa um importante manancial de abastecimento público para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), efetivamente ameaçado pelo crescente uso da terra e urbanização em especial, que tem impactado a qualidade das águas do reservatório, conforme estudos realizados no âmbito do projeto ACQUASED. Os mapeamentos de cobertura e uso da terra revelaram uma dinâmica intensa na ocupação da bacia, observada desde a década de 80, e uma situação geral no ano de 2012 que aponta para a continuidade deste crescimento urbano. Situações diferenciadas para as bacias contribuintes dos pontos de coleta GUA-01 e GUA-10 demonstram clara relação entre o uso da terra e a qualidade das águas.

Palavras-chave: Reservatório Guarapiranga, mapeamento de uso da terra, qualidade das águas

ABSTRACT – The contributing hydrographic basin of Guarapiranga Reservoir is located in the Alto Tietê Basin (BAT) covering an area of about 61,150 hectares. The Guarapiranga represents an important source of public water supply for the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP), effectively threatened by the increasing land use and, in particular, the urbanization that has impacted the water quality of the reservoir, according to studies carried out under the project ACQUASED. Since the 80's the cover mappings and land use dynamics revealed an intense occupation in the basin, with accentuated prospect of continued urban growth, observed after 2012. Different situations for contributing basins of GUA-01 and-10 collection points show the relationship between land use and water quality.

Key-words: Guarapiranga Reservoir, land use mapping, water quality.

INTRODUÇÃO

O Reservatório Guarapiranga, localizado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), é responsável por cerca de 20% do abastecimento público na capital paulista. Apresentando função estratégica no sistema produtor de água

para abastecimento da RMSP, sua importância socioeconômica é reforçada pela crescente demanda de água na região de maior intensidade econômica do país. Eventos de estiagem prolongada, como aqueles verificados

no verão de 2014, evidenciam a preocupante vulnerabilidade hídrica deste manancial na região.

A bacia contribuinte do reservatório Guarapiranga situa-se na Bacia do Alto Tietê

(BAT) onde integra o conjunto de bacias de interesse metropolitano que são protegidas e conhecidas como Áreas de Proteção aos Mananciais (SÃO PAULO, 1976). A Figura 1 apresenta a localização da bacia.



Figura 1. Localização da Bacia do Guarapiranga.

A BAT corresponde a uma Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-6) do Estado de São Paulo que apresenta uma disponibilidade hídrica social muito deficitária, consequência das baixas vazões, em função da localização na porção superior da bacia, e da elevada densidade de população, sendo a RMSP considerada o quarto maior aglomerado urbano do planeta.

A bacia contribuinte do Guarapiranga, embora protegida por legislação há quase 40 anos e por diversas ações de gestão ambiental, entre elas o Programa Guarapiranga e a lei específica de proteção e recuperação de mananciais, apresenta um histórico de transformações no uso da terra decorrentes do processo de urbanização com impactos adversos na qualidade da água bastante preocupantes para a manutenção do abastecimento público.

O Guarapiranga tem uma história iniciada em 1909 como reservatório de regularização para alimentar a Usina de Parnaíba e produção

de energia na bacia do Rio Tietê, sendo em 1929 alterado para abastecimento público, quando foi inaugurado o Sistema de Abastecimento do Guarapiranga (MENDES; CARVALHO, 2000). Sua relevância para a sociedade e desenvolvimento das ciências naturais motivou a realização de um projeto de pesquisas integradas denominado ACQUASED (Processo FAPESP 2009/53898-9) que, de forma geral, visa buscar a compreensão das transformações que vem ocorrendo na qualidade da água ao longo do tempo na bacia.

Este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados gerados no levantamento de uso da terra da bacia contribuinte do Reservatório Guarapiranga, proporcionando a análise espacial das fontes de poluição das águas superficiais que se dão exclusivamente por processos de escoamento superficial. Desta maneira, os resultados obtidos deverão permitir a realização de correlações com dados de coleta e análise de água e testemunhos de sondagem estabelecidos no projeto de pesquisa citado.

REFERENCIAL TEÓRICO

Qualidade das águas superficiais

A água é a substância mais abundante da superfície terrestre e sua capacidade de fluir, diluir, misturar, promover reações físico-químicas, transportar e armazenar diferentes elementos e compostos nos ciclos biogeoquímicos e no metabolismo dos seres vivos, torna-a o principal recurso natural em importância no planeta na manutenção dos ecossistemas e atividades socioeconômicas.

A dinâmica da água no ciclo hidrológico encontra na superfície da litosfera sistemas de terrenos que se organizam em bacias hidrográficas de todas ordens e dimensões. A água atmosférica atinge a superfície terrestre onde as condições geológicas, de solo e relevo permitem o escoamento da água nas vertentes e canais fluviais, estes também alimentados pela surgência em nascentes resultante da infiltração no solo, se concentrando ao longo dos diferentes percursos em direção ao canal principal da bacia. Na natureza, as substâncias dissolvidas na água sofrem variação com a geologia local, vegetação, clima e ecossistema aquático (TCHOBANOGLIOUS; CHOERDER, 1987).

Substâncias comumente encontradas nas águas superficiais incluem íons como cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, nitratos e outros. Aparecem ainda traços de chumbo, cobre, arsênio, manganês, e um largo espectro de compostos orgânicos, sendo estes últimos provenientes da decomposição da matéria orgânica de origem animal e vegetal (PORTO et al., 1991).

O uso da terra por atividades antrópicas nas bacias implica na alteração das condições naturais da superfície do solo, entre elas estrutura e composição da cobertura, podendo acarretar mudanças significativas na qualidade das águas em função do escoamento das águas pluviais e fluviais. O aumento da toxicidade e eutrofização da água nos ambientes aquáticos apresenta relação direta com o desmatamento e a redução da cobertura vegetal nativa pelo uso da terra, com destaque para a mata ripária, pois as florestas são componentes fundamentais dos ciclos hidrogenoquímicos e do ciclo hidrológico (LIKENS, 1992; TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI; 2010).

A água da chuva, ao atingir o solo e escoar sobre ele, inicia um processo de dissolução e arraste que transporta material retirado do solo até os rios e reservatórios. As substâncias no meio aquoso sofrem processos de transporte por advecção, convecção, difusão molecular, difusão turbulenta, advecção diferenciada e dispersão, podendo também ocorrer processos de geração e extinção através de reações com outros constituintes ou com o próprio fluido (EIGER, 1991).

A contaminação hídrica como consequência do uso da terra, deve-se à produção de diversas substâncias ou subprodutos relacionados a variadas atividades socioeconômicas que são carregadas pela lavagem superficial do solo ou pelo lançamento de efluentes canalizados em drenagens, em ambos os casos conduzidas para um corpo d'água principal. Urbanização, mineração, construção de estradas, represas, canais e hidrovias, descarga de esgotos domésticos e industriais, agrícolas e da área da saúde, disposição de resíduos sólidos, dentre outros, são atividades humanas que impactam negativa e diretamente a qualidade das águas nos ecossistemas aquáticos (TUNDISI, 2003).

Esgotos causam uma série de inconvenientes num corpo d'água se não forem tratados ou dispostos adequadamente. Matérias orgânicas solúveis podem causar a depleção do nível de oxigênio dissolvido. Certos nutrientes, à base de nitrogênio ou fósforo, aumentam as chances de eutrofização. Outros componentes modificam a tensão superficial da água, principalmente óleos, graxas e detergentes, influenciando nas trocas gasosas, sobretudo do oxigênio (LUCA, 1991).

O excesso de matéria orgânica e a eutrofização prematura de lagos está frequentemente relacionada à contaminação decorrente da urbanização e das atividades agrícolas, conhecida como eutrofização cultural (NOGUEIRA, 1991), fenômeno de fácil observação percebido na coloração notadamente verde das águas (fitoplâncton) e abundância de vegetação sobrenadante (macrófitas). A eutrofização em lagos tem-se acentuado de modo acelerado nas últimas décadas, em função das diferentes formas de

uso e ocupação antrópica (TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI; ROCHA, 2006).

Recentemente, tem se destacado estudos sobre os efeitos prováveis dos microcontaminantes orgânicos quanto a sua toxicidade e risco potencial para a água de abastecimento e o meio ambiente. Os contaminantes orgânicos emergentes incluem nanomateriais, pesticidas, fármacos, compostos industriais, produtos de higiene pessoal, fragrâncias, subprodutos do tratamento das águas, líquidos antichamas e surfactantes, bem como cafeína e nicotina, muitos na forma de moléculas polares de pequenas dimensões não removidas efetivamente no tratamento da água para abastecimento (STUART et al, 2012).

Estudos efetuados nos Reservatórios Billings (ALMEIDA; WEBER, 2005) e Guarapiranga (SHIHOMATSU et al, 2014a; SHIHOMATSU et al, 2014b) tem revelado a presença frequente de fármacos na água, bem como uma gama crescente de outros microcontaminantes resultantes da urina e fezes provenientes de moradias e hospitais.

Uso da terra

De maneira geral, o uso da terra pode ser entendido como a apropriação dos espaços no território especialmente voltada à produção socioeconômica. Desta forma, o uso da terra corresponde à materialização de uma dinâmica territorial onde se expressa a evolução econômica e populacional, num processo de formação e transformação do espaço (SANTOS, 1997). O uso da terra inclui formas de atividades voltadas à urbanização, industrialização, exploração agropecuária, extrativismo mineral, silvicultura, etc.

As áreas urbanas residenciais e industriais, bem como áreas agrícolas, são fontes de contaminação hídrica que devem ser observadas na avaliação da qualidade das águas em bacias hidrográficas de abastecimento, sendo o mapeamento de uso da terra indicado a esse objetivo. O mapeamento de uso da terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre, apresentando informações úteis a estudos ambientais ao proporcionar a visão do conjunto do uso da terra e revestimento do solo, permitindo a apreensão

dos processos e consequências das atividades humanas no meio ambiente.

Os estudos de uso da terra podem ser motivados pela demanda de grandes empreendimentos tais como hidroelétricas e rodovias, sendo um instrumento imprescindível tanto para o planejamento territorial e decisões governamentais, como para os planos diretores municipais, planos metropolitanos, planos de bacia, todos aqueles voltados para o parcelamento do solo, abastecimento e saneamento básico, transporte, drenagem, habitação, conservação, entre outros. As informações de uso da terra são utilizadas na construção de indicadores ambientais aplicados na avaliação de impacto ambiental, da capacidade de suporte, na produção de inventário de emissões diversas, etc.

No campo da cartografia geotécnica o uso da terra é avaliado como um agente de solicitação do meio físico e um condicionante fundamental para análise (PRANDINI et al., 1995), sendo os mapas de uso da terra produtos intermediários na elaboração de cartas de risco a escorregamentos e inundações (CERRI; AMARAL, 1998), potencial à erosão (SALOMÃO, 1999) e vulnerabilidade a poluição de águas subterrâneas (FOSTER et al, 2002). O uso da terra tem importância em processos geodinâmicos de superfície, revelando a ação antrópica como agente geológico deflagrador dos processos (OLIVEIRA et al., 2007; 2010).

Inúmeros exemplos de mapeamentos de uso da terra são encontrados na literatura científica e técnica, sendo no Brasil o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e órgãos regionais, como a Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA) da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA) no Estado de São Paulo, responsáveis pela elaboração e divulgação no seu âmbito. Em termos metodológicos, os objetivos que motivam a sua elaboração estão relacionados a escala de análise, sistemas de classificação e nomenclaturas, envolvendo fontes de dados variadas especialmente proporcionadas pelos avanços tecnológicos na área de sensoriamento remoto.

Os procedimentos metodológicos adotados pelo IBGE (2006) baseiam-se na nomenclatura

utilizada pelo programa CORINE (*Coordination of Information on the Environment*) da União Européia (HEYMANN, 1994; BOSSARD et al., 2000), aplicados aos levantamentos de cobertura da terra (*land cover*) realizados por meio de imagens de satélite, e que abrangem grandes regiões e pequena escala de abordagem.

Mapeamentos de uso da terra (*land use*) em escalas de detalhe são geralmente executados através de métodos que incluem a fotointerpretação direta sobre imagens aéreas ou orbitais de alta resolução, e recursos de

processamento digital de imagens, com destaque para uma tendência direcionada para o “processamento baseado em objetos” (BLASCHKE; KUX, 2005) e métodos de análise da expansão urbana (RIBEIRO; KUX, 2009).

Na classificação baseada em objetos considera-se além da informação espectral, informações geométricas, espaciais, texturais e de contexto, e por meio de técnicas de segmentação trata os alvos das imagens como objetos e não somente como pixels isolados.

METODOLOGIA

Banco de dados

Os procedimentos iniciais do trabalho foram voltados à elaboração da base cartográfica e montagem de um banco de dados em sistema de informação geográfica (SIG), utilizando-se da plataforma ArcGIS. A base cartográfica compreende planos de informação elaborados pela COBRAPE (2007) a partir da digitalização das cartas topográficas 1:10.000 da EMPLASA (1980/81) e pelo DAEE a partir da digitalização das cartas topográficas 1:50.000 do IBGE a partir da década de 70.

Imagens e produtos dos satélites LANDSAT e IKONOS, bem como os planos de informação dos setores censitários do IBGE de 2010 foram integrados ao banco de dados espaciais. Também foram utilizados os seguintes dados auxiliares:

- Imagens GLS-LANDSAT;
- Ortofotos da EMPLASA, ano de 2007;
- “Levantamento da vegetação natural e das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica de Guarapiranga”, do Instituto Florestal (2009);
- Mapa de Uso e Ocupação do Solo de 2002, da EMPLASA (2005);
- Banco de dados espaciais do Google Earth disponível na web.

Os dados relativos à população residente na bacia foram obtidos a partir do Censo Demográfico realizado pelo IBGE para o ano de 2010. Foram considerados apenas os setores censitários cujos centróides estão contidos no perímetro da bacia contribuinte do Guarapiranga. Esta variável foi analisada com o objetivo de estimar o volume de produção de

esgotos domésticos na bacia e, portanto, a intensidade da geração de resíduos.

Mapeamento de uso e cobertura da terra

Conforme Heymann (1994), os levantamentos de uso da terra devem observar três princípios básicos considerados no trabalho:

- a) a escala de mapeamento;
- b) a definição da unidade de mapeamento e a definição da menor área a ser mapeada;
- c) a nomenclatura.

O mapeamento de uso e cobertura da terra foi executado em diferentes escalas considerando os objetivos do trabalho de reconhecer a dinâmica territorial na bacia e a situação atual dos terrenos produtivos e ocupados, analisando estes como fontes potenciais de contaminação que podem atingir o corpo d'água do Reservatório Guarapiranga a partir das sub-bacias hidrográficas contribuintes.

A dimensão da bacia e a complexidade dos padrões de uso da terra observados, adequando-se a fontes de dados, foram fatores determinantes na definição das escalas do mapeamento. Desta forma, foram realizados dois estudos.

Um dos estudos corresponde ao levantamento genérico de cobertura da terra na escala regional 1:100.000 para a visão geral da bacia em diferentes datas (1986, 1996, 2010) com base em imagens LANDSAT.

O outro estudo corresponde ao levantamento de uso e cobertura da terra foi realizado em

escala de detalhe com base em imagens multiespectrais IKONOS (28/05/2012). O detalhe foi definido na escala 1:10.000 para as áreas urbanas e 1:20.000 para as demais coberturas presentes na bacia.

A nomenclatura adotada para o mapeamento em detalhe foi definida a partir das primeiras observações da imagem IKONOS que permitiram elaborar um sistema de classificação onde foram agrupadas e hierarquizadas as classes de mapeamento. O primeiro nível hierárquico agrupa as classes de cobertura de forma generalizada, enquanto que o segundo nível reúne as classes de uso da terra.

O terceiro nível da classificação apresenta o detalhamento do padrão da ocupação urbana incluindo parâmetros urbanísticos e características construtivas do conjunto das áreas urbanas, estes parâmetros considerados como classes de atributo. Este mapeamento foi realizado com base no sistema de classificação desenvolvido por Tominaga et al. (2004), Tominaga et al. (2005), Rossini-Penteado et al. (2005), Rossini-Penteado et al. (2007) e CPLA & IG (2013).

O sistema de classificação apresentado no Quadro 1, norteou o desenvolvimento do mapeamento e a elaboração do banco de dados espaciais no SIG.

Quadro 1. Sistema de classificação adotado na execução do mapeamento de uso e cobertura da terra em escala de detalhe.

NÍVEL I	NÍVEL II	NÍVEL III
1. Áreas Urbanas ou Edificadas	1.1 Residencial/Comercial/Serviços	i) Densidade de Ocupação i.1 muito alta i.2 alta i.3 média i.4 baixa i.5 muito baixa
		ii) Estágio de Ocupação ii.1 Consolidado ii.2 Em consolidação ii.3 Rarefeito
		iii) Ordenamento Urbano iii.1 muito alto iii.2 alto iii.3 médio iii.4 baixo iii.5 muito baixo
		iv) Pavimentação iv.1 Pavimentado (Sim) iv.2 Não Pavimentado (Não)
	1.2 Loteamento	iv) Pavimentação iv.1 Pavimentado (Sim) iv.2 Não Pavimentado (Não)
		v) Cobertura do Lote (com vegetação) v.1 Sim v.2 Não
	1.3 Espaço Verde Urbano	-
	1.4 Grande Equipamento	iv) Pavimentação iv.1 Pavimentado (Sim) iv.2 Não Pavimentado (Não)
		1.4.1 Agrícola 1.4.2 Industrial/Comercial 1.4.3 Institucional 1.4.4 Lazer 1.4.5 Mineração 1.4.6 Resíduos/Cemitérios
	1.5 Rodovia/estrada	iv) Pavimentação iv.1 Pavimentado (Sim)

		iv.2 Não Pavimentado (Não)
2. Áreas Agrosilvopastoris	2.1 Agricultura	-
	2.2 Campo	-
	2.3 Reflorestamento	-
3. Espaços Abertos com Pouca ou Nenhuma Cobertura Vegetal	3.1 Solo Exposto	-
4. Superfícies Naturais	4.1 Mata	-
5. Corpos d'água	5.1 Corpo d'água	-

Classificação automática das imagens LANDSAT

A classificação das imagens LANDSAT foi realizada por meio do programa ERDAS pelo método Isodata e posterior agrupamento nas seguintes classes: vegetação florestal, vegetação rasteira, área edificada, espelho d'água e solo exposto.

As imagens do satélite LANDSAT-5 utilizadas nesta análise foram as seguintes:

- Ano de 1986: órbita 219, ponto 76 de 19 de junho
- Ano de 1986: órbita 219, ponto 77 de 02 de maio
- Ano de 1996: órbita 219, ponto 76 de 26 de março
- Ano de 1997: órbita 219, ponto 77 de 17 de junho
- Ano de 2010: órbita 219, ponto 76 de 24 de agosto
- Ano de 2010: órbita 219, ponto 77 de 24 de agosto

Classificação automática orientada a objeto da imagem IKONOS

O mapeamento das áreas agrosilvopastoris, espaços abertos, superfícies naturais e corpos d'água, ou seja, a obtenção das classes não urbanas de uso e cobertura da terra foi realizada a partir de técnicas de análise de imagens baseada em objetos (OBIA, do inglês *object-based image analysis*), utilizando o programa ENVI EX e eCognition, além do programa de mineração de dados WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*).

Foi aplicado o método de classificação baseado em regras, que utilizam características espaciais, espectrais e de textura em imagens multispectrais do satélite IKONOS nas bandas azul, verde, vermelho e infra-vermelho próximo com resolução de 4 metros, e pancromática com 1 metro. A partir destas foram geradas bandas auxiliares através de aritmética (média, razão,

desvio padrão) para a realização de testes com diferentes atributos ao longo do processamento. O polígono mínimo definido para os objetos não-urbanos foi com dimensão igual ou superior a 1,5 hectare.

A diversidade de tipos de cobertura possibilitou que fossem ordenados diferentes níveis de segmentação da imagem. O nível 1 corresponde à segmentação com o objetivo de delimitar os objetos para classificar as áreas vegetadas e as áreas não vegetadas. A regra inicial foi utilizar o índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN), baseado nos valores de reflectância da banda no Vermelho (V) e Infravermelho próximo (IVP), cuja formulação requer uma razão entre bandas (NDVI: $IVP - V / IVP + V$). Este atributo é disponibilizado de forma automática pelo ENVI-EX.

O nível 2 corresponde a classificação da vegetação resultante do nível 1, com o objetivo de separar a vegetação arbórea e herbácea. Para tanto utilizou-se o programa eCognition para uma nova segmentação. Foram coletadas amostras das duas classes e inseridas no programa WEKA, onde foi selecionado o atributo textural GLDV Ang. 2nd moment (45°).

A subdivisão da classe de vegetação arbórea nas classes mata e reflorestamento foi efetuada com auxílio dos dados do “Levantamento da vegetação natural e das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica de Guarapiranga” (IF, 2009), conjuntamente com a interpretação visual da imagem do satélite IKONOS na separação das duas classes.

A subdivisão da classe vegetação herbácea/arbustiva, resultante do nível 2, nas classes de campo e agricultura, foi efetuada com auxílio do Mapa de Uso e Ocupação do Solo (EMPLASA, 2005) e interpretação visual da imagem de satélite.

Paralelamente, no nível 2 para a classe de áreas não vegetadas, resultante do nível 1, foi realizada uma nova segmentação no programa ENVI EX para delimitar os objetos das classes solo exposto e corpos d' água. Para separar as

duas classes utilizou-se valores da média da banda do vermelho.

As regras definidas e procedimentos auxiliares utilizados são apresentados de forma sintética na Figura 2.

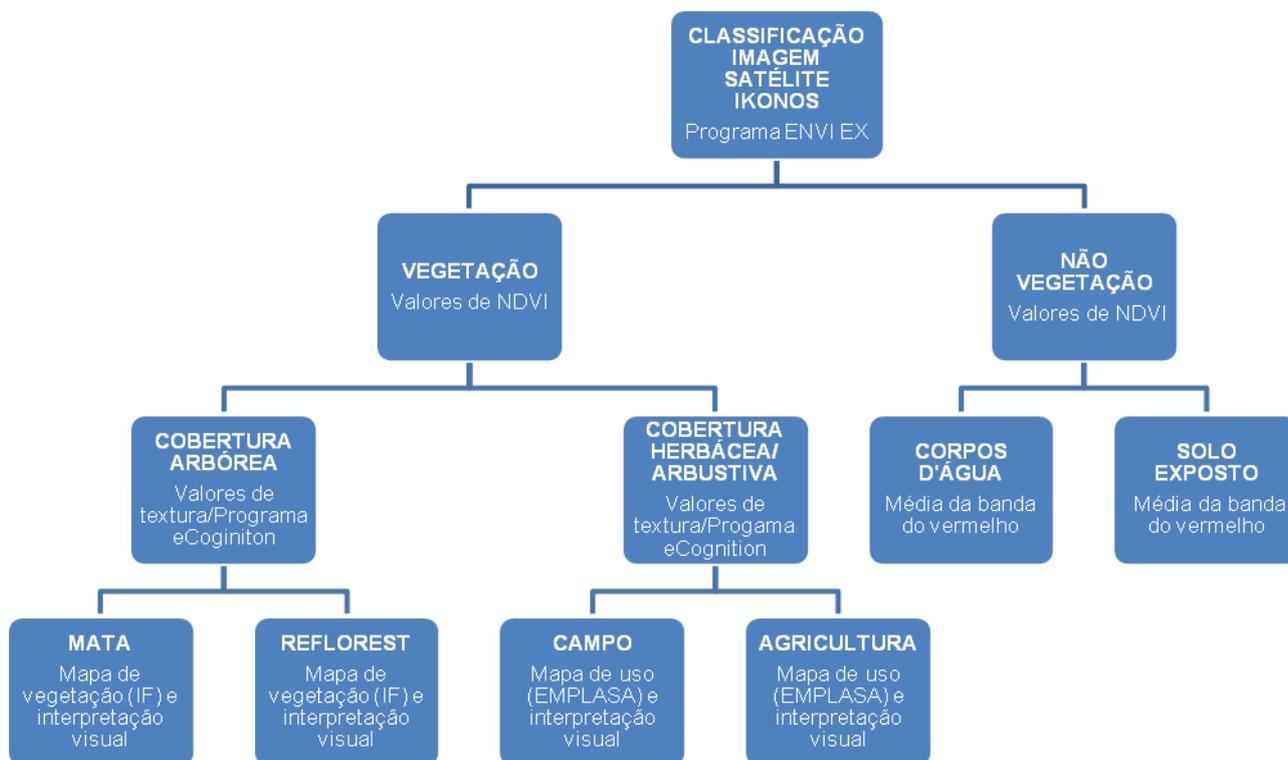


Figura 2. Organograma das regras e técnicas auxiliares utilizadas na classificação orientada a objeto (OBIA).

A partir da definição das etapas de classificação apresentadas, dos parâmetros de níveis de segmentação e das regras para cada

classe, foi gerado o mapa de cobertura utilizando OBIA. A Figura 3 ilustra o resultado da aplicação sobre a imagem IKONOS.



Figura 3. Exemplo de resultado da classificação OBIA aplicada a área de estudo.

Mapeamento das áreas urbanas ou edificadas

O mapeamento das áreas urbanas ou edificadas, tipologia de uso e ocupação urbana (ROSSINI-PENTADO et al, 2007b,

FERREIRA;ROSSINI-PENTEADO, 2011) foi efetuado a partir da interpretação visual da imagem composição cor natural do IKONOS com resolução espacial de 1 metro, tendo sido

utilizado um polígono mínimo 0,5 ha. Nesta etapa foram discriminadas as áreas com uso predominantemente do tipo:

- a) residencial/comercial/serviços;
- b) loteamento em implantação: com traçado do sistema viário e não edificada;
- c) grande equipamento (áreas ocupadas por indústrias, galpões de comércio, mineração, áreas institucionais, estufas agrícolas, áreas de lazer, depósitos de resíduos e cemitérios);
- d) espaço verde urbano: inclui praças, parques e demais áreas verdes públicas e arborização;
- e) macro-viário (áreas ocupadas pela rodovia Regis Bittencourt e o rodoanel Mário Covas – trecho Sul).

As áreas com uso “residencial/comercial/serviços”, foram delimitadas e caracterizadas quanto ao padrão da ocupação, considerando três critérios básicos da estrutura urbana, sendo eles:

a) Densidade de Ocupação: característica relacionada com a intensidade da ocupação do solo, representando a relação entre o tamanho ou número de lotes por unidade de área. Permite diferenciar áreas com ocupação mais densa, daquelas com ocupação menos densa, sendo:

- Muito alta densidade: áreas com lotes de até 125m² ou com edificações verticais (prédios);
- Alta densidade: áreas com lotes de 125 m² até 250m²;
- Média densidade: áreas com lotes de 250m² a 450m²;
- Baixa densidade: áreas com lotes maiores que 450m²;

- Muito baixa densidade: ocupações esparsas como sítios e chácaras residenciais.

b) Estágio de Ocupação: revela a fase atual da ocupação ou proporção de lotes efetivamente construídos no setor. Foram diferenciados três estágios de ocupação:

- áreas consolidadas (mais de 80% de lotes construídos);
- áreas em consolidação (de 30 a 80% de lotes construídos);
- áreas com ocupação rarefeita (até 30% dos lotes construídos).

c) Ordenamento Urbano: definido a partir da existência e combinação de três elementos urbanos básicos, conforme Quadro 2:

- arborização urbana (ao longo de ruas e quintais das residências);
- pavimentação;
- traçado do sistema viário.

d) Cobertura de loteamento: definido a partir da existência ou não de vegetação recobrando a área terraplenada para implantação do loteamento.

e) Pavimentação: definido a partir da existência ou não de pavimentação.

Validação do mapeamento

A validação do mapeamento foi feita com base nos procedimentos propostos por Congalton (1991), onde este indica que para grandes áreas sejam amostradas entre 75 e 100 amostras por classe do mapeamento para o cálculo da acurácia do mesmo. Para este trabalho foram gerados 75 pontos aleatórios para cada classe de uso da terra (Nível II) verificados quanto a verdade terrestre.

Quadro 2. Parâmetros utilizados na classificação do ordenamento urbano na bacia contribuinte do reservatório Guarapiranga.

CLASSES DE ORDENAMENTO URBANO	TRAÇADO DO SISTEMA VIÁRIO	EXISTÊNCIA DE PAVIMENTAÇÃO	ARBORIZAÇÃO URBANA
MUITO ALTO	SIM	SIM	SIM
ALTO	SIM	SIM	NÃO
MÉDIO	SIM	NÃO	SIM ou NÃO
BAIXO	NÃO	NÃO	SIM
MUITO BAIXO	NÃO	NÃO	NÃO

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dinâmica da cobertura da terra na bacia (1986, 1996, 2010)

Os dados gerados das imagens LANDSAT revelaram uma dinâmica de crescente urbanização desde a década de 80. Os

resultados são apresentados na Tabela 1. A Figura 4 ilustra o incremento urbano observado na bacia.

Tabela 1. Variação na proporção das coberturas da terra em diferentes datas na bacia contribuinte do Guarapiranga.

CLASSES DE COBERTURA DA TERRA	ANOS		
	1986	1996	2010
VEGETAÇÃO FLORESTAL	53,2%	62,4%	48,3%
VEGETAÇÃO RASTEIRA	41%	27,2%	40,6%
ÁREA EDIFICADA	5,3%	8,8%	10,3%
SOLO EXPOSTO	0,4%	1,2%	0,5%
ESPELHO D'ÁGUA	0,1%	0,4%	0,3%

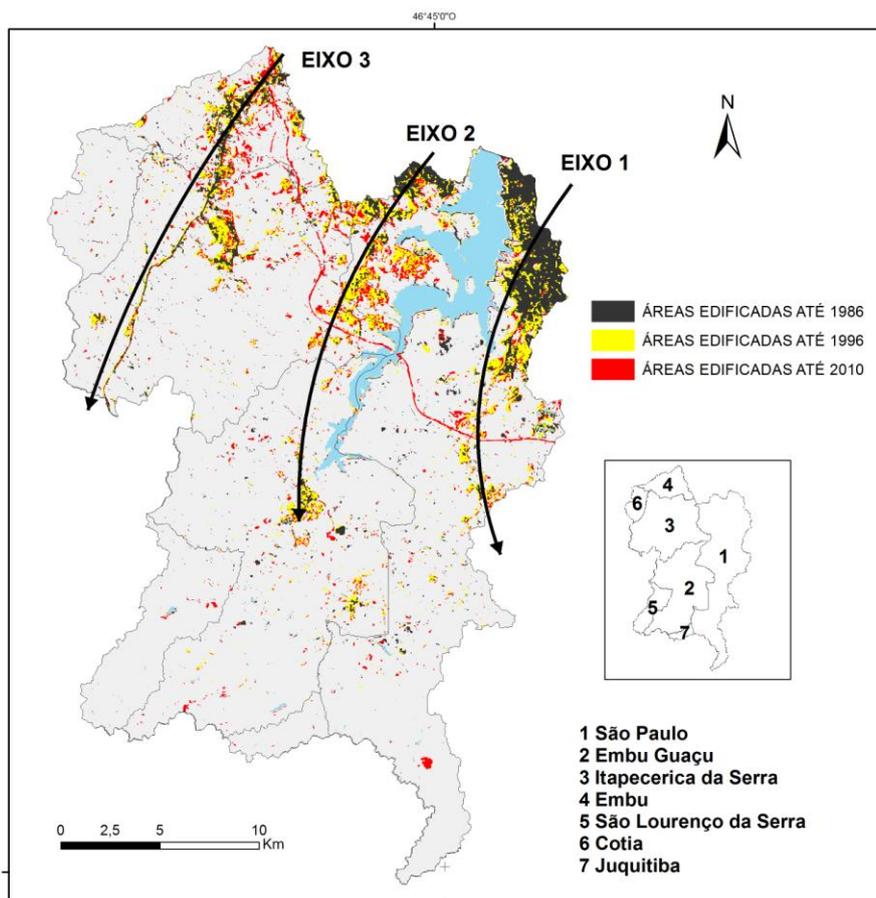


Figura 4. Mapa de incremento urbano observado na bacia contribuinte do reservatório Guarapiranga.

Os resultados demonstram haver três eixos de crescimento urbano principais. O primeiro desenvolve-se a partir do bairro Capela do Socorro em direção sul sentido Parelheiros na Margem Direita do reservatório no município de São Paulo. O segundo também se desenvolve na direção sul na Margem Esquerda do reservatório, tendo um trecho principal a partir do Jardim São Luís sentido Jardim Ângela no município de São Paulo, passando pelo extremo sudeste de Itapecerica da Serra e dirigindo-se para o centro de Embu Guaçu.

O terceiro, também na direção sul, ocorre ao longo da rodovia Régis Bittencourt, envolvendo os municípios de Embu e Itapecerica da Serra. Crescimentos urbanos também são observados em torno do centro de Itapecerica da Serra, Embu Guaçu e o bairro de Cipó Guaçu.

Entre os eixos de crescimento 2 e 3 localizados na margem esquerda do Guarapiranga, envolvendo os municípios de Embu, Itapecerica da Serra e São Paulo, nota-se uma tendência de conurbação onde diversas áreas urbanas estão gradualmente se

aglomerando. Esse fato deverá ser agravado com o funcionamento do Rodoanel Metropolitano Mário Covas que no município de Embu apresenta acesso para a Rodovia Régis Bittencourt, promovendo a intensificação do processo de ocupação territorial nas proximidades.

Mapeamento de uso da terra (2012)

O mapeamento de uso da terra da bacia revelou notável complexidade e significativa diversidade de tipos e categorias de cobertura e uso da terra, como pode ser constatado do sistema de classificação proposto. A acurácia geral do mapeamento foi de 90,29%. Todas as

classes, com exceção da Reflorestamento, resultaram em um percentual maior que 80%, portanto, consideradas satisfatórias.

O método adotado demonstrou bons resultados, especialmente com respeito às classes obtidas com fotointerpretação. Por outro lado, os reflorestamentos foram observados em maciços arbóreos mistos relacionados a reflorestamentos abandonados, e assim, apresentaram certa confusão com a classe Mata.

A Figura 5 e a Tabela 2 apresentam de forma simplificada o mapa de uso da terra e os dados obtidos para a bacia incluindo o reservatório principal.

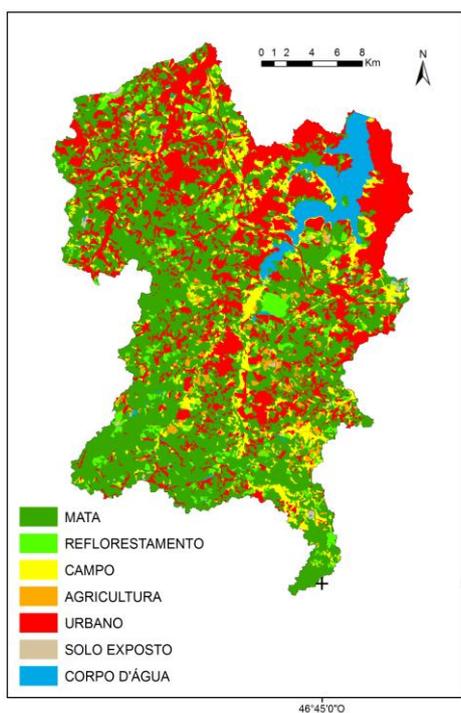


Figura 5. Mapa simplificado de uso da terra de 2012 da bacia contribuinte do Guarapiranga.

Tabela 2. Dados simplificados de cobertura e uso da terra do Guarapiranga.

	ÁREA ABSOLUTA (ha)	ÁREA RELATIVA (%)
MATA	31.193,8	51,0
URBANO		
RESIDENCIAL*	10.603,3	17,3
CAMPO	5.957,6	9,7
CHÁCARA**	4.665,3	7,6
REFLORESTAMENTO	3.381,2	5,5
GRANDE		
EQUIPAMENTO	2.579,4	4,2
AGRICULTURA	1.422,4	2,3
RODOVIA	480,4	0,8
SOLO EXPOSTO	274,7	0,4
CORPO D'ÁGUA	248,2	0,4
LOTEAMENTO	158,7	0,3
VERDE URBANO	165,2	0,3

* Exceto áreas com muito baixa densidade de ocupação. Inclui comércio e serviços de pequeno porte

** Áreas residenciais com muito baixa densidade de ocupação.

Comprovando o que os dados populacionais demonstraram, observa-se em campo e no mapeamento um processo de urbanização notável na bacia, com características de expansão periférica e dispersa. As áreas urbanas evidenciadas são constituídas essencialmente por ocupações residenciais e, de forma subordinada, por atividades que incluem comércios e serviços. Associados à urbanização, também são encontrados grandes equipamentos formados por indústrias, supermercados, escolas, hospitais, clubes e macroestruturas viárias. As atividades antrópicas relacionadas à moradia, tráfego, comércio, produção e exploração econômica, serviços públicos, entre outras, que se situam nestas áreas são reconhecidamente intensas.

Quanto aos Grandes Equipamentos, nota-se que predominam os galpões industriais e comerciais que representam 55,9% da área total respectiva a esta categoria. Em seguida estão os equipamentos de lazer (21%), estufas agrícolas (8,7%), os equipamentos institucionais (8,4%), os cemitérios e áreas de deposição de resíduos sólidos (4,4%) e as áreas de mineração (1,6%).

A bacia possui uma cobertura arbórea onde predomina a mata constituída principalmente por remanescentes nativos da floresta atlântica em diferentes estágios de sucessão ecológica, e de forma reduzida áreas de reflorestamento especialmente de eucalipto. É frequente a ocorrência de maciços arbóreos mistos onde ocorrem espécies nativas da mata e exóticas de reflorestamento, revelando áreas abandonadas onde a mata regenerou. Este foi um aspecto que gerou certa dificuldade no mapeamento e diferenciação da vegetação arbórea reduzindo um pouco a acurácia do levantamento.

Embora haja 9,7% de áreas de campo, nota-se que estas são no geral subutilizadas ou mesmo abandonadas, haja vista que não foi observada em campo a existência de rebanhos significativos. A baixa proporção de áreas de reflorestamento, campo e agricultura, indica que as atividades rurais, comparadas às urbanas, são pouco expressivas na bacia.

As áreas urbanas residenciais apresentam conjuntos com diferentes concentrações de moradias, em diferentes estágios de ocupação (Tabela 3). Aquelas com densidade muito alta, alta e média, apresentam alto grau de impermeabilização do solo (Figura 6). Verifica-

se que cerca de 60% das áreas urbanas residenciais estão consolidadas, enquanto o restante apresenta terrenos ociosos passíveis de ocupação e, portanto, crescimento urbano. As chácaras, embora sejam áreas residenciais com densidade e impermeabilização do solo muito baixa, diante da dinâmica territorial observada podem se constituir em futuras áreas a serem adensadas.

A análise do ordenamento urbano revelou que a malha viária não apresenta pavimentação em 56,1% do total das áreas urbanas e em 17% destas não apresenta traçado organizado. A ausência de pavimentação implica também na ausência de microdrenagem e ocorrência de processos erosivos no leito carroçável, evidenciado em campo. A malha viária observada é bastante extensa e distribuída por toda a bacia, constituindo-se em elemento indutor do crescimento urbano.

Análise das áreas de contribuição dos pontos GUA-01 e GUA-10

Estudos realizados no âmbito do Projeto ACQUASED (BICUDO; BICUDO, 2013) com base no perfil de ocorrência de fármacos detectaram regiões diferenciadas quanto à qualidade da água no reservatório: áreas menos impactadas (GUA-01 a GUA-05 e GUA-14), áreas de impacto intermediário (GUA-06 a GUA-09) e áreas mais impactadas (GUA-10 a GUA-13).

“A presença da cafeína em todas as amostras e em concentrações maiores (27 ng L-1 a 3483 ng L-1) sugere a ocorrência de descarga direta de esgoto doméstico na represa Guarapiranga, que altera a qualidade da água e pode estar relacionada com a ocupação urbana e do solo. A presença dos fármacos também pode ser proveniente de lançamento indireto de esgoto doméstico por meio de seus tributários.”

Foram escolhidos para esta análise os pontos GUA-01 e GUA-10 levantados no Projeto ACQUASED e respectivas áreas de contribuição do escoamento superficial das águas, definidas em função das sub-bacias contribuintes situadas a montante dos pontos de coleta no Reservatório Guarapiranga. A qualidade da água nestes pontos revelou

significativo contraste entre o ponto **GUA-01 com baixo grau de impacto** e o ponto **GUA-10 com alto grau de impacto** decorrente de cargas de esgotos (BICUDO; BICUDO, 2013). A Figura 7 expressa a localização das áreas de contribuição e pontos de coleta da água analisados.

Tabela 3. Proporção das áreas urbanas residenciais com relação à densidade em diferentes estágios de ocupação.

DENSIDADE DA OCUPAÇÃO	ESTÁGIO DA OCUPAÇÃO					
	CONSOLIDADO		EM CONSOLIDAÇÃO		RAREFEITO	
MUITO ALTA	1073,1 ha	7,0 %	306,1 ha	2,0 %	12,5 ha	0,1 %
ALTA	2176,8 ha	14,3 %	439,3 ha	2,9 %	48,4 ha	0,3 %
MÉDIA	1153,6 ha	7,6 %	667,7 ha	4,4 %	46,2 ha	0,3 %
BAIXA	1594,9 ha	10,4 %	2614,0 ha	17,1 %	469,1 ha	3,1 %
MUITO BAIXA	3207,0 ha	21,0 %	1216,3 ha	8,0 %	242,0 ha	1,6 %
TOTAL	9205,4 ha	60,3 %	5243,4 ha	34,3 %	818,2 ha	5,4 %

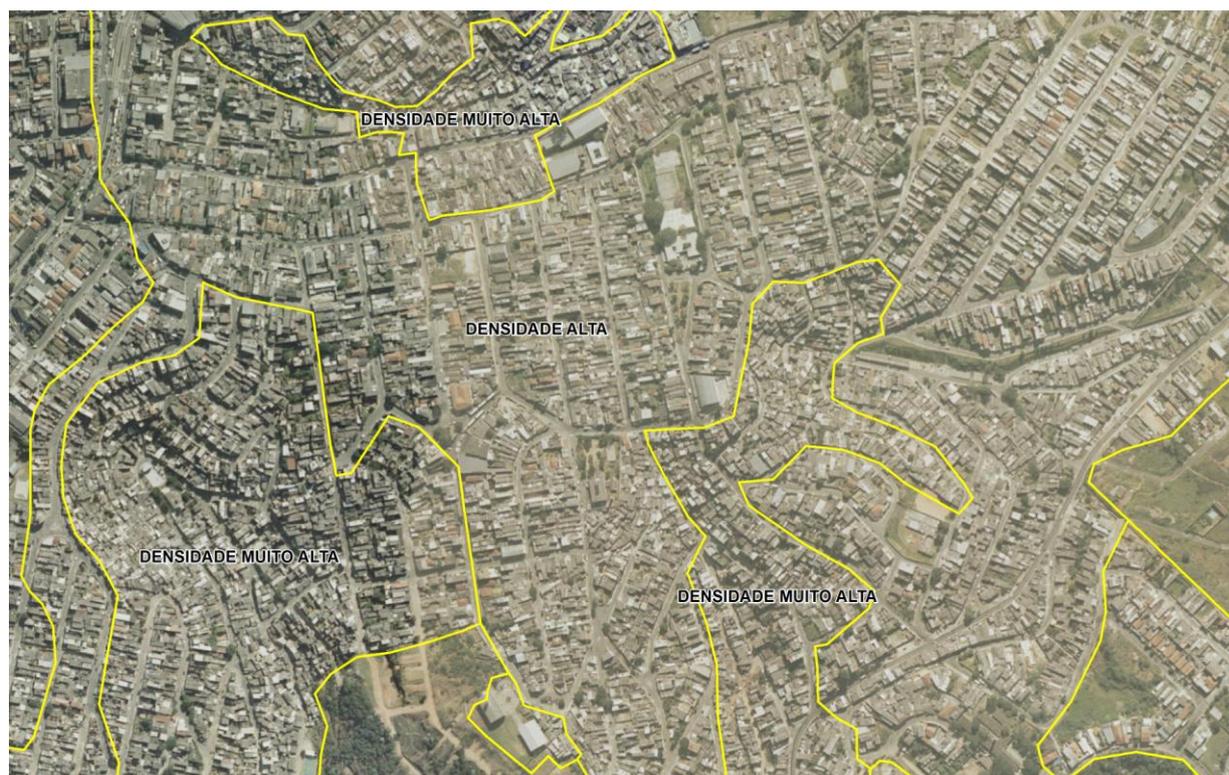


Figura 6. Imagem aérea de áreas densamente ocupadas por residências no Jardim São Luís, município de São Paulo (EMPLASA 2007).

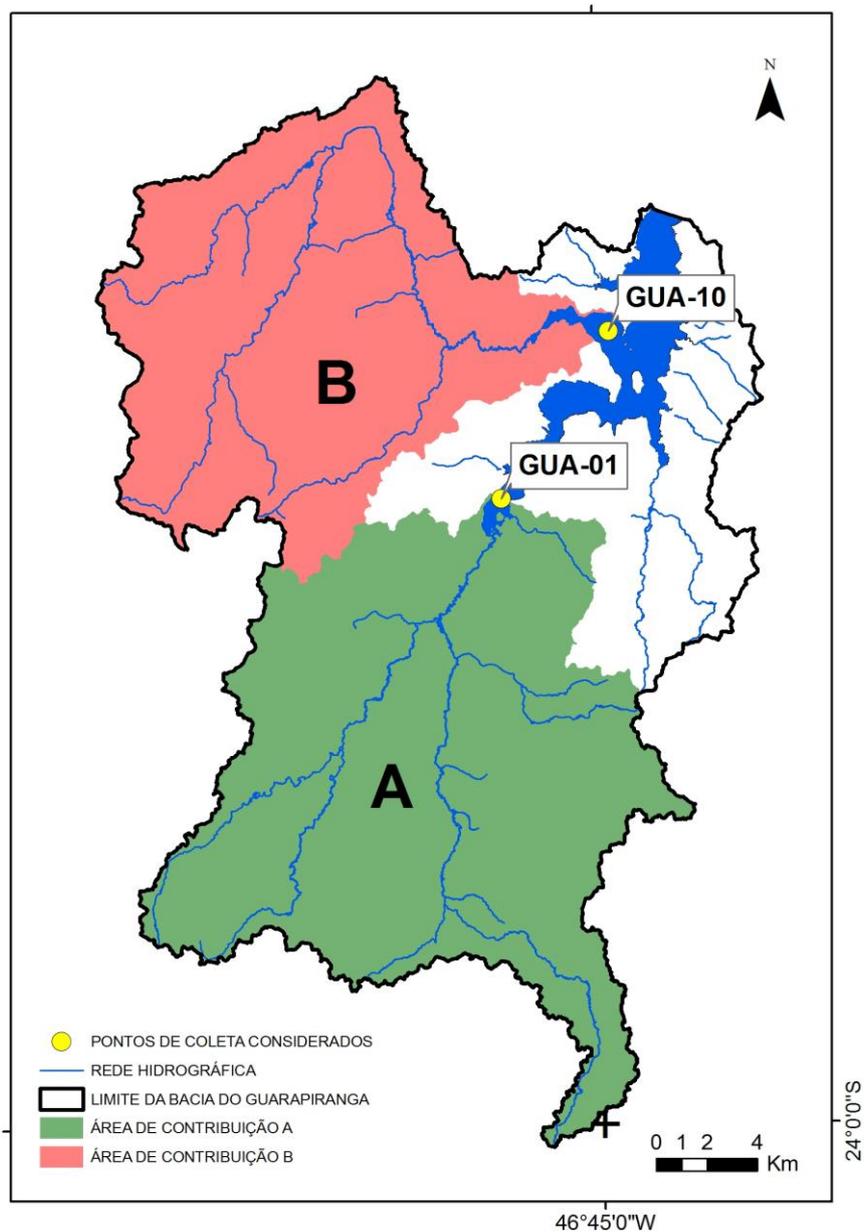


Figura 7. Localização das áreas de contribuição dos pontos de coleta GUA-01 e GUA-10 (ACQUASED) na Bacia do Reservatório Guarapiranga.

A Área de Contribuição A envolve as bacias dos córregos Santa Rita e Embu-Guaçu, enquanto que a Área de Contribuição B

consiste da bacia do córrego Embu Mirim. Dados sobre essas áreas são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Superfície e população das áreas de contribuição relativas aos pontos de coleta GUA-01 e GUA-10 (Projeto ACQUASED) no Reservatório Guarapiranga.

ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO	ÁREA (ha)	POPULAÇÃO
ÁREA A	28.508 (46,6%)	74.870 (8,7 %)
ÁREA B	21.126 (34,5%)	296.182 (34,3%)
BACIA DO GUARAPIRANGA	61.130 (100%)	862.878 (100%)

Os dados de uso da terra observados das Áreas de Contribuição A e B relacionados

respectivamente aos pontos de coleta GUA-01 e GUA-10 são apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Dados relativos às áreas abrangidas pelos diferentes tipos de cobertura e uso da terra nas Áreas de Contribuição A e B.

	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO A	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO B
MATA	62,1	46,4
URBANO RESIDENCIAL*	8,1	20,3
CAMPO	9,7	9,2
CHÁCARA**	8,2	7,6
REFLORESTAMENTO	6,1	5,8
GRANDE EQUIPAMENTO	1,3	6,8
AGRICULTURA	3,7	0,9
RODOVIA	0,1	1,6
SOLO EXPOSTO	0,3	0,8
CORPO D'ÁGUA	0,5	0,4
VERDE URBANO	0	0,2

* Exceto áreas com muito baixa densidade de ocupação. Inclui comércio e serviços de pequeno porte

** Áreas residenciais com muito baixa densidade de ocupação

Tabela 6. Quantidade de hospitais, áreas com galpões comerciais/industriais e áreas de disposição de resíduos sólidos nas Áreas de Contribuição A e B.

	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO A	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO B
HOSPITAIS	0	3
COMERCIAIS/INDUSTRIAIS	25	165
DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS	0	5*

*um deles localizado na margem do reservatório cerca de 800 metros do ponto GUA-10.

Os resultados apresentados demonstram uma clara relação entre a qualidade da água dos pontos GUA-01 e GUA-10 e a intensidade da ocupação nas respectivas áreas de contribuição. A ocupação residencial e a população observada na Área de Contribuição B, considerando ainda a quantidade de hospitais e atividades comerciais/industriais presentes, revela uma situação efetiva de fontes de

contaminação hídrica que impacta sobremaneira a qualidade das águas no ponto GUA-10.

Por outro lado, a Área de Contribuição A encontra-se razoavelmente conservada, muito embora esteja ameaçada pela dinâmica observada na bacia como um todo, podendo gradualmente decair a qualidade das águas do ponto GUA-01.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica territorial observada na bacia demonstra um franco processo de urbanização que progride na direção de determinados eixos.

O uso da terra do ano de 2012, bem como os dados populacionais do IBGE de 2010, demonstram um quadro de saturação em certos

núcleos urbanos extremamente densos. Por outro lado, o levantamento revelou um potencial latente de crescimento urbano destacado pelo expressivo número de terrenos ociosos ou pouco densos, e da extensa malha viária que se distribui por toda a bacia, incluindo eixos rodoviários proeminentes.

A urbanização densa, associada a existência de diversos equipamentos destacam-se como fontes potenciais de contaminação que apontam

para uma geração expressiva de cargas que escoam e contaminam o reservatório do Guarapiranga. O mapeamento realizado e o banco de dados espaciais resultantes permitem a realização de estudos de correlação entre os parâmetros de qualidade das águas superficiais e o uso da terra nas diferentes áreas de contribuição que podem ser delimitadas para o Reservatório Guarapiranga.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Botânica, à Coordenadoria de Planejamento Ambiental e ao Instituto Geológico, ambos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo.

BIBLIOGRAFIA

1. ALMEIDA, G. A.; WEBER, R. R. Fármacos na Represa Billings. *Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal*, v. 6, n. 2, p. 07 – 13, 2005.
2. BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. Reconstrução paleolimnológica da represa Guarapiranga e diagnóstico da qualidade atual da água e dos sedimentos de mananciais da RMSP com vistas ao gerenciamento do abastecimento. Projeto Temático AcquaSed (Processo Número: 2009/53898-9). Relatório nº 3. 143 p. 1 mapa. 2013.
3. BLASCHKE, T.; KUX, H. (org.). *Sensoriamento Remoto e SIG Avançados. Novos Sistemas Sensores e Métodos Inovadores*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 286 p.
4. BOSSARD, M.; FERANEC, J.; OTAHEL, J. (Org). *Project manager: Chris Steenmans. Corine land cover technical guide: addendum 2000*. Copenhagen: European Environment Agency, 2000. (Technical report, n. 40). Disponível em: <<http://reports.eea.eu.int/tech40add/en/tech40add.pdf>>.
5. CERRI, L. E. S. & AMARAL, C. P. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de (Ed.) *Geologia de engenharia*. São Paulo. ABGE, 1998. p. 301-310.
6. COBRAPE (Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos). 2007. *Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga – PDPA*, São Paulo: Cobrape.
7. CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing and Environment*, v 37, p. 35 – 46, 1991.
8. CPLA/IG/SMA (Coordenadoria de Planejamento Ambiental, Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo), 2013. *Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo da UGRHI 5 (PCJ) - Escala 1:25.000*. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/mapa-de-uso-e-ocupacao-da-terra-ugrhi-5-pcj/>.
9. EIGER, S. Qualidade das águas em rios e estuários. In: PORTO et al (Org.). *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. p. 69-164.
10. EMPLASA (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A). 2005. *Mapa de Uso do Solo da RMSP*. São Paulo: EMPLASA. Escala 1: 25.000.
11. FOSTER, E.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. *Protección de la calidad del agua subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*, 2002.
12. HEYMANN, Y. *Corine land cover technical guide*. Luxembourg: European Commission, 1994. 136 p.
13. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2010. *Censo demográfico de 2010*. Disponível em www.ibge.gov.br.
14. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Cartas topográficas na escala 1:50.000, folhas Osasco, São Paulo, Embu-Guaçu, Itanhaém e Riacho Grande*. 1980.
15. IBGE. *Manual técnico de uso da Terra. Manuais Técnicos em Geociências, número 7*. Rio de Janeiro: IBGE. 2ª ed. 2006.
16. INSTITUTO FLORESTAL. *Levantamento da vegetação natural e das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica de Guarapiranga*. São Paulo: Instituto Florestal, 2009. 23 p. (Relatório)
17. LIKENS, G. E., 1992. *The Ecosystem Approach: Its Use and Abuse*. Germany: Ecology Institute, W 21-24 Oldendorf/Luhe. 190p.
18. LUCA, S. J. Alternativas de controle da poluição. In: PORTO et al (Org.). *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. p. 299-348.
19. MENDES; D.; CARVALHO, M. C. W. de. A ocupação a represa Guarapiranga: perspectiva histórico-urbanística. In: FRANÇA, E. *Guarapiranga: recuperação urbana e ambiental no Município de São Paulo*. São Paulo: M. Carrilho Arquitetos, 2000. p. 39-66.
20. NOGUEIRA, V. P. Q. Qualidade da água em lagos e reservatórios. In: PORTO et al (Org.). *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. p. 165-201.
21. OLIVEIRA, A. M. S.; Andrade, M. R. M.; Barros, E. J.; Takyá, H. *Construção da Legenda para mapa de uso do solo aplicado à análise geoambiental do Município de Guarulhos, SP. 6º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental – Uberlândia, MG. 2007. 703-712p.*
22. OLIVEIRA, A. M. S.; Andrade, M. R. M.; Sato, S. E.; Queiroz, W. *Mapa de Uso do solo de Guarulhos. 7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental*. Maringá, PR. 2010.
23. PORTO, F. A. M.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. *Caracterização da qualidade da água* In: PORTO et al (Org.). *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. p. 299-348.
24. PRANDINI, F. L.; NAKAZAWA, V. A.; LUZ DE FREITAS, C. G.; DINIZ, N. C. *Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais*. In: BITAR, O. Y.

- (coord.). Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo. p. 187-202. 1995.
25. RIBEIRO, B. M. G. ; KUX, H. J. H. Classificação Orientada a Objeto para Mapeamento do Uso do Solo: Métodos de Análise de Expansão Urbana. 2009.
26. ROSSINI-PENTEADO, D. et al. 2005. Mapa de uso e ocupação aplicado à prognósticos ambientais no âmbito do projeto SIIGAL. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 11, São Paulo-SP. Anais... São Paulo: Departamento de Geografia/FFLCH/USP (CD-ROM).
27. ROSSINI-PENTEADO, D., FERREIRA, C.J.; GIBERTI, P.P.C. 2007. Quantificação da vulnerabilidade e dano aplicados ao mapeamento e análise de risco, escala 1:10.000, Ubatuba-SP. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos, 2, Santos SP. Anais... Santos: ABGE (CD-ROM).
28. SALOMÃO, F. X. T. Controle dos processos erosivos. In: GUERRA, A. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org.) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-267.
29. SANTOS, M. Espaço e método. 4ª ed. São Paulo: Nobel, 1997.
30. SÃO PAULO. Lei Estadual nº 1.172 de 17 de novembro de 1976: Delimita as áreas de proteção relativas aos mananciais, cursos e reservatórios de água, a que se refere o artigo 2º da Lei Estadual nº 898, 18 de dezembro de 1975, estabelece normas de restrição do uso do solo em tais áreas e dá providências correlatas. 1976.
31. SHIHOMATSU, H. M.; MARTINS, E. A. J.; COTRIM, M. E. B.; LEBRE, D. T.; PIRES, M. A. F. Metodologia para determinação de cocaína e benzoilecgonina em águas superficiais. Proceedings of International Conference on Engineering and Technology Education. Guimarães, Portugal. Vol.13, p. 296-301, 2014a.
32. SHIHOMATSU, H. M.; MARTINS, E. A. J.; COTRIM, M. E. B.; LEBRE, D. T.; PIRES, M. A. F. ANTIHYPERTENSIVE; β -BLOCKER; PHARMACEUTICALS; PUBLIC SUPPLY RESERVOIR; SPE-LC-MS/MS. Revista AIDIS Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica, p. 1-6. Monterrey, México, 2014b.
33. STUART, M.; LAPWORTH, D.; CRANE, E.; HART, A. Review of risk from potential emerging contaminants in UK groundwater. Science of the Total Environment 416, p. 1–21, 2012.
34. TCHOBANOGLIOUS, G.; SCHOERDER, E. D. Water quality: characteristics, modeling and modification. Addison-Weslwy Pub. Co..
35. TOMINAGA, L. K.; FERREIRA, C. J.; VEDOVELLO, R.; TAVARES, R.; SANTORO, J.; SOUZA, C. R. Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do LITORAL Norte de São Paulo: conceitos e técnicas. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. São Carlos, 2004.
36. TOMINAGA, L.K., FERREIRA, C.J., VEDOVELLO, R., TAVARES, R. & SANTORO, J. Ocupação urbana e risco a processos de movimentos de massa no litoral norte de São Paulo: Avaliação dos fatores geoambientais. XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. São Paulo, 2005.
37. TUNDISI, J. G. 2003. *Água no século 21: enfrentando a escassez*. São Carlos: Rima Editora, 2003. 263p.
38. TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. Biota Neotropica. 2010, 10(4): 67-76.
39. TUNDISI, J.G.; MATSUMARA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. Ecossistemas de Águas Interiores. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUDISI, J.G. (org.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3ª Ed. São Paulo: Escritores Editores. 2006.

*Manuscrito recebido em: 04 de Dezembro de 2014
Revisado e Aceito em: 12 de Fevereiro de 2015*