

## **TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADAS NO PROJETO DE GESTÃO HÍDRICA DO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-CÓRREGO RICO LIMPO.**

WILSON LUIS ITALIANO<sup>1</sup>  
APARECIDO HOJAI<sup>1</sup>  
LOURENÇO L.COSTA<sup>1</sup>  
LAUDICÉIA GIACOMETTI<sup>1</sup>  
LEILA M. F. ZANETTI<sup>1</sup>  
JOÃO ANTÔNIO GALBIATTI<sup>2</sup>  
TERESA CRISTINA TARLÉ PISSARRA<sup>2</sup>  
VERA LUCIA PALLA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>SAAEJ-Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaboticabal, Jaboticabal/SP, (16) 3202-0138  
saaej@saaej.sp.gov.br

<sup>2</sup>UNESP/FCAV-Câmpus de Jaboticabal/Departamento de Engenharia Rural, (16) 3209-2637

<sup>3</sup>Coordenadoria de assistência Técnica Integral-CATI, Jaboticabal/SP. (16) 3202-3746  
edr.jaboticabal@cati.sp.gov.br

**Abstract:** The drainage network of the Córrego Rico Watershed is responsible for the supply of 80% of the water consumed in the Jaboticabal city, and presents serious problems of environmental degradation, due to the anthropic action. Using techniques of remote sensing and geographical information systems (GIS), the research work was conducted for evaluating the land use of the main microbasins that contribute to the provisioning of the superficial water. The work also has as objectives to develop actions for natural resources management and a program of environmental education. The program GeoMedia has been used for analyzing the data. The maps of the drainage net and land use was elaborated utilizing photointerpretation techniques and visual analyses in satellite images. The microbasin of the Córrego do Gambá, presents inadequate land use, evidencing the more intense erosion process and accentuated degradation in the foothills.

**Keywords:** watershed, environmental analysis, photointerpretation techniques, satellite images analyses.

### **1. INTRODUÇÃO**

O sensoriamento Remoto, de acordo com GARCIA (1982), é a tecnologia que permite a aquisição de informação sobre objetos ou fenômenos sem que haja o contato físico entre eles, utilizando sensores, em que aviões e satélites são as plataformas mais comuns. Nas últimas décadas, essa tecnologia tem evoluído de maneira extraordinária, principalmente em projetos ambientais devido a maior facilidade na identificação dos diversos componentes da superfície do terreno que formam a paisagem (GARCIA, 1982 e NOVO, 1989), e utilização de técnicas de análise visual de imagens.

Concomitantemente, com o advento da informática, com o uso de programas de sistemas de informação geográfica e desenvolvimento computacional para as aplicações gráficas e de imagens, a evolução no campo de análise do ambiente evoluiu de maneira extraordinária, devido, principalmente, as informações geradas para a tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais.

De acordo com a FAO (1992), o sistema de informação geográfica teve sua origem no Canadá em 1964, e pode ser definido como sendo um banco de dados (conjunto de hardware e software) que integrados permitem adquirir, introduzir, armazenar, combinar, analisar, recuperar informações codificadas espacialmente para serem representadas em dados geográficos.

Neste contexto, no processo de planejamento de manejo de bacias hidrográficas, esta tecnologia tem uma série de aplicações, principalmente no campo de avaliação do uso/ocupação do solo para detectar como estão sendo explorados os recursos naturais e para a possibilidade da investigação do cenário ambiental. As utilizações de fotografias aéreas e imagens de satélites proporcionam uma análise da paisagem e desempenham papel fundamental em diversos trabalhos científicos.

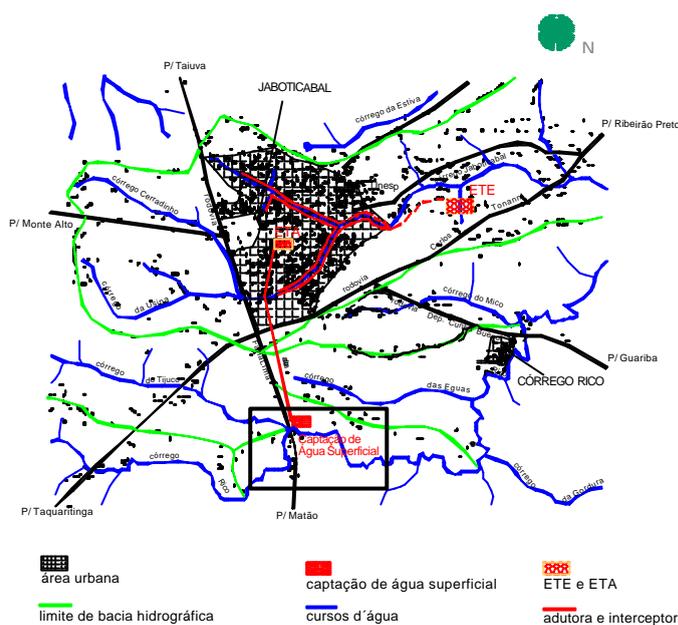
Sendo assim, este trabalho tem como objetivo específico a elaboração de uma análise da situação do uso/ocupação do solo (diagnóstico) das microbacias do Córrego Rico e Córrego do Tijuco, situadas à montante da área de captação de água superficial para a cidade de Jaboticabal, SP, para definir programas e projetos de recuperação da bacia, através de um processo participativo, envolvendo proprietários rurais, entidades organizadas, universidade e sociedade civil. Este projeto está sendo desenvolvido através de uma parceria entre o SAAEJ, Universidade Estadual Paulista – UNESP Jaboticabal, junto ao Departamento de Engenharia Rural e CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, Jaboticabal/SP) e tem como principais objetivos: Desenvolver um plano do uso e ocupação da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (BHCR); e Implementar ações de manejo da BHCR no curto, médio e longo prazo.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo compreende uma porção da extensão territorial da bacia hidrográfica do Córrego Rico, que abrange parte dos municípios de Jaboticabal, Monte Alto, Taquaritinga, Santa Ernestina e Guariba. Localiza-se na região nordeste do Estado de São Paulo, região administrativa de Ribeirão Preto. Está vinculada ao Comitê de Bacias do Rio Mogi Guaçu, segundo a Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1994). A cidade de Jaboticabal localiza-se na bacia em um importante entroncamento rodoviário regional, sendo tangenciada pelas rodovias Brigadeiro Faria Lima (SP- 326) e Carlos Tonanni (SP-333), distando 350km da capital do estado e 55km de Ribeirão Preto. O município de Jaboticabal é integrante da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Mogi-Guaçu (UGRHI-9), no compartimento econômico-ecológico denominado Médio Mogi Inferior, e a cidade está localizada a 20 Km das margens do rio Mogi-Guaçu. A Figura 1 apresenta a localização da bacia em relação ao estado.

A posição geográfica é definida pelas coordenadas, latitudes 21°10'S e 21°27'S e longitude 48°08'WGr e 48°33'WGr, com extensão de aproximadamente 541 km<sup>2</sup> entre altitudes de 410 m a 740m, conforme as Cartas Topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo, elaboradas em 1971.





Fonte: Prefeitura Municipal de Jaboticabal – Secretaria de Planejamento - 2001

Figura 2. Localização da captação de água superficial no córrego rico.

Para o trabalho de mapeamento da área foram utilizadas as fotografias aéreas verticais com escala aproximada 1:35.000 da região de 1983 e imagens de satélite TM-Landsat 5, escala aproximada de 1:50.000, composição colorida, nas bandas 3/4/5, processadas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (INPE), de agosto 1999. O mapa da rede de drenagem, com os canais temporários e permanentes foi decalcado manualmente utilizando técnicas de fotointerpretação e fotogrametria, com a utilização de estereoscópios de espelhos (AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, 1960; RICCI & PETRY, 1965; LOPES VERGARA, 1971; AVERY, 1977; GARCIA, 1982; MORAES NOVO, 1989; ARONOFF, 1989, e ASSAD & SANO, 1993).

As cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia de 1971, escala 1:50.000 foram utilizadas como material auxiliar, na delimitação de diversas características da área de estudo, além de se prestar para a tomada de cotas.

A classificação dos canais de drenagem e respectivas microbacias hidrográficas foi estabelecida pelo sistema de Horton, modificado por Strahler (1957). A bacia hidrográfica do Córrego Rico é considerada de 6.<sup>a</sup> ordem. Os passos metodológicos seguiram a seguinte ordem:

Primeiramente, como resultado das análises estereoscópicas nas fotografias aéreas e das análises visuais nas imagens de satélites e nos documentos cartográficos, foram delineadas as duas microbacias hidrográficas a montante da área de captação de água superficial para o abastecimento da cidade de Jaboticabal: microbacia hidrográfica do Córrego do Tijuco (microbacia do Tijuco) e microbacia hidrográfica da área a montante do Córrego Rico (microbacia do Rico). Foram identificados a linha de divisores topográficos, limites das microbacias e respectivos canais de drenagem mediante a observação estereoscópica, e análise nos mapas topográficos do IBGE. As informações nas fotografias aéreas do uso/ocupação do solo foi extraída mediante técnicas de fotointerpretação, fotogrametria e análise na imagem de satélite. O número de canais de determina bacia é noção básica para demonstrar a sua magnitude, e em cada segmento de 1.<sup>a</sup> ordem considerou-se uma microbacia de 1.<sup>a</sup> ordem de magnitude. As imagens de satélite, apesar da baixa resolução (30m), favoreceram a análise do uso/ocupação do solo, principalmente na determinação de áreas ocupadas com lavoura canaveiras.

Em seguida, os mapas foram digitalizados em mesa digitalizadora, por intermédio do programa de desenho AUTOCAD 14, sendo criados diversos níveis de informações (*layers*), rede de drenagem, malha viária, e o mapa do uso/ocupação do solo, consideradas as seguintes formações:

- |                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1. solo nú               | 7. citros                      |
| 2. mata                  | 8. outras culturas permanentes |
| 3. capoeira              | 9. cana-de-açúcar              |
| 4. campo sujo            | 10. culturas de ciclo curto    |
| 5. campo –pastagem limpa | 11. várzea não cultivada       |
| 6. reflorestamento       |                                |

O conjunto de dados foi exportado para o programa GeoMedia, sendo criado o ambiente de trabalho (*warehouses*) e as camadas de sobreposição (*features*). Este programa engloba diversos módulos, permitindo a manipulação dos dados geográficos em estrutura vetorial e *raster*, dados tabulados e imagens. O sistema permite pesquisar, visualizar, explorar, cruzar e analisar os dados obtidos do uso/ocupação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cobertura vegetal original é composta pela Floresta Latifoliada Tropical, Cerradão e Cerrados. Essas formações estão praticamente extintas manifestando-se na forma de fragmentos florestais em posições localizadas em algumas nascentes da bacia hidrográfica. As ocorrências e distribuições do uso e ocupação do solo são apresentadas conforme o mapa de uso do solo das microbacias do Tijuco e Rico (Figura 3).

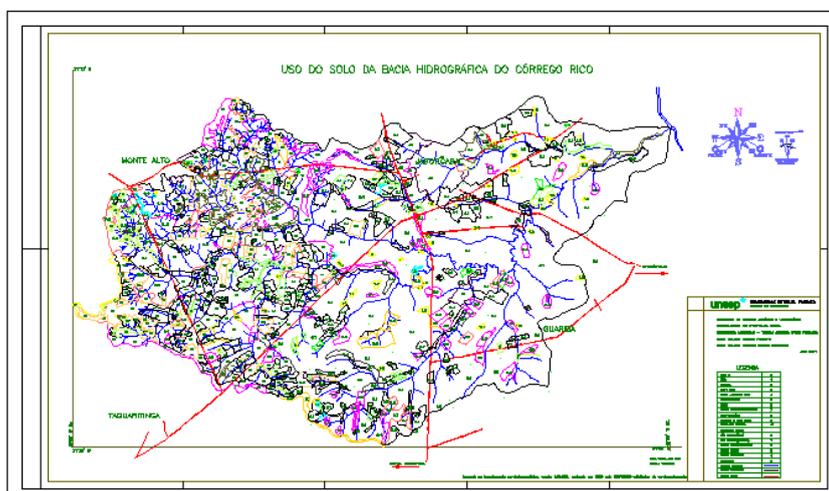


Figura 3. Uso/ocupação do solo das microbacias hidrográficas do Córrego do Tijuco e do Rico, Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, SP.

Na elaboração da legenda foi utilizada a informação proveniente da imagem analisada e trabalho de campo e normas da ABNT. O conjunto de dados no mapa foi organizado em

sistema hierárquico, e com base nos resultados foi realizado o mapeamento do uso/ocupação do solo.

A mata foi caracterizada por áreas de contornos irregulares e de aspecto variável, segundo o tipo e idade. Formação dominada por elementos arbóreos, composta de três estratos de vegetação, com textura rugosa e tonalidade cinza bem escuro. Geralmente, essas formações foram encontradas junto a cursos d'água ou nas encostas mais íngremes. A maior área de mata foi encontrada na nascente da microbacia do Rico do lado sul, à montante da bacia do Córrego Rico. Outros remanescentes também foram verificados nas microbacias de cabeceira de afluentes do Córrego do Tijuco.

As coberturas vegetais, capoeira e campo sujo foram mais encontradas nas áreas de ocorrência dos Argissolos, com topografia mais acidentada do que nas áreas de Latossolos. Apresentaram textura rugosa variando em função dos estratos arbóreos e tonalidade cinza-médio a escuro, com estrutura desordenada.

As áreas de campo-pastagem limpa estão localizadas com maior expressão nas microbacias de cabeceiras e nas proximidades da cidade de Monte Alto, em topografia mais acidentada. Apresentaram textura aveludada, com alguns pontos de textura granular, tonalidade cinza-médio e estrutura desordenada.

As culturas permanentes apresentaram formas geométricas definidas, sendo em faixas e de aspecto variável segundo a idade. Os pomares de citros apresentaram forma geométrica regular com contorno em destaque. Estrutura das plantas dispostas em alinhamentos definidos, regulares e individualizados. A textura grosseira a média com tonalidade cinza-escuro.

As culturas temporárias apresentaram forma geométrica, com expressão de contorno com destaque variado, com baixa ocorrência de carregadores. Estrutura desordenada e tonalidade variável dependendo da época do desenvolvimento. Quanto aos aspectos associados foram identificados as linhas de nível e terraceamentos.

A classe de cana-de-açúcar é predominante. Esta cultura concentra-se na porção do relevo menos acidentado, embora ocorra, também, nas áreas mais íngremes. Apresenta-se distribuída em áreas relativamente extensas, recortadas por carregadores, com no mínimo dois estágios de desenvolvimento, com formas geométricas regulares, telhado plano, contínuo e homogêneo. A cana adulta apresentou textura mais grosseira do que a cana nova, com tonalidade cinza-médio a cinza-claro, respectivamente. A estrutura se formou pelo conjunto de talhões delimitados por carregadores que se destacam aos aspectos associados.

As áreas de solo exposto apresentaram textura lisa, tonalidade cinza-claro a branco, com formas bem irregulares no caso de erosões. As áreas com processo erosivo apresentaram limites irregulares, com tonalidade cinza claro e textura rugosa.

Esta categoria (erosão), apresenta-se, de modo geral, com maior intensidade nos Argissolos, contrastando bem com as áreas de cana-de-açúcar e de vegetação arbórea, e com a periferia da cidade de Monte Alto. O processo erosivo apresenta-se com coloração esbranquiçada e textura áspera, podendo ser visualizado com maior definição os sulcos raros.

Na microbacia do Córrego do Gambá, afluente da microbacia do Rico, no limite com a cidade de Monte Alto, observa-se processo erosivo mais intenso, sulcos profundo e voçorocas. Nos trabalhos de campo, foi detectado e definido como a área mais crítica da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, visto que ocorre crescimento de loteamentos em decorrência da expansão da cidade e por estar inserida na unidade Argissolo.

As cidades foram identificadas pela presença de ruas, jardins e edificações, com textura rugosa, tonalidade cinza-médio a escuro, com aspectos associados a forma e arranjo espacial das áreas urbanas, com quadras regulares e sistema viários bem definido.

Com o trabalho de campo, pode-se concluir que a vegetação nativa era composta por florestas tropicais, com alguns trechos de cerrado, mas com o avanço das culturas agrícolas que se sucederam, principalmente a cana de açúcar, e o predomínio da monocultura, ocorreu a destruição das matas nativas e das ciliares, causando impactos ambientais significativos, tanto, na área rural como na urbana. Os principais fatores de degradação ambiental foram a erosão, a monocultura da cana-de-açúcar, conseqüentemente a queima da cana, a criação de suínos e outros animais e o despejo do esgoto sanitário *in natura* nos córregos.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificando a análise visual das fotografias aéreas e imagens de satélite, em conjunto com trabalho de campo pode-se concluir que: as microbacias do Córrego do Tijuco e Rico destacam-se pelos seguintes fatos impactantes ao meio ambiente: maior parte da área utilizada com a monocultura da cana-de-açúcar; forte desmatamento das áreas de preservação permanente; em algumas áreas verifica-se o lançamento de esgoto industrial e animal lançado a céu aberto e sem tratamento; observa-se intenso processo erosivo, principalmente nas áreas da microbacia do Gambá, agravado pela ação antrópica, soterramento de nascentes e assoreamento de rios e corpos d'água, acarretando contaminação de nascentes; foram observadas algumas voçorocas, expandindo-se lateralmente. Neste caso, o material proveniente das paredes laterais é carregado com os esgotos lançados, assoreando e poluindo as águas superficiais. Observa-se sulcos em vários locais nas microbacias e o processo de erosão hídrica deverá ser mais intenso na época das chuvas (setembro a março). Pretende-se continuar o processo de monitoramento e dar continuidade as ações corretivas na área das microbacias. A implantação de projetos de reflorestamento principalmente nas áreas de nascentes e de educação ambiental já foi iniciada, sendo envolvido nesta fase os produtores rurais, usinas de cana-de-açúcar e a população do município de Jaboticabal.

#### LITERATURA CONSULTADA

- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. **Manual of photographic interpretation.** Washington: George Bent, 1960. 868 p.
- ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: a management perspective.** Otowa, WDL Publication, 1989, 295p.
- ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, Brasília, 1993. 274p.
- AVERY, T.E. **Interpretation of aerial photographs.** 3.ed. Minneapolis: Burgess, 1977. 392p.
- FAO. **Los sistemas de Información Geográfica y la Telepercepción en la pesca continental y la acuicultura,** Roma, Documento Técnico de Pesca, 1992.
- GARCIA, G.J. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Interpretação de Imagens.** Nobel, São Paulo, 1982. p.357.
- LOPES VERGARA, M.L. **Manual de fotogeologia.** Madrid: Servicio de Publicaciones de la Junta de Energia Nuclear, 1971. 286p.
- MORAES NOVO, E.M.L. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** São Paulo, Edgard Blucher, 1989. 308p.
- RICCI, M.; PETRI, S. **Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica.** São Paulo: Nacional, 1965. 226p.
- SÃO PAULO. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. **Legislação sobre recursos hídricos.** São Paulo: DAEE, 1994. 72p.
- StatSoft, Inc. (2001). GeoMedia [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).