

# Mapeamento das atividades antrópicas na área de entorno do reservatório de Itupararanga – SP: uma abordagem baseada na diminuição gradativa do grau de complexidade da cena interpretada

Reinaldo Pereira de Queiroz  
Nilton Nobuhiro Imai

Universidade Estadual Paulista – UNESP – Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900 Presidente Prudente – SP  
reinaldo.queiroz@gmail.com  
nnimai@fct.unesp.br

## Abstract

The aim of this work is to produce spatial information to support better understanding of the activities that carried through inside the area near a superficial reservoir. The water course that forms the studied reservoir is the Sorocaba River, which is located in the São Paulo's state. This river (and the reservoir) is a water source for nearly 800.000 inhabitants. The water of this reservoir has been evaluated as good by CETESB. In the first step, the limits of the basin of the Itupararanga's reservoir were drawn and registered in a geographic database. In the second, topographic maps and multispectral images from CCD – CBERS were charged in the database. A suitable classification system was adapted based on the aim of the geoinformation. The interpretation of the multispectral images were performed by applying an approach that combines region growing segmentation technique, unsupervised classification of regions, manual edition of raster data and pixels classified extraction from multispectral image implemented in LEGAL. This approach reduces the image complexity for the next step of classification. Adding, the thematic map accuracy depends on the interpreter ability and not on the algorithm classifier. This map has important informations to guide the actions for the improvement and maintenance of the Itupararanga's reservoir water quality.

**Keywords:** CCD-CBERS image, Itupararanga's reservoir, water resources management, remote sensing, ground cover information.

## 1 - Introdução

As fontes superficiais constituem uma importante e limitada fonte de água às atividades humanas, tais como a agricultura, pecuária, processos industriais, dentre outros. Essas atividades, conquanto se utilizam desse recurso, exercem grandes impactos aos corpos d'água, como a redução do volume de água e alterações nos regimes hidrológicos, além da degradação da qualidade da água devido à contaminação por poluentes originados das atividades humanas. Sabendo da limitação das fontes superficiais de água doce e de sua importância, fazem-se necessários esforços direcionados à sua conservação.

Usualmente, a poluição dos corpos d'água ocorre devido a dois tipos de fontes de poluentes: fonte pontual e fonte difusa. Na poluição por fonte pontual, os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço (Von Sperling, 1996). É o que ocorre, por exemplo, em despejos de esgotos industriais num determinado córrego. Já a poluição por fonte difusa ocorre devido ao deslocamento superficial de poluentes a partir de extensas áreas. Isto ocorre no processo denominado eutrofização, onde o escoamento superficial ocasiona o arraste de nutrientes (principalmente fósforo e nitrogênio) de extensas áreas até os cursos d'água que drenam tais áreas. Esse aporte de nutrientes, dependendo das condições ambientais locais, resulta no aumento de plantas aquáticas a níveis tais que ocasionam

prejuízos à utilização do curso d'água, tais como mortandade de peixes, prejuízos ao sistema de abastecimento público, à navegação e recreação e até danos à saúde humana (Rocha et al, 2002, p.209).

Para a redução dos impactos causados nos cursos d'água faz-se necessário a identificação das fontes de poluição e seu devido tratamento. No caso da poluição por fonte pontual, algumas medidas podem ser adotadas, tais como a da redução da emissão da carga de poluentes e emprego de tecnologias para tratamento de efluentes. Já para situações nas quais se verifica poluição por fonte difusa, faz-se necessário o gerenciamento das atividades que ocorrem nas bacias, isto é, nas áreas de drenagem dos cursos d'água em análise (ROCHA et al, 2002, p.208); também é necessário o emprego de algumas técnicas visando o correto manejo dessa área, tais como técnicas agrícolas conservacionistas, preservação de matas ciliares, etc. Um gerenciamento adequado que vise a redução dos impactos causados aos cursos d'água deve fundamentar-se na compreensão das atividades que ocorrem nas bacias desses cursos d'água. Essa compreensão pode se dar com base na utilização de algumas tecnologias e técnicas, como o uso de dados de sensoriamento remoto e análise de imagens de satélites.

Com o intuito de fornecer uma contribuição para a melhor compreensão das atividades realizadas nas áreas próximas a um reservatório superficial, o presente trabalho foi realizado. O curso d'água que forma o reservatório estudado pelo projeto é o rio Sorocaba, o qual se localiza no Estado de São Paulo, na denominada UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê (**Figura 1**). Esse rio (e o reservatório) é responsável por grande parte do abastecimento de água dos seguintes municípios: Sorocaba, Votorantim, Mairinque, Alumínio, Ibiúna e São Roque (população abastecida em torno de 800.000 habitantes), sendo considerado um manancial com boa qualidade de água em sua maior parte. Possui, principalmente em sua margem direita, grande porção contínua de área natural, constituindo importante remanescente vegetal e de refúgio para fauna (Caracterização...,2000, p.45). Essas condições são consideradas de grande relevância regional, sendo que o governo do Estado de São Paulo definiu como Área de Proteção Ambiental (APA) as áreas do entorno do reservatório de Itupararanga e da bacia do rio Sorocaba.

O mapeamento da cobertura da terra da área de drenagem do Reservatório de Itupararanga. As atividades antrópicas dessa área contribuem, de alguma forma, na qualidade da água do reservatório. O produto de informação foi realizado com base em produtos de domínio público disponibilizados com recursos públicos. Assim, imagens CCD-CBERS processadas e analisadas com uso do software Spring permitiram a realização da proposta. Neste trabalho descreve-se a abordagem adotada, a qual combina as vantagens das ferramentas computacionais com as habilidades do intérprete. A base de dados geográficos é apresentada, bem como uma breve discussão da possível influência dos tipos de cobertura na qualidade da água do reservatório.

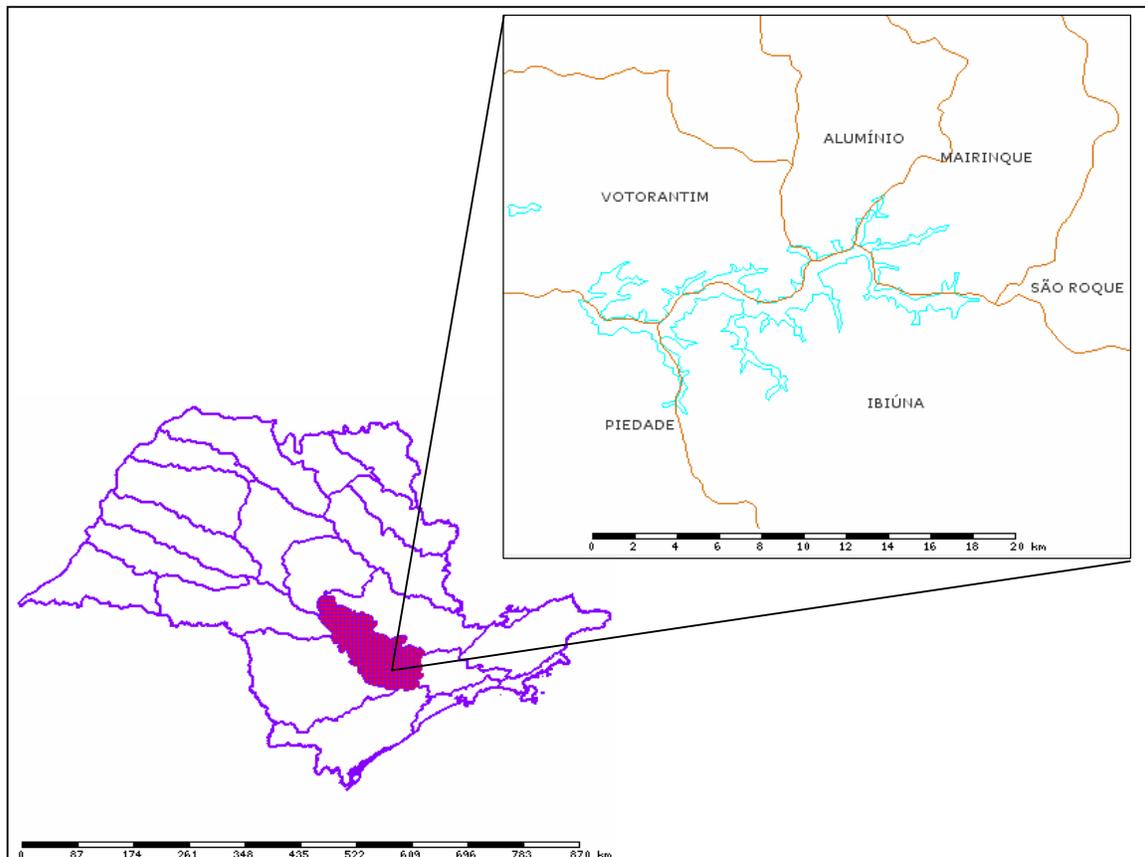


Figura 1 – Esquema da localização da UGRHI 10 no Estado de São Paulo e do Reservatório de Itapararanga (São Paulo, 2006).

## 2 - Objetivos

O objetivo do presente trabalho é mapear a cobertura do solo na área de drenagem do reservatório de Itapararanga e verificar as principais formas de poluição que podem resultar na degradação da qualidade da água do reservatório.

## 3 - Materiais e Métodos

Foi realizada a delimitação da bacia que contribui diretamente ao reservatório de Itapararanga com base em mapas topográficos 1:50000 do IBGE que abrangem a área em estudo. Criou-se, então, um banco de dados para integrar as imagens multiespectrais obtidas pelo sensor CCD a bordo do satélite Cbers (aqui chamadas simplesmente imagens Cbers), os mapas topográficos previamente digitalizados e os dados vetoriais obtidos na delimitação da bacia. Com esse banco de dados e uso do software Spring, procedeu-se a análise das imagens multiespectrais.

Após terem sido definidas as classes de cobertura a serem identificadas na área delimitada, a área de drenagem do reservatório (bacia) e realizadas as análises das imagens de satélite, produziu-se um mapa de cobertura do solo referente à bacia do reservatório. Esse mapa torna possível a análise e compreensão das áreas que apresentam maior influência na qualidade das águas do reservatório. Ainda poderá subsidiar trabalhos de modelagem da

influência das áreas de drenagem na variação espacial da qualidade da água verificada no reservatório, além de futuros trabalhos de intervenção em tais áreas.

Todo esse processo pode ser dividido nas seguintes etapas:

- Delimitação da área em estudo – compreendeu na digitalização das duas cartas topográficas 1:50.000 (folhas de Sorocaba e São Roque) e vetorização das feições de interesse;
- Criação de Arquivos *.grib* a partir de arquivos *.tif*;
- Definição do sistema de classificação de cobertura do solo e legendas – compreendeu na revisão de literatura a fim de fundamentar a adaptação de um sistema de classificação de cobertura do solo adequado aos objetivos do trabalho; também consistiu na definição das classes com base no sistema de classificação e na fonte de informação disponível (descrição das entidades a serem atribuídas a cada classe e dos termos utilizados);
- Implementação do banco de dados – consistiu na criação do banco de dados; importação dos dados vetoriais; registro e importação das cartas topográficas; registro e importação de imagens digitais Cbers e Ikonos e, por fim, mapeamento das classes de cobertura do solo.

Com as imagens Cbers e Ikonos foi realizado o mapeamento das classes de cobertura de solo, o qual foi obtido através do emprego de técnicas de segmentação por crescimento de regiões seguido de classificação automática não-supervisionada e supervisionada. Em cada etapa foi mapeada uma única classe de cobertura do solo, sendo utilizado em cada mapeamento técnicas, algoritmos e limiares adequados ao tipo de cobertura do solo a ser mapeado. Após cada etapa de classificação automática, foi realizada a interpretação visual da imagem multiespectral juntamente com a imagem classificada, objetivando realizar a associação entre classes temáticas e as classes espectrais e também corrigir alguns erros decorrentes da classificação automática. Para cada classe temática, a correção temática e a correção da geometria das regiões foram feitas com recursos de edição de temas e edição gráfica da representação matricial do Spring. Então, ao final de cada mapeamento, as áreas classificadas eram subtraídas da imagem inicial através da aplicação de um algoritmo desenvolvido no aplicativo LEGAL do Spring. O processo começa pelas classes temáticas cuja classe espectral seja mais facilmente discriminada do restante, de forma a diminuir, gradativamente, a complexidade da cena a ser classificada e interpretada.

A seguir é apresentado como foi desenvolvido o mapeamento de cada classe.

- a) Mapeamento da classe *Água* - para o mapeamento da classe temática *Água* utilizou-se as bandas 2, 3 e 4 obtidas em maio de 2005. Com essas bandas, foi realizada a segmentação utilizando o algoritmo crescimento de regiões e os limiares 10 para similaridade e 2 para área. Em seguida executou-se uma etapa de classificação não supervisionada, utilizando o algoritmo Ioseg, as três bandas mencionadas anteriormente e um limiar de aceitação de 90%. Em seguida associou-se, através de interpretação visual das imagens, as devidas classes espectrais à classe temática *Água*;
- b) Mapeamento da classe *Áreas Construídas* - analogamente ao mapeamento da classe *Água*, no mapeamento da classe *Áreas Construídas* foi empregada a classificação não supervisionada. Contudo, foi utilizada unicamente a banda 3 obtida em maio de 2005, considerando o maior contraste dos pixels de áreas construídas em relação aos demais alvos nessa banda. A segmentação foi realizada com os seguintes limiares: 7 para similaridade e 4 para área. A seguir, foi aplicada a classificação por regiões, utilizando o algoritmo Ioseg e um limiar de aceitação de 75%. Em seguida associaram-se, através de interpretação visual das imagens, as devidas classes espectrais à classe temática *Áreas Construídas*;
- c) Mapeamento da classe temática *Floresta* - para o mapeamento da classe de cobertura do solo *Floresta*, adotou-se a classificação supervisionada, baseada nas bandas 2, 3 e 4 de maio de 2005. Assim, inicialmente, selecionaram-se amostras para essa classe. Em seguida,

adotando-se o algoritmo MAXVER e um limiar de aceitação de 90%, realizou-se a classificação;

d) Mapeamento das classes: *Solo Exposto, Culturas Perenes, Culturas Temporárias e Pastagens* - para o mapeamento dessas classes foi realizada classificação não supervisionada. Diferentemente dos outros procedimentos de classificação, foram utilizadas imagens multiespectrais Cbers referentes às duas datas disponíveis: maio de 2005 e janeiro de 2006. De cada data foram utilizadas as bandas 3 e 4. Para a segmentação adotou-se o algoritmo crescimento de regiões, limiar de similaridade 10 e de área 4. Para a classificação foram utilizadas as mesmas quatro bandas, o algoritmo Isoseg e um limiar de aceitação de 75%. Por fim, fez-se a associação das classes espectrais obtidas às respectivas classes de cobertura do solo.

O procedimento descrito foi utilizado tendo em vista que possibilitaria o uso de diferentes técnicas de classificação e diferentes limiares para o mapeamento de cada classe. Esse procedimento visa explorar melhor as especificidades espectrais inerentes aos alvos representados por cada classe. Por exemplo: mesmo não dispondo de conhecimentos aprofundados da área, áreas de florestas são bem caracterizadas em imagens multiespectrais, possibilitando ao intérprete recorrer à classificação supervisionada para identificar esse tipo de formação vegetal.

#### 4 - Resultados e conclusões

O principal resultado das atividades desenvolvidas no presente trabalho é o banco de dados geográficos, criado no programa Spring. Com esse banco de dados, dispõem-se dos seguintes planos de informações:

- Mapas digitais com escala 1:50.000 abrangendo a área da bacia do reservatório de Itupararanga;
- Dados vetoriais representando os afluentes, o reservatório e os limites da área de drenagem da represa de Itupararanga;
- Imagens georreferenciadas Cbers referente à coordenada órbita/ponto 155/126, com resolução espacial de 20 metros, obtidas em 06 de maio de 2005 e 21 de janeiro de 2006;
- Mapa de cobertura do solo abrangendo as classes: água, floresta, solo exposto, culturas perenes, culturas temporárias, áreas construídas (**Figura 2**).

Esse mapa constitui uma importante ferramenta a ser utilizada na gestão dos recursos hídricos que compõem a bacia do reservatório de Itupararanga. Com ele, foi possível identificar irregularidades relacionadas ao uso que se faz na bacia e as áreas que devem apresentar maior contribuição para a alteração da qualidade da água do reservatório.

Observando simultaneamente os planos de informação referentes aos afluentes e às classes de cobertura do solo, pôde-se observar áreas onde houve a supressão da vegetação original (predominantemente Floresta Estacional Semidecidual) em desacordo com a Lei 4.771 de 1965 (Código Florestal), que define Áreas de Proteção Permanente. A irregularidade foi observada nas áreas no entorno dos afluentes e do próprio reservatório, onde a vegetação situada em áreas de preservação deu lugar a pastagens, culturas agrícolas e áreas ocupadas (urbanizadas).

De acordo com o mapa, pode-se identificar áreas de diferentes tipos de cobertura do solo. Espera-se que algumas apresentem maior contribuição com a alteração da qualidade da água que outras. É o caso, por exemplo, de áreas de culturas temporárias, onde o menor período de recobrimento do solo pela vegetação, quando comparado com culturas permanentes e pastagens adequadamente manipuladas, resulta em maior perda de solo devido a ação dos agentes erosivos, destacadamente a chuva. Com o solo, que é carregado também insumos agrícolas aplicados, tais como pesticidas e fertilizantes que acabam por atingir os cursos

d'água, causando contaminação, eutrofização (em condições ambientais favoráveis) e assoreamento.

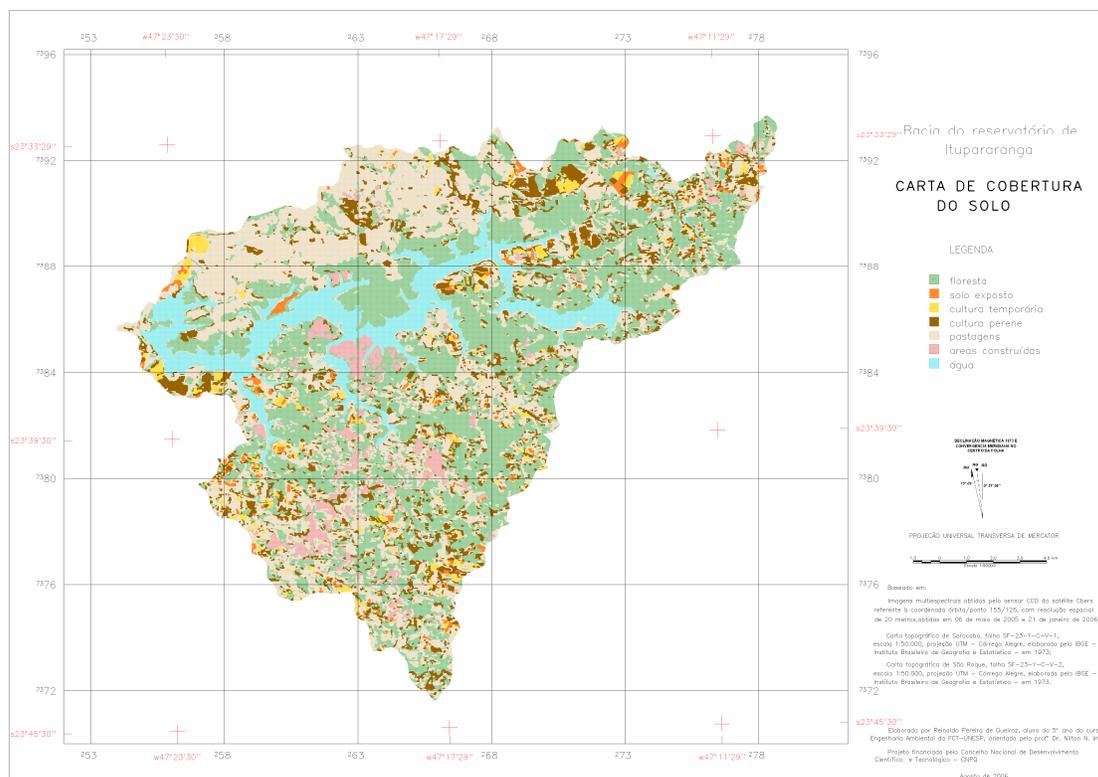


Figura 2 – Mapeamento da cobertura do solo na bacia do reservatório de Itupararanga

Por fim, as informações obtidas a partir da análise do mapa de cobertura de solo fornecerão subsídios para o correto gerenciamento das áreas no entorno do reservatório de Itupararanga, com vistas ao aprimoramento e manutenção da qualidade da água. Com o mapa, poderão ser eleitas áreas prioritárias para a intensificação da fiscalização quanto ao atendimento à legislação referente à licenciamento de obras e atividades que intervêm nos cursos d'água e na vegetação. Também poderão ser definidas áreas prioritárias para o desenvolvimento de programas de conscientização dos produtores rurais quanto ao manejo conservacionista do solo, bem como financiamento de projetos que visem melhorias às condições da vegetação e dos cursos d'água de tais áreas.

## 5- Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida para apoiar a realização deste trabalho, bem como ao FEHIDRO que forneceu os recursos financeiros para o desenvolvimento do projeto.

## 6 - Referencias Bibliográficas

CAMARA, G., SOUZA R.C.M., FREITAS, U. M., GARRIDO, J. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" COMPUTERS & GRAPHICS, 20: (3) 395-403, MAY-JUN 1996.

CARACTERIZAÇÃO geral da UGRH 10, 2000(?). Disponível em: <<http://www.rededasaguas.org.br/comite/relsmstseg.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2006

ROCHA, O.; TUNDISI, J. G. TUNDISI, T. M. *Limnologia de águas interiores: Impacto, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos*. In: BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. C; TUNDISI, J. G. (Org.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2º Edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. Capítulo 6.

SÃO PAULO (estado). Secretaria de Energia, recursos hídricos e saneamento. *Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo*. Disponível em: < <http://mapas.sigrh.sp.gov.br:8888/sigrh.php>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos*. 3ª edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental –DESA – UFMG, 2005.