

Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para o estudo dos recursos hídricos em regiões costeiras

Helia Farias Espinoza¹
All-khan Maingue Abraham¹

¹ Universidade do Vale de Itajaí – CTTMar, Rua Uruguai 458 Cx 360, CEP 88302-202
Centro, Itajaí -SC, Brasil .

helia@cttmar.univali.br

Abstract. The creation and implementation of natural protected areas has been considered strategic for biodiversity conservation *in situ*. The present study analyses the potential of remote sensing tools for the environmental management of watershed Itajaí-açu river. The river systems of the Region bear a significant pollution load produced by the municipalities and industries. Watershed Management is very important. Therefore, the use of Remote Sensing and GIS allows an integrated view of different elements such as land use.

Palavras-chave: Watershed management, remote sensing, pollution, carta-imagem, fontes poluidoras, geoprocessamento, recursos hídricos.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo o estudo dos recursos hídricos da bacia do baixo curso do Rio Itajaí-Açu, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica. Gerando para este propósito a carta de uso do solo a partir da classificação de uma imagem digital (Landsat 5 TM de 1997, Landsat 7 +ETM de 2002), a carta-imagem das principais fontes poluidoras ao longo do rio Itajaí-açu para identificar e quantificar as entradas de fluxo, o Modelo Digital de Terreno para obter as cotas das altitudes do relevo estudado e a área de influência da Legislação ao longo do rio Itajaí-Açu para analisar se a lei é corretamente aplicada. Para uma melhor compreensão da área de estudo o trabalho foi dividido em etapas (analisando em cada etapa uma micro-bacia). Na primeira etapa do estudo o mapa de uso do solo mostra o alto grau de fragmentação da região (micro-bacia de Ilhota) e demonstra a forte pressão antrópica exercida pelos municípios de Itajaí, Navegantes e Ilhota. Com o mapeamento das fontes foi verificado que em apenas aproximadamente 37 km de rio, temos cerca de 131 entradas de fluxo, sendo que 72 entradas de fluxo estão na margem esquerda do rio das quais 24 são tubulações e 20 correspondem a empreendimentos de risco. Com a construção da área de proteção segundo a legislação evidenciou-se que áreas onde deveria existir a mata ciliar, protegida pela Lei Federal de número 4.771 de 15 de setembro de 1965, não existe mais, por que, quase toda a vegetação foi cortada para dar origem às culturas de arroz, pastagens e cidades. O trabalho esta agora na sua segunda etapa, onde foi gerada uma segunda micro-bacia a ser analisada.

1.Introdução

O desenvolvimento urbano apresenta permanente conflito com o meio ambiente, decorrente de razões econômicas e, muitas vezes, pela ausência de planejamento de ocupação. Os componentes do meio físico são de fundamental importância na avaliação ambiental de uma região, daí a necessidade de se ter um diagnóstico bem circunstanciado, para que a avaliação ambiental seja verdadeira e confiável. A análise ambiental é guiada para entender o padrão territorial, ou seja, as características e organização da dimensão físico-natural, os processos econômicos, sociais, culturais, ecológicos, políticos e o sistema de infra-estrutura. Com a caracterização do meio, pretende-se coordenar as ações dos setores públicos e privados que resultam em impactos para o meio ambiente nas formas de ocupação territorial. Assim podemos elevar a qualidade de vida da população mantendo a harmonia com a natureza.

O presente estudo teve como objetivo caracterizar fisicamente a região, os seus usos e recursos a partir de produtos orbitais, elaborando mapas temáticos representativos do meio físico (hipsometria, hidrografia, uso do terra) e identificar áreas preservadas e áreas a serem recuperadas ao longo do rio Itajaí-Açu entre a sua Foz até o município de Indaial. A caracterização física da área de estudo, foi feita usando técnicas de Sensoriamento Remoto Orbital e SIG (Sistema de Informações Geográficas), os quais possibilitaram elaborar um documento síntese, didático e analítico, referente às questões de natureza ambiental dos municípios.

2. Materiais e método

Foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT 5 nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7 referente à órbita e ponto 220/79-E com passagem na data de 05/04/97 e do ano de 2002. Para a digitalização foram utilizadas as cartas topográficas de Itajaí e Gaspar na escala de 1:50.000 do IBGE, utilizando-se o *software* SPRING 3.2. Microcomputadores foram utilizados para organizar e arquivar os dados numéricos.

Com a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas ARCGIS 8.2 e IDRISI 3.2 os dados foram tratados e trabalhados para a construção da carta-imagem temática do uso do solo, do Modelo de Elevação digital e do corredor (área de influência de legislação ambiental) ao longo do rio Itajaí-Açu.

Para o levantamento dos dados em campo, foi utilizado um carro para que pudesse ser percorrida a área de estudo e com uma câmera digital Sony 2.0 foram obtidas fotografias para auxiliarem na classificação da imagem e no uso do solo da região. Estes dados foram digitalizados com a ajuda do programa REGEEMY.EXE.

2.1 Procedimentos metodológicos

2.1.1 Georreferenciamento da imagem

O registro de uma imagem compreende uma transformação geométrica que relaciona, coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência. O registro apenas usa transformações geométricas simples (usualmente transformações polinomiais de 1° e 2° graus) para estabelecer um mapeamento entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas. Então foi realizado o registro tendo como base as cartas topográficas digitalizadas e georreferenciadas. Inicialmente foi gerado o projeto dentro do SPRING 4.0 onde foram digitalizadas as cartas topográficas, dividindo em hidrografia, curvas de nível e rodovias. Essas cartas com suas respectivas coordenadas foram utilizadas para registrar a primeira imagem (1997), para georreferenciar a segunda imagem de data mais recente (2002), coletou-se pontos de controle da imagem registrada anteriormente.

A cena 220/79-E, passagem de 05/04/97, foi registrada com um total de 28 pontos de controle utilizando um polinômio de transformação de 2° grau. Foi realizada a análise de resíduos do erro dos pontos coletados e selecionou-se os melhores pontos de controle, totalizando um erro dos pontos de controle de 0,523.

2.1.2 Classificação da imagem

Para a realização da classificação supervisionada foi necessária a utilização de várias combinações entre as bandas do TM-Landsat 2, 3, 4, 5 e 7.

Cada classe foi analisada cuidadosamente com o auxílio principalmente da imagem sintética gerada pela composição colorida das bandas 4,5,7 nos canais RGB, respectivamente.

A análise de cada classe baseou-se na interpretação visual da imagem e o trabalho de campo, a qual considerou a textura, cor e o padrão das feições existentes na imagem. Dessa forma, alguns polígonos precisaram ser editados, pois algumas vezes coberturas diferentes foram agregadas em uma mesma classe.

Após a análise de todas as classes e das edições necessárias o resultado sofreu uma análise final para conferência.

2.1.3 Aquisição de dados de campo

Com uma câmera digital (Sony 2.0) foram obtidas fotografias na área de estudo para exemplificar como a região vem sendo utilizada e ocupada, regularmente e irregularmente, pelos habitantes da região. Estas fotos foram tratadas utilizando o software REGEMY.EXE, para digitalizar as fotos e também para montar fotos panorâmicas da região, o objetivo era ter uma melhor visualização dos problemas de uso e ocupação da terra. Como as cinco saídas de campo feitas em datas diferentes ao longo dos anos de 2003 e 2004 foi possível fazer constatações na mudança no uso do solo.

Foi também realizado um levantamento do número de casas e estabelecimentos comerciais irregulares que estão junto às margens do rio Itajaí-Açu entre os municípios de Itajaí, Navegantes e Ilhota. Com estas saídas, foi quantificado o número de tubulações, córregos em área urbana, escoamento superficial, empreendimentos de risco e córregos em área rural, bem como situações combinadas entre estas categorias que estavam localizados nas margens do rio Itajaí-Açu. Estes dados foram quantificados usando o programa Excel construindo-se assim uma tabela.

2.1.4 Construção de um mnt (modelo numérico de terreno).

Segundo Rocha (2002), o processo de geração de um modelo digital de terreno consta em três etapas: Aquisição de dados; edição de dados e geração do modelo Digital de Terreno. Para este trabalho a aquisição de dados foi realizada através das cartas topográficas cedidas pelo IBGE (municípios de Gaspar e Itajaí) em formato digital. Na edição de dados foi feita a preparação e o tratamento destes dados, para gerar modelos precisos e confiáveis. O tratamento destes dados implicou em eliminar pontos levantados de forma errada ou acrescentar pontos onde ocorreram falhas, para geração correta do modelo (MNT). E finalmente na geração do MNT consistiu na criação do modelo propriamente dito. Para a construção do modelo foi necessário o uso do software ARCGS 8.1, onde o modelo gerado permite que seja possível a observação do escoamento superficial, identificação da linha de inundação e o gerenciamento da bacia hidrográfica em si. A interpolação dos dados foi feita através de um modelo vetorial (rede triangular), com topologia arco-nó. Para começar a segunda etapa do projeto serão necessárias as cartas digitais dos outros municípios.

2.1.5 Projeção de uma área de influência de legislação ao longo do rio itajaí-açu.

Foi gerada uma projeção de área de influência de legislação entre a foz do rio Itajaí-Açu até o município de Ilhota (micro-bacia de Ilhota, primeira etapa) . Para geração dessa área foi utilizado o software ARCGIS 8.2 que através do recurso “buffer wizard” definiu a área para as duas margens do rio. Como critério, foi utilizada a Lei Federal número 4.771 de 15 setembro de 1965, a qual define como área de preservação permanente uma faixa mínima de 100 metros para rios de 50 a 200 metros de largura.

Esta área foi gerada para saber qual a área de preservação permanente que deveria ter sido respeitada ao longo do rio Itajaí-Açu, desde a sua foz até o município de Indaial, observando qual o tipo de atividade que está sendo desenvolvida nesta área.

3. Resultados e discussão

O mapa de uso do solo mostra o alto grau de fragmentação da região e demonstra a forte pressão antrópica exercida pelos municípios de Itajaí, Navegantes e Ilhota. Observa-se na Figura 1 que o uso do solo encontra-se altamente fragmentado, dominado predominantemente de pastagens, cultivos de arroz e mata nativa.

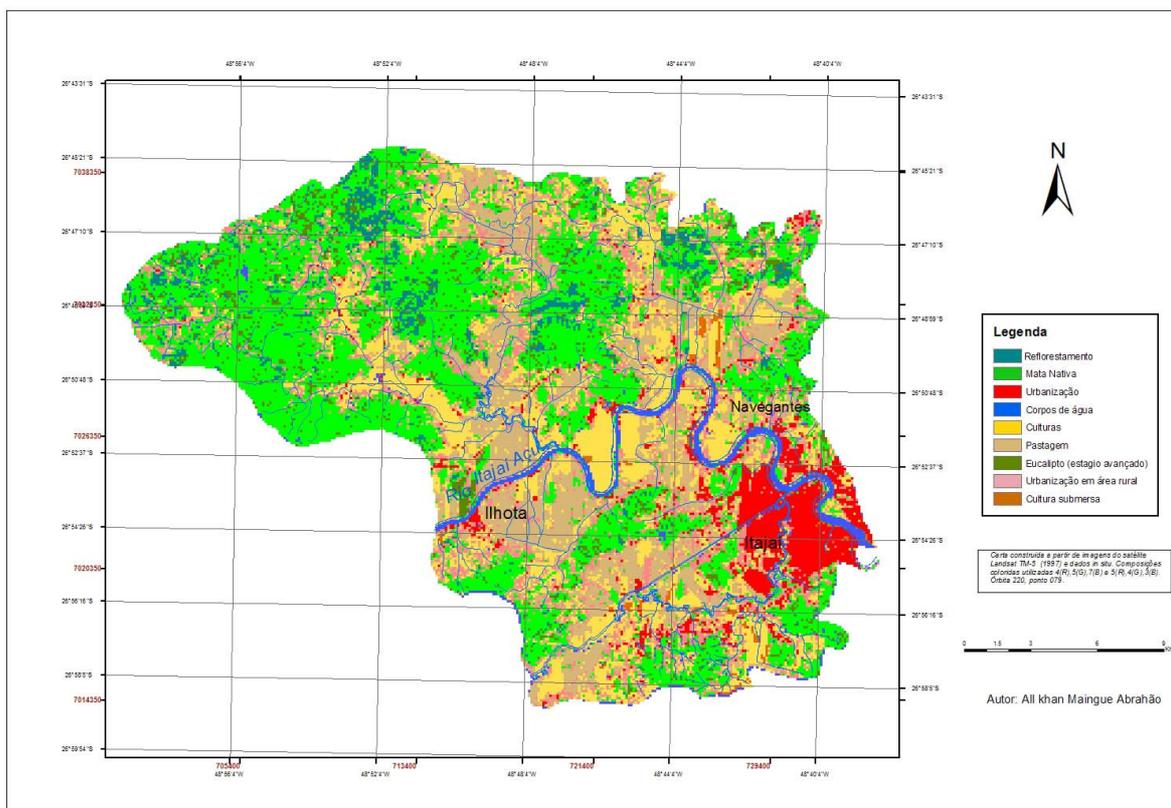


Figura 1: Carta-imagem de Uso de Solo

A classe de culturas submersas classificada na carta-imagem de uso do solo são quadras de arroz irrigado em diferentes estágios de desenvolvimento com uma cobertura de água.

A urbanização em área rural como mostra carta-imagem (Figura 1), constitui-se de grandes áreas expostas podendo haver galpões de armazenamento de materiais, de animais e propriedades rurais como pequenas casas e estabelecimentos comerciais, com intervalos maiores de uma propriedade para outra.

Com a comparação do uso do solo conforme a imagem classificada com as cartas do IBGE de Itajaí e Gaspar 1:50.000, ocorreram mudanças, pois em muitas áreas onde existiam campos de cana-de-açúcar e pastagem houve mudança para quadras de arroz irrigado.

Verificou-se que as matas nativas estão localizadas principalmente nos morros da região, pois nestas áreas o acesso é difícil e não permite a maioria dos cultivos típicos da região.

Em uma análise geral, verifica-se que 38% da área de estudo encontra-se destinada a plantios, principalmente de arroz e pastagem, 7,7% corresponde a reflorestamento de Eucaliptos, estes reflorestamentos, que estão localizados abaixo da cota de 20 metros de altura estão sofrendo com os processos de corte para implementação de culturas de arroz e 17,6% da área de estudo corresponde a áreas urbanas e urbanização em área rural. Com relação à floresta nativa apenas 25,56% da área de estudo encontra-se preservada.

A carta-imagem das fontes poluidoras indica as principais entradas de fluxo ocorrentes no baixo curso do rio Itajaí-Açu, de origem industrial e doméstica e de culturas cultivadas ao longo do rio.

Observa-se na carta-imagem que nos municípios de Itajaí e Navegantes ocorrem um aumento nas densidades de entradas de fluxo, principalmente de origem industrial devido ao grande número de empresas de pesca bem como no número de tubulações de esgoto doméstico que despejam seus efluentes diretamente no rio sem tratamento prévio. Encontramos valas abertas foco de infecções.

Na tabela 1 são mostradas as classes das fontes poluidoras bem como a quantidade de cada uma ao longo do rio Itajaí-Açu, entre a foz até o município de Ilhota. Em apenas aproximadamente 37 km de rio, temos cerca de 131 entradas de fluxo, sendo que 72 entradas de fluxo estão na margem esquerda do rio das quais 24 são tubulações e 20 correspondem a empreendimentos de risco.

Tabela 1 – Relação e quantidade das fontes poluidoras registradas junto às duas margens do rio Itajaí-Açu entre os municípios de Ilhota e Itajaí/Navegantes.

Classes	Quantidade
Bombas de arroz	5
Canal de drenagem	6
Tubulação	42
Córrego em área rural	21
Córrego em área urbana	12
Empreendimento de risco	27
Escorrimento superficial	3
Tubulação + empreendimento de risco	9
Tubulação + escoamento superficial	5
Córrego em área rural + empreendimento de risco	1
TOTAL	131

Como foi observado nas saídas de campo, o principal produto cultivado na região é o arroz irrigado, o qual necessita áreas sem vegetação fazendo com que ocorra uma grande pressão

sobre as matas nativas principalmente sobre as matas ciliares, pois o arroz necessita de uma grande quantidade de água. Assim para que esta água esteja disponível é necessário que as quadras de arroz estejam próximos dos corpos d'água. Nos últimos anos, como foi evidenciado com as saídas de campo, à área de arroz vem crescendo na região. Onde existiam plantios de eucaliptos e pasto, estão sendo formadas quadras para o plantio de arroz irrigado.

Já a pecuária, ao contrário do arroz, vem diminuindo os seus campos de pastagens. Porém, o principal problema é a localização das pastagens, pois muitas dessas estão junto às margens do rio Itajaí-Açu e onde deveriam haver as matas ciliares há pasto, fazendo com que as margens do rio sofram processos erosivos influenciando o assoreamento do rio e a qualidade de suas águas, além de representar perda de fertilidade do solo.

A urbanização e industrialização estão influenciando no desmatamento e na poluição dos corpos d'água. Foi constatado que a maioria de seus efluentes estão sendo despejados diretamente no rio Itajaí pelos moradores da região e pelas indústrias, onde estão as principais fontes de entrada de fluxo para o Itajaí.

Os desmatamentos estão sendo feitos principalmente sobre a mata ciliar, onde estão sendo retiradas para construção de casas, hortas e para criação de animais.

Com a projeção da área de influência de Legislação ambiental através do Sistema de Informação Geográfica ARCGIS 8.2, definiu-se a Área de Preservação Permanente que deveria existir na região no baixo curso do rio Itajaí-Açu.

Com a construção do modelo evidenciou-se que áreas onde deveria existir a mata ciliar, protegida pela Lei Federal de número 4.771 de 15 de setembro de 1965, não existem mais na região de estudo, por que, quase toda a vegetação foi cortada para dar origem às culturas de arroz, pastagens e cidades. Esta área, onde deveria haver esta vegetação ao longo do rio é de 8,4 km². Então, aplicando-se a Legislação Florestal é possível verificar que boa parte das cidades bem como partes das rodovias que estão às margens do rio Itajaí estão em área ilegal e inadequada.

Com esta falta de mata ciliar, os municípios que fazem parte da região de estudo perderam uma das principais defesas contra enchentes, agravando-se principalmente nas cidades de Itajaí e Navegantes, por que além de não apresentarem mais a mata ciliar nas margens do rio Itajaí-Açu, no perímetro urbano destas cidades, elas apresentam uma intensa urbanização e também não há áreas verdes, como parques e jardins, agravando assim o problema das enchentes e da qualidade de vida.

Foi construído um grande número de estradas que se entrecruzam nas planícies aluviais, principalmente no meio rural, para facilitar o acesso dos moradores locais às suas residências e para auxiliar o escoamento de produtos cultivados na região. A região apresenta um grande número de rios, córregos e canais de drenagem, os quais estão sendo impactados por esta urbanização.

4. Conclusões

Um dos graves problemas que afetam a qualidade ambiental da região e dos recursos hídricos é a retirada ou ausência de mata ciliar, por atividades agrícolas como as culturas de cereais a criação de animais e construções residenciais e comerciais. A ausência de mata ciliar permite que todo tipo de lixo e outros materiais que aumentam o nível da água constantemente cheguem no rio, agravando o problema de enchentes na região. Problema que afeta principalmente a cidade de Itajaí. Além disso, o balanço hídrico é afetado e grandes quantidades de solo fértil são perdidos (erosão), perturbando ainda a qualidade das águas dos rios.

A área de influência da Legislação ambiental projetada ao longo do rio Itajaí-açu entre Ilhota e Navegantes/Itajaí, permitiu concluir que não há observância ao código florestal, pois a onde deveriam estar presentes as matas ciliares estão casas, empreendimentos, pastos, criação de animais, estradas e outras estruturas, o que evidencia ausência de planejamento urbano e rural na região. Sem aparente solução.

A atividade do arroz irrigado está tendo um forte impacto na região, pois está alterando a paisagem local e transformando grandes pastagens, cultivos de eucaliptos e matas nativas em quadras de arroz, as quais, na maior parte do tempo encontram-se inundados mudando tanto esteticamente a região como fisicamente, pois retiram grandes quantidades de água dos rios principalmente do rio Itajaí-Açu. Esta atividade tem grande importância econômica.

É necessário a execução de um estudo para definir a largura do rio Itajaí-Açu, a fim de saber com uma certa precisão até onde é permitido o uso do terra sem que haja prejuízos para as vegetações ciliares e para a qualidade ambiental em geral.

5. Referências

ABRAHAM, A. M. **Estudo Ambiental no Baixo Curso do Rio Itajaí-Açu, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográficas (SIG)** Itajaí, 2004. 59 f. Trabalho de graduação – Curso de Oceanografia, Setor de Ciências Exatas, Universidade do Vale do Itajaí.

CHEN, S. C. **Respostas espectrais de soja e algodão a partir de dados de TM-LANDSAT.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6, Manaus, Brasil, ANAIS...Manaus, Centro de convenções do Hotel Tropical, 1990, p 201-8.

CALIJURI, M. L. **Sistema de Informações Geográficas II.** Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, Viçosa - Minas Gerais, 1995.

COMITÊ DO ITAJAÍ. Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí. Disponível em: <<http://www.comiteitajai.org.br>> Acesso em: 10 maio 2004.

EPIPHANIO, J. C. N. **Dados TM Landsat 5 no estudo das culturas de trigo e feijão.** Tese de Doutorado, São José dos Campos, INPE, 1988.

FAO. **Los sistemas de Información Geográfica y la Telepercepción en la pesca continental y la acuicultura,** Roma, Documento Técnico de Pesca, 1992.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation.** New York: John Wiley & Sons, 1994, 750p.

IBGE. **Censo demográfico 2000 – Características da população e dos domicílios – Resultados do Universo.** Ministério do Planejamento e Gestão - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, p.1-520, 2000

KHALIFEH, S.; WAYNAKH, I. M. **Hydrological application of remote sensing in Jordan.** INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 7, Rio de Janeiro, Brasil, ANAIS... Rio de Janeiro, 1994, p 240-5.

MACHADO, P. J. de O. Recursos hídricos: uso e planejamento. **Geosul**, Florianópolis, v.16, n.31 p 103-115, jan/jun. 2001.

MANAHAN, Stanley. E.; KENNISH A. **Environmental chemistry. 7º ed.** Lewis. Boca Raton , USA, 2000, 898p.

- NOVO, E. M. L. **Sensoriamento Remoto**. Curso de especialização em Geoprocessamento. UFRJ, IGEO, Dep. Geografia, LAGEOP, Rio de Janeiro, 1999, volume 2, Mídia CD.
- PINTO, A. F. **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos**: contribuição metodológica. São José dos Campos, 1991, 134p.
- RIBEIRO, Ricardo. **Matas ciliares: Conservação e recuperação**. 1º ed. EDUSP. São Paulo, 2000, 320p.
- RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital image analysis – An Introduction**. New York, Springer-Verlang, Second Edition, 1995, 340p.
- RIFFEL, E. **Caracterização ambiental do rio Itajaí-Mirim e seus tributários, no município de Brusque (SC)**. Itajaí, 2003. 47 f. Trabalho de graduação – Curso de engenharia ambiental, Setor de Ciências Exatas, Universidade do Vale do Itajaí.
- ROCHA, C, H, B. **Geoprocessamento**. Tecnologia Transdisciplinar. Ed. do Autor, 2º ed, Juiz de Fora, MG, 2202, p. 219.
- SANTOS, S, A, M. **Análise da paisagem de um corredor ecológico na Serra da Mantiqueira**. São José dos Campos, 2002. 142 f. Dissertação de mestrado – Mestrado em sensoriamento remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
- SCHETTINI, C. A. F. Caracterização Física do Estuário do Rio Itajaí-açu, SC. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol 7, n. 1, jan/mar, pág. 123-142, 2002.
- SILVA, C. E. da. **Caracterização das atividades de rizicultura e implicações ambientais do uso de defensivos agrícolas na bacia do baixo rio Itajaí-Mirim**. Itajaí, 2003. 38 f. Trabalho de graduação – Curso de engenharia ambiental, Setor de Ciências Exatas, Universidade do Vale do Itajaí.
- SUGUIO, K., BIGARELLA, J, J. **Ambientes fluviais**. 2º ed. Editora UFSC. Florianópolis SC, 1990, 183p.
- TELLES, G. J. B. **Identificação e caracterização das principais atividades minerárias, seus impactos e modificação geradas na bacia do rio Itajaí-Mirim, Brusque (SC)**. Itajaí, 2003. 39 f. Trabalho de graduação – Curso de engenharia ambiental, Setor de Ciências Exatas, Universidade do Vale do Itajaí.
- THORNTON, Iain.; FRANKEL D. **Applied environmental geochemistry**, 1º ed. Academic Press. London, UK, 1983, 501p.
- VALÉRIO, F. M.; PINTO, S. A. F. **Resultados preliminares da utilização de imagens TM/Landsat na identificação de áreas submetidas a processos de erosão**. São José dos Campos, INPE, 1987.