

Identificação das Unidades Residenciais Intra-Urbanas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cocaia - Área de Proteção aos Mananciais da represa Billings, SP – utilizando Dados Orbitais de Alta Resolução Espacial

Cláudia Harumi Yuhara¹
Ailton Luchiar¹
Dimas Antonio da Silva²

¹ Universidade de São Paulo
Av. Prof. Lineu Prestes, 338- 05580-999 - São Paulo - SP, Brasil
claudiayuh@yahoo.com.br
aluchiar@usp.br

² Instituto Florestal – IF/SMA
Rua do Horto, 931 - 02377-000 - São Paulo - SP, Brasil
dimas@iflorest.sp.gov.br

Abstract. Billings Dam's water basin, that since the 70's is being legally regarded as a source protection area, has been suffering with the urban expansion of São Paulo's metropolitan area. A set of important information concerning these areas' social-environmental planning is focused on the analysis of the population's space distribution and its social-economic aspects, done via the differentiation presented by the existing residential area. Based on that, the present study has the objective of identifying, using remote sensing techniques, the habitation standards of the population residing at Ribeirão Cocaia's river basin, located at the protection area of Billings reservoir's source, in the south/southeast area of São Paulo City. The present study uses the visual resource of ÍKONOS II to identify the areas that have similar residential occupation characteristics in terms of built area, referred to in this work as Intra-Urban Residential Units. Twelve Intra-Urban Residential Units were identified in the Ribeirão Cocaia's river basin.

Palavras-chave: *Intra-urban residential units, Ikonos II, remote sensing, area of protection of mananciais, unidades residenciais intra-urbanas, Íkonos II, sensoriamento remoto, área de proteção aos mananciais.*

1. Introdução

De acordo com dados do levantamento censitário realizado em 2000 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE,2002), 81,25% da população brasileira estava concentrada em áreas urbanas. No município de São Paulo esse índice subia para 94,04%.

Essa elevada taxa de urbanização do município não acompanhada de uma política urbana eficiente tem trazido conseqüências sócio-ambientais graves, uma vez que o processo de expansão urbana vem ocorrendo de forma intensiva, e ultimamente periférica, atingindo áreas localizadas dentro e fora do limite municipal inadequadas ao assentamento humano, como as áreas de proteção aos mananciais. A ocupação dessas áreas tem levado a uma degradação dos recursos hídricos, considerados escassos na Grande São Paulo.

A represa Billings está localizado no setor sul da Região Metropolitana de São Paulo e é um dos maiores mananciais do Estado de São Paulo. É protegida legalmente desde a década de 1970 como uma área de proteção aos mananciais, entretanto vem sofrendo com o processo de expansão urbana para a periferia da metrópole paulista, causado, em grande parte, pelo deslocamento de população de baixa renda, que devido à falta de acesso ao mercado imobiliário legal, é atraída para essas áreas. Com isso, tem-se verificado um adensamento populacional, no qual predominam as moradias formadas por loteamentos clandestinos, auto-construção e favelas sem instalação de infra-estrutura e saneamento, comprometendo ainda mais a qualidade das águas desse manancial, que corre o risco de se tornar inviável para o abastecimento.

Sendo assim, para o planejamento sócio-ambiental dessas áreas um conjunto de informações imprescindíveis refere-se à análise da distribuição espacial da população e sua caracterização sócio-econômica, que são possíveis de serem identificadas por meio da diferenciação que o espaço residencial construído apresenta. Conforme Kurkdjian (1986), a diferenciação residencial no espaço urbano associado a um Sistema de Informação Geográfica permite a apreensão de sua distribuição espacial e sua interação com a caracterização sócio-econômica da população urbana, localizando com precisão em que parcelas da área urbana devem ocorrer ações planejadas. Dessa forma, a utilização de sensores remotos de alta resolução espacial possibilita um monitoramento mais freqüente, eficaz, e com menos recursos financeiros.

A importância de se aprimorar técnicas para a proteção das áreas de mananciais justifica-se pela constatação da perda progressiva e acelerada das condições para a produção de água, em níveis de risco admissíveis para o abastecimento da população da Região Metropolitana de São Paulo.

De acordo com o exposto, o presente estudo tem como objetivo identificar áreas que possuem características de ocupação residencial semelhantes, localizados na bacia hidrográfica do ribeirão Cocaia, situado em área de proteção aos mananciais da represa Billings, caracterizadas pelo espaço construído e identificadas neste trabalho como *Unidades Residenciais Intra-Urbanas*, a partir da interpretação visual de dados orbitais de satélite de alta resolução espacial. Sendo assim, tem como objetivo maior fornecer subsídios para o processo de formulação e discussão de propostas para a proteção do manancial da Billings.

2. Fundamentação teórica

O estudo do espaço urbano com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto consiste na pesquisa de métodos que permitem a identificação e diferenciação de áreas urbanas, caracterizadas por serem “*constituídas de alvos distintos (concreto, pavimentos, solo nu, edificações com diferentes tipos de cobertura, vegetação, áreas livres, etc), em diferentes proporções, à medida que esses espaços respondem por funções que são definidas em termos de sua ocupação*” (Foresti e Pereira (1987 *apud* Barros, 1998).

Conforme Foresti e Hamburger (1995), a cidade tem demonstrando uma tendência crescente de se fracionarem em áreas homogêneas com características sócio-econômicas similares, em áreas que diferem umas das outras por fatores como classe social, salário, ocupação e grupo étnico.

Porém, a complexidade do ambiente urbano gera dificuldades no estudo do comportamento espectral dos alvos, uma vez que o espectro urbano é composto de uma heterogeneidade de alvos. Como conseqüência, a análise detalhada da área urbana, utilizando dados de sensoriamento remoto só é possível com a utilização de dados de sensores com alta resolução espacial, no qual se verifica uma maior discriminação dos alvos. Assim, apesar das vantagens dos dados orbitais em relação às fotografias aéreas, como menor custo de aquisição e maior área de cobertura, Luchiari (2004) ressalta que a principal limitação desses produtos era a sua resolução espacial, considerada muito pequena para a identificação de elementos no interior do espaço urbano. Verifica-se que anteriormente havia uma limitação da resolução espacial das imagens orbitais. Sendo assim, os primeiros estudos envolvendo o espaço intra-urbano utilizaram fotografias aéreas. Este é o caso das pesquisas de Manso; Barros, Oliveira (1981) e Kurkdjian (1986).

Com a recente evolução tecnológica dos sistemas de sensoriamento remoto orbitais, IKONOS II, em 1999; Quickbird, em 2001; e Orbview em 2003 (Pinho e Kux, 2004), as imagens orbitais começaram a ser utilizadas com mais freqüência e com maiores êxitos nas pesquisas sobre o espaço intra-urbano.

Esses trabalhos podem ser divididos em duas categorias quanto ao procedimento de extração de informações: aqueles que utilizam técnicas de interpretação de imagens de satélite e os que empregam métodos de classificação automática. Quanto às pesquisas que utilizaram técnicas de interpretação visual de imagens de alta resolução, destacam os trabalhos de Souza (2002), Gonçalves *et al.*, 2004 e Pavão, 2006. Em relação às pesquisas que testaram a classificação automática para extração de informação do uso do solo intra-urbano destacam-se as pesquisas de Gonçalves; Pereira; Souza, 2005; Pinho; Kux (2004) e Souza *et al.* (s/d).

3. Área de estudo

A bacia hidrográfica do ribeirão Cocaia localiza-se no sul do município de São Paulo, em área de proteção aos mananciais do reservatório Billings, entre as coordenadas 23°43'10'' a 23°47'18'' de latitude sul e 46°39'45'' a 46°42'25'' de longitude oeste Grw (**Figura 1**). Possui uma área de aproximadamente 19,29 km² ou 1929,23 ha.

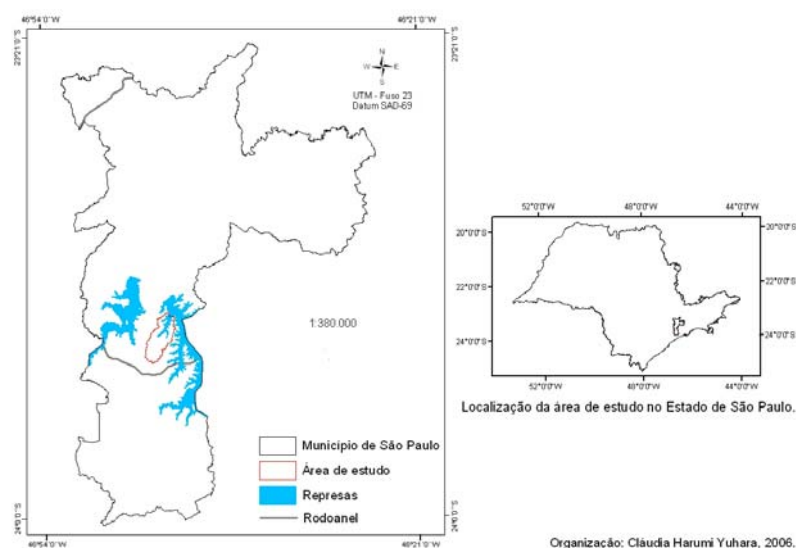


Figura 1 - Localização da área de estudo.

4. Materiais e Métodos

Foram utilizados para o desenvolvimento deste trabalho os seguintes materiais e equipamentos:

- Imagens de satélite digital IKONOS II no modo colorido B (0,445-0,516 μm), G (0,50 -0,59 μm), R (0,63-0,69 μm), com 1 metro de resolução espacial obtida por meio da fusão da imagem IKONOS nas bandas multiespectrais (4 metros de resolução espacial) e pancromática (1 metro de resolução espacial), de 20 de agosto de 2003;
- Fotografias aéreas coloridas em formato analógico. Escala aproximada 1:15.000;
- Cartas topográficas. Escala 1:10.000;
- Microcomputador Pentium 4, 3,0 GHz , 1,0 GbRam, 992 MB de RAM;
- *Software ArcGis* 8.3;
- Dados de levantamentos de campo realizados em agosto do ano de 2006.

Para se atingir o objetivo proposto neste trabalho foram executadas as seguintes etapas:

1. Seleção do tema e da área de estudo
2. Levantamento e aquisição de dados
3. Delimitação da área de estudo

4. Elaboração da base cartográfica digital: as cartas topográficas da área de estudo foram inicialmente escanerizadas e, posteriormente, georreferenciadas e digitalizadas. Não foi necessário a correção geométrica das imagens IKONOS II, que já estavam georreferenciadas, e a correção radiométrica das imagens, devido a constatação de ausência de ruídos. Unificou-se o sistema de projeção das bases cartográficas e as imagens de satélite para o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 23 Sul, Datum SAD 69.
5. Mapeamento do uso e ocupação do solo: elaborado por meio da interpretação visual da imagem de alta resolução espacial IKONOS II da área de estudo. Em caso de dúvidas no processo de classificação dos polígonos de uso e ocupação do solo, foi realizada a atividade de fotointerpretação de fotografias aéreas coloridas em formato analógico, por meio de estereoscópio de espelho.
6. Identificação das Unidades Residenciais Intra-Urbanas: posteriormente ao mapeamento de uso do solo, a área urbanizada foi detalhada em Unidades Residenciais Intra-Urbanas. A identificação e classificação das unidades residenciais intra-urbanas foi adaptada de critérios da chave de interpretação elaborados por Gonçalves et al (2004): aspecto temporal da ocupação (áreas consolidadas e em expansão); organização do setor residencial (quadras, lotes e arruamento); sistema de arruamento do bairro, traçado e tipo de pavimentação; taxa de ocupação do loteamento; dimensões do lote; ocupação do lote em termos de área construída; tamanho das construções; densidade das construções em nível de quadras e intra-lotes (estruturas pequenas e próximas); presença de arborização em nível urbano e de lote; padrões e heterogeneidade das construções (telhados e coberturas); deterioração da estrutura habitacional e presença de arborização urbana.
7. Trabalho de campo
8. Análise dos resultados e redação.

3. Resultados e Discussões

A partir da interpretação visual da imagem de alta resolução espacial IKONOS II, foi possível identificar 15 categorias de uso e ocupação do solo. Também foi possível discriminar 12 Unidades Residenciais Intra-Urbanas (**Figura 2**). As principais características observadas nessas Unidades são:

Unidade Residencial Intra-Urbana 1: apresenta baixa densidade de ocupação, formada por chácaras com vegetação de grande porte. Apresenta-se distribuída em vários pontos da área de estudo, possuindo maior expressão na margem esquerda da represa Billings. Pelas características construtivas (telhado cerâmico, tamanho das residências, piscinas nos lotes), pode-se associar essa textura como área de habitação de população de renda média a alta.

Unidade Residencial Intra-Urbana 2: formada por chácaras de vegetação de pequeno porte. Apresentam baixa densidade de ocupação e localizam-se em áreas urbanas não-consolidadas. Estão concentradas ao sul da área de estudo. Pelas características construtivas (telhado cerâmico, tamanho das residências, piscinas nos lotes), pode-se associar essa textura como área de habitação de população de renda média a alta. Difere da Unidade Residencial Intra-Urbana 1 pela predominância de vegetação de pequeno porte em relação a vegetação de grande porte desta Unidade.

Unidade Residencial Intra-Urbana 3: possui baixa densidade habitacional, em áreas ainda em processo de consolidação, com traçado viário regular e não asfaltada. Nessa unidade predominam as casas de auto-construção. Estão mais concentradas na parte sul e também a nordeste da área de estudo. Nota-se no seu entorno a presença de solo exposto/movimento de terra e de áreas de campo e capoeira. Esta unidade é habitada por populações de baixa renda.

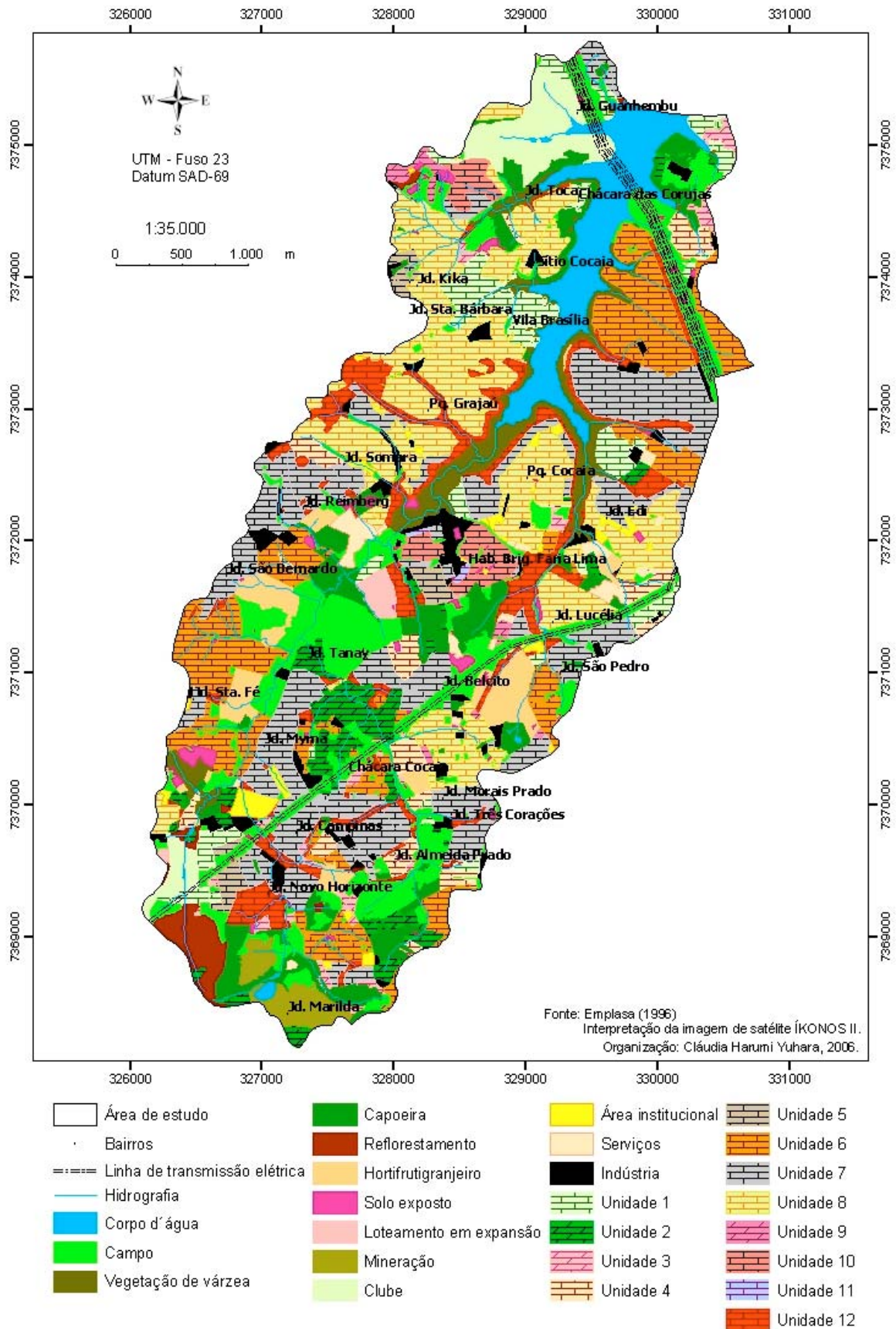


Figura 2 - Mapa das Unidades Residenciais Intra-Urbanas localizadas na área de estudo.

Unidade Residencial Intra-Urbana 4: formada predominantemente por casas auto-construídas, com telhado de cimento amianto e sem acabamento. Possui média densidade de ocupação, localizadas em áreas urbanizadas consolidadas. Estão localizadas em vários pontos da área de estudo. O traçado viário é regular, porém sem pavimentação. Nota-se a presença de vegetação do tipo capoeira e áreas de campo entre os lotes e áreas de solo exposto/movimento de terra. Pelas características construtivas, esta unidade é habitada por população de baixa renda.

Unidade Residencial Intra-Urbana 5: formada por casas auto-construídas, cujos telhados são de amianto e sem acabamento externo às construções. Localiza-se em três áreas da bacia hidrográfica do ribeirão Cocaia. O traçado viário é regular e pavimentado, característica que o difere da Unidade Residencial Intra-Urbana 4. Verifica-se no seu entorno a presença de solo exposto / movimento de terra e áreas de capoeira e de campo entre os lotes. Pelas características construtivas, esta unidade é habitada por população de baixa renda.

Unidade Residencial Intra-Urbana 6: formada predominantemente por casas auto-construídas, com telhado de cimento amianto e sem acabamento externo às construções. Os terrenos possuem tamanhos variados. Localiza-se em áreas urbanizadas consolidadas, possuindo alta densidade de ocupação. Estão presentes em vários pontos da bacia hidrográfica do ribeirão Cocaia. O traçado viário é regular, porém sem pavimentação. Não ocorre a presença de vegetação entre os lotes. Pelas características construtivas, esta unidade é habitada por população de baixa renda.

Unidade Residencial Intra-Urbana 7: localiza-se em áreas urbanas consolidadas, densamente ocupadas, com traçado viário regular e pavimentados. Os telhados das construções são formados, em grande parte, por material de cimento amianto. A grande maioria das construções não apresenta acabamento externo. Os lotes são quase que totalmente ocupados, não existindo recuos entre as construções e os terrenos possuem tamanhos variados. Não há presença de arborização urbana. Essa unidade difere da Unidade Residencial Intra-Urbana 6 pelo traçado viário pavimentado. Pelas características construtivas podemos associar essa textura como área de habitação de população de baixa renda.

Unidade Residencial Intra-Urbana 8: localiza-se predominantemente na parte norte da área de estudo. Estão situadas em áreas urbanas consolidadas, densamente ocupadas, totalmente pavimentadas, com traçado viário regular e largo. Os telhados são heterogêneos quanto aos materiais, formados por material de cimento amianto e cerâmico, com tamanho e forma variados. Os lotes são quase que totalmente ocupados, não existindo recuos entre as construções nem arborização urbana. As residências, em sua maioria, apresentam acabamento externo (observado em campo) e possuem melhor organização em relação à Unidade Residencial Intra-Urbana 7. Devido a diversidade das características construtivas, podemos associar que nessa unidade habitam uma população de baixa renda e renda média.

Unidade Residencial Intra-Urbana 9: localizada nos setores noroeste e centro-leste da área de estudo. Situa-se em área urbana consolidada, apresentando alta densidade de ocupação. Os terrenos dessa Unidade possuem tamanhos padronizados e as construções, formadas por sobrados geminados, apresentam homogeneidade nos materiais dos telhados, do tipo cerâmico, cuja reflectância na imagem de satélite de alta resolução espacial possui um tom avermelhado/alaranjado. Essas construções apresentam acabamento externo. Pelas características construtivas podemos associar essa textura como área de habitação de população de média renda.

Unidade Residencial Intra-Urbana 10: formado por conjunto habitacional horizontal, de alta densidade de ocupação. É constituída por residências do tipo sobrado e com garagens na frente da residência. Os terrenos possuem tamanhos padronizados. Nesta unidade, não ocorre a presença de arborização urbana. Verifica-se que as construções são antigas e os telhados são de cimento amianto, refletindo um tom de cinza escuro na imagem de alta resolução orbital

ÍKONOS II. Situa-se em área urbana consolidada, na área central da bacia hidrográfica do ribeirão Cocaia, com arruamento bem definido e pavimentado, próximo ao Conjunto Habitacional Faria Lima (Unidade Residencial Intra-Urbano 11). Infere-se que esse conjunto habitacional seja formado por uma população de baixa a média renda, uma vez que esse tipo de residência é destinado a pessoas desta classe social.

Unidade Residencial Intra-Urbana 11: formada pelo Conjunto Habitacional Brigadeiro Faria Lima possui alta densidade de ocupação e localiza-se em área urbana consolidada, na parte central da área de estudo. Os terrenos e as construções possuem tamanhos padronizados, com prédios de 5 andares. O traçado viário é regular e as ruas são pavimentadas. Não há presença de arborização nesta unidade. Deduz-se que esse conjunto habitacional seja formado por uma população de baixa a média renda, uma vez que esse tipo de moradia destina-se a essa classe social.

Unidade Residencial Intra-Urbana 12: formada pelas favelas. Estão distribuídas ao longo de toda a área de estudo, principalmente em áreas de alta declividade e próximas às drenagens. Caracterizam-se pela ausência de traçado viário e os lotes não são definidos, sem presença de recuos. As residências apresentam-se de forma desorganizada e não possuem acabamento externo.

A **Tabela 1** mostra a área (ha) e porcentagem (%) de ocorrência das Unidades Residenciais Intra-Urbanas em relação à área urbanizada e a área total da bacia hidrográfica do ribeirão Cocaia.

Tabela 1 - Unidades Residenciais Intra-Urbanas da bacia hidrográfica do ribeirão Cocaia e suas respectivas áreas (km²) e porcentagem (%).

Unidade Residenciais Intra-Urbanas	Área (ha)	% da área urbanizada	% da área de estudo
Unidade Residencial Intra-Urbana 1	75,54	7,04	3,92
Unidade Residencial Intra-Urbana 2	60,19	5,61	3,12
Unidade Residencial Intra-Urbana 3	20,59	1,92	1,07
Unidade Residencial Intra-Urbana 4	37,92	3,53	1,97
Unidade Residencial Intra-Urbana 5	20,83	1,94	1,08
Unidade Residencial Intra-Urbana 6	179,87	16,76	9,32
Unidade Residencial Intra-Urbana 7	269,71	25,13	13,98
Unidade Residencial Intra-Urbana 8	249,41	23,24	12,93
Unidade Residencial Intra-Urbana 9	8,94	0,83	0,46
Unidade Residencial Intra-Urbana 10	32,34	3,01	1,68
Unidade Residencial Intra-Urbana 11	1,69	0,16	0,09
Unidade Residencial Intra-Urbana 12	116,25	10,83	6,03

Organização: Cláudia Harumi Yuhara.

Conforme a **Figura 2** e a **Tabela 1** verifica-se que na bacia hidrográfica do ribeirão Cocaia predomina a Unidade Residencial Intra-Urbana 7, com uma área de aproximadamente 269,91 ha (25,13% da área urbanizada). A Unidade de menor expressão é a Unidade Residencial Intra-Urbana 11, com uma área de aproximadamente 1,69 ha, o que corresponde a somente 0,16% da área urbanizada ou apenas 0,09% da área de estudo.

Ao analisar a Tabela 10, observa-se que 49,28% da área urbanizada da bacia hidrográfica do ribeirão Cocaia é formada por casas auto-construídas (Unidades Residenciais Intra-Urbanas 3, 4, 5, 6 e 7), o que equivale a uma área de aproximadamente 528,92 ha; e 10,83% de favelas (Unidade Residencial Intra-Urbana 12), 116,25 ha. Dessa forma, as residências auto-construídas e as favelas juntas totalizam 60,11% da área urbanizada da bacia hidrográfica do ribeirão Cocaia, o que representa 33,45% da área de estudo.

4. Considerações finais

A utilização de produtos orbitais de sensoriamento remoto, como a imagem de satélite de alta resolução espacial ÍKONOS II, mostrou-se eficiente para a discriminação das Unidades Residenciais Intra-Urbanas. A informação, contendo a distribuição espacial e sócio-econômica dos diferentes grupos de moradores, permite localizar áreas que carecem de maiores infra-estrutura e de saneamento na bacia hidrográfica do ribeirão Cocaia. Dessa forma, contribui como subsídio para políticas sócio-ambientais na área, abrindo-se uma perspectiva de planejamento no qual se pode adotar a Unidade Residencial Intra-Urbana como área de intervenção. Ressalta-se que a área de estudo localiza-se em uma área ambientalmente frágil, protegida legalmente como área de proteção aos mananciais.

Referências

- BARROS, M.V.F. **Análise ambiental urbana: estudo aplicado à cidade de Londrina**. São Paulo, 1998. 235f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- FORESTI, C; HAMBURGER, D.S. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do uso do solo urbano. In: **Análise ambiental: estratégias e ações**. TAUKE, M. (Coord.). Rio Claro: Unesp, 1995. p.143-149.
- GONÇALVES, C.D.A.B.; PEREIRA, M.N.; SOUZA, I.M. Uso de imagens CBERS para mapeamento de uso do solo urbano como subsídio ao planejamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XII, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005, p. 969-977.
- GONÇALVES, C.D.A.B.; SOUZA, I.M.; PEREIRA, M.N.; FREITAS, C.C. **Análise do ambiente urbano visando a inferência populacional a partir do uso de dados de sensoriamento remoto orbital de alta resolução**. São José dos Campos: INPE, 2004.
- PINHO, C.M.D.; KUX, H.J.H. Dados do Quickbird para subsidiar o planejamento urbano: uma proposta metodológica, município de São José dos Campos, SP, Brasil. In: Simposio Latinoamericano sobre Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial, XI, 2004, Santiago, Chile. **Anais...** Santiago: SELPER, 2004, p. 22-26.
- SOUZA, I.M. de; PEREIRA, M. N.; GARCIA, L.M.F.; KURKDJIAN, M.L.N de O. **Mapeamento do uso do solo urbano através da classificação por regiões baseada em medidas texturais**. São José dos Campos: INPE (s/d).
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.
- KURKDJIAN, M.L.N.O. **Um método para identificação e análise de setores residenciais urbanos homogêneos, através de dados de sensoriamento remoto com vistas ao planejamento urbano**. São Paulo, 1986. 158f. Tese (Doutorado em Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.
- LUCHIARI, A. Imagens da Metrópole. In: **Geografias de São Paulo: representação e crise da metrópole**. CARLOS, A.F.A.; OLIVEIRA, A.U (Org.). São Paulo: Contexto, 2004. p.231-245
- MANSO, A.P.; BARROS, M.S.S.; OLIVEIRA, M.L.N de. Determinação da população urbana através de sensoriamento remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, I, 1978, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1981, p. 399-421.
- SOUZA, I.M. **Análise do espaço intra-urbano para estimativa populacional intercensitária utilizando dados orbitais de alta resolução espacial**. São José dos Campos, 2002. 92f. Dissertação (Planejamento Urbano e Regional) - Programa de Pós-Graduação da Universidade do Vale do Paraíba / Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, São José dos Campos, 2002.
- PAVÃO, M. **Estudo da dinâmica da urbanização na bacia do córrego Bananal – município de São Paulo, através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. São Paulo, 2005. 159 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.