



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DO SOLO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA PCH - SÃO SIMÃO, UTILIZANDO IMAGENS SUBORBITAL E ORBITAL

Kmila Gomes da Silva¹; Alexandre Rosa dos Santos²; Leônidas Leoni Balan³

RESUMO

O objetivo proposto pelo estudo foi mapear e analisar as mudanças espaciais da cobertura do solo da área de influência da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) – São Simão, Alegre ES. As imagens foram processadas com auxílio do SPRING 5.1.6 e classificadas por meio do algoritmo Bhattacharya, a partir de duas imagens de alta resolução suborbital (Ortofoto /2007) e orbital (Geoeye/ 2009) que retratam os períodos que antecede e sucede a construção da referida Subestação. Foram definidas seis classes temáticas. A Classificação Supervisionada Battacharya, demonstrou ser uma boa ferramenta para avaliar as alterações da cobertura do solo. Quanto à comparação dos dados, pode-se verificar que ocorreu um expressivo aumento da classe pastagem com 17,38%, seguida da classe corpos d'água com 3,54% e material rochoso com 3,46. Tiveram significativa redução as classes remanescentes de vegetação natural com 22,30%, seguido da estrada não – pavimentada com 1,30% e solo exposto com 0,78%. O uso e ocupação da terra no entorno da área de estudo, permanece sendo coberta pela pastagem (69,55%) em 2009, tendo em vista que boa parte da cobertura vegetal foi reduzida a pastagem. A construção da PCH São Simão favoreceu para o aumento do êxodo rural nos municípios vizinhos ao empreendimento.

Palavras-chaves: ocupação do solo; bhattacharya; pequenas centrais hidrelétricas.

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE SOIL COVER IN THE INFLUENCE AREA OF THE PCH – SÃO SIMÃO, USING SUBORBITAL AND ORBITAL IMAGES

ABSTRACT

The objective proposed by the study was to map and analyze the spatial changes of the soil cover of the influence area of the Small Central *Hydroelectric* power plant (Pequena Central Hidrelétrica - PHC) – São Simão, Alegre ES. The images were processed with the support of SPRING 5.1.6 and classified by using the algorithm Bhattacharya, from its two images of high suborbital definition (Ortofoto /2007) and orbital (Geoeye/ 2009) which retracted the periods that come before and after the referred Substation construction. Six thematic classes were defined. The Supervised Classification Battacharya, demonstrated being a good instrument to evaluate the alterations of the soil cover. Comparison of the data, we can see that there was a significant increase in pasture class with 17.38%, followed by the class water corps with 3.54% and 3.46 with rocky material. Had significant reduction class remnants of natural vegetation with 22.30%, followed by non-road - paved with 1.30% and 0.78% with exposed soil. The use and occupation of the soil on the places nearby the area of study, remains being covered by pasture (69.55%) in 2009, and a good part of the vegetation cover was reduced to pasture. The construction of the PCH- São Simão favored for increasing rural exodus in neighboring community to the enterprise.

Keywords: soil occupation; bhattacharya; small central hydroelectric power plants.

Trabalho recebido em 16/03/2011 e aceito para publicação em 19/08/2011.

¹ Bióloga, mestranda do Programa da Pós-graduação em Ciências Florestais da UFES. email: kmila22@yahoo.com.br

² Professor Dr. em Engenharia Agrícola da UFES, bolsista em Produtividade de Pesquisa-CNPq. e-mail: mundogeomatica@yahoo.com.br

³ Eng. Agrônomo do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da UFES.

1. INTRODUÇÃO

Diante do alto potencial hídrico do Brasil, a geração de energia através das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) vem se tornando uma alternativa bastante viável (PIMENTA *et al.*, 2009). Tal fato justifica o marco das construções de reservatórios no século XX (RODRIGUES *et al.*, 2005).

Para a implantação de PCHs são necessários estudos nos contextos econômicos e socioambientais, pois tais empreendimentos comprometem todo o ecossistema adjacente, tanto quanto a dinâmica do ambiente aquático como do terrestre (ESTEVEZ, 1998; PIMENTA *et al.*, 2009). Diante da inevitável ocorrência de impactos ambientais, medidas preservacionistas e compensatórias são necessárias para amenizá-los (SILVA *et al.*, 2007).

Para facilitar a análise e monitoramento das variáveis ambientais, a elaboração de banco de dados com informações especializadas de impactos gerados por implantação de usinas hidrelétricas é essencial para subsidiar tomadas de decisões no setor hidrelétrico como um todo (LIMA & BATISTA, 2010). O levantamento do uso e ocupação da terra nestas áreas, além de apontar as potencialidades e limites dos recursos

naturais existente na região, torna-se necessário na medida em que auxiliam nos estudos dos possíveis impactos gerados com o empreendimento.

O monitoramento das alterações no espaço leva a reorientação do seu uso e ocupação, bem como da adoção de práticas compatíveis com as suas aptidões (QUEVEDO *et al.*, 2009). No entanto, levantamentos de campo para a concretização de diagnósticos da área em estudo, tornam-se dispendiosos e de respostas geralmente tardias (POLIZER *et al.*, 2003). Neste caso, os produtos do Sensoriamento Remoto vêm se apresentando como ferramentas mestres nos estudos de monitoramento ambiental. As imagens proporcionam uma análise multitemporal que permitem acompanhar as transformações do espaço ao longo do tempo (FLORENZANO, 2002). Stehman & Czaplewski (2003) afirmam que as aplicações de estudos ambientais que utilizam técnicas de sensoriamento remoto estão baseadas na pressuposição de que os mapas de uso e cobertura da terra são suficientemente precisos para justificar seu uso.

Com intuito de ampliar e agilizar a aquisição de informações referentes aos estudos de impactos ambientais, a classificação supervisionada tem sido adotada como uma técnica de grande valia.

De acordo com Moreira (2005), esta técnica consiste no reconhecimento de cada classe de uso da área imageada, e toma como base tanto as características do

Diante disso, o presente estudo propõe o mapeamento e análise das mudanças espaciais de ocupação do solo na área de influencia da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) – São Simão, por meio da Classificação Supervisionada Bhattacharya.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A Pequena Central Hidrelétrica (PCH) – São Simão fica situada no

pixel, definida como “pixel a pixel”, bem como da região, onde além da informação do pixel é utilizado informações dos pixels vizinhos.

Município de Alegre, no Estado do Espírito Santo, entre as coordenadas geográficas 20° 34’ 53” a 20° 37’ 41” de latitude Sul e 41° 28’ 19” a 41° 30’ 15” de longitude Oeste, sendo um empreendimento do Grupo São Simão Energia S.A. visando a obtenção de 27 MW de energia elétrica através do represamento do Rio Itapemirim (Figura 1).



Figura 01 - Localização da Pequena Central Hidroelétrica – São Simão no município de Alegre – ES, com vistas parciais à montante e a jusante.

2.2 Da aquisição das imagens

Foram utilizadas duas imagens de alta resolução: uma suborbital (Ortofoto/2007), disponibilizada pelo Instituto de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - IEMA; e outra, orbital (Geoeye/2009), adquirida pela Prefeitura

Municipal de Alegre – ES e cedidas para este estudo; as quais retrataram, respectivamente, os momentos que antecedem e sucedem a construção da Subestação PCH São Simão. Na Tabela 1, são mostradas as características destas imagens.

Tabela 1 – Características das imagens Ortofoto/2007 e Geoeye/2009 utilizadas neste estudo, que representam a área do empreendimento (PCH - São Simão).

ORTOFOTO (2007)		
Bandas Espectrais	Intervalo de Comprimento de Onda	Faixa Espectral
Ortofoto24.772_band_1	0,45 – 0,52 (1,0 m)	Azul
Ortofoto24.772_band_2	0,52 – 0,60 (1,0 m)	Verde
Ortofoto24.772_band_3	0,63 – 0,69 (1,0 m)	Vermelho
GEOEYE (2009)		
Geoeye_band_1	0,45 – 0,52 (0,5 m)	Azul
Geoeye_band_2	0,45 – 0,52 (0,5 m)	Verde
Geoeye_band_3	0,52 – 0,60 (0,5 m)	Vermelho

Fonte: Adaptado de IEMA (2007) e GEOEYE (2009).

2.3. Metodologia

O mosaico e o recorte das duas imagens foram realizados com auxílio do aplicativo computacional ArcGIS 9.2, destacando a área de estudo para cada período analisado. A criação do banco de dados se deu com a utilização do programa computacional SPRING versão 5.1.6.

Para as imagens Ortofoto/2007 e Geoeye/2009 foram realizada a geração de imagem colorida normal. O detalhamento das imagens auxiliou na definição das classes temáticas, logo adotou-se as seguintes classes para a análise temporal: a) Corpos d'água ; b) Solo exposto; c)

Pastagem; d) Remanescentes de vegetação natural; e) Material rochoso; f) Estrada não-pavimentada. A caracterização das classes ocorreu da seguinte forma:

- a. Corpos d'água: espelho d'água de rios, lagos e lagoas;
- b. Solo Exposto: solos erodidos, descobertos e recém arados;
- c. Pastagem: representada por pastagens nativas e/ou cultivadas com espécies forrageiras utilizadas para criação de ruminantes, degradadas ou não;
- d. Remanescentes florestais: vestígios de vegetação da mata atlântica, representadas por fragmentos florestais

ainda existentes na região, incluindo matas ciliares (em diversos estágios de sucessão), assim como vegetação de capoeira e várzeas

- e. Material Rochoso: estrutura rochosa de gnaisses;
- f. Estrada não-pavimentada: estradas rurais não pavimentadas e/ou com revestimento tipo saibro.

2.4 Segmentação e classificação da imagem

Para classificação das imagens realizou-se os processos de segmentação e classificação supervisionada por regiões, podendo ser divididos em etapas: segmentação, extração de regiões, classificação e mapeamento. Para realizar a segmentação foi necessário adotar valores de dois parâmetros: o limiar de similaridade e área mínima. Para alcançar estes valores recorreu-se a literatura e em seguida foram feitos vários testes entre algumas combinações possíveis no algoritmo. Considerando que os limiares não possuem valores fixos foram realizados testes que prosseguiram até o instante em que o resultado da segmentação foi considerado satisfatório, ou seja, com obtenção de polígonos que melhor definissem o contorno das classes estudadas.

O par de valores adotados de similaridade e de área foram, respectivamente, 45 e 300 pixels, adotado por outros autores como Corte *et al.*, (2008). Depois da escolha dos parâmetros foi realizada a segmentação, em seguida a extração de atributos das regiões e a classificação utilizando o classificador Bhattacharya com limiar de aceitação de 99%, admitindo que 1% dos pixels possa ter sido introduzido no treinamento por engano. As classes geradas neste processo foram manipuladas na etapa de mapeamento e edição matricial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinou-se as classes de uso e ocupação do solo (Figuras 2 e 3) e quantificou-se o percentual de ocupação das classes mapeadas (Tabela 2) na área de influência da PCH São Simão, Alegre – ES, para os anos de 2007 e 2009.

Aponta-se a dinâmica espaço temporal em períodos que antecedem e sucedem a construção da PCH São Simão, respectivamente nos anos de 2007 e 2009 (Tabela 2). As áreas de cobertura do solo são representadas pelas classes corpos d'água, solo exposto, pastagem, remanescentes florestais, material rochoso e estrada não-pavimentada.

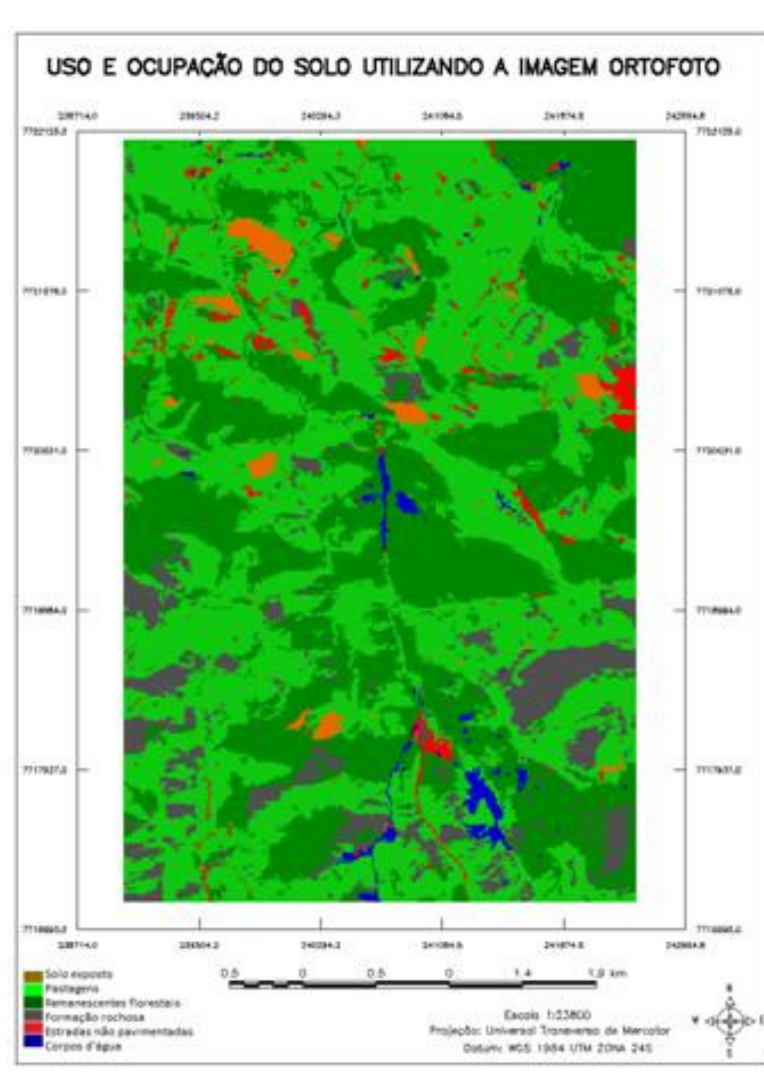


Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo em 2007.

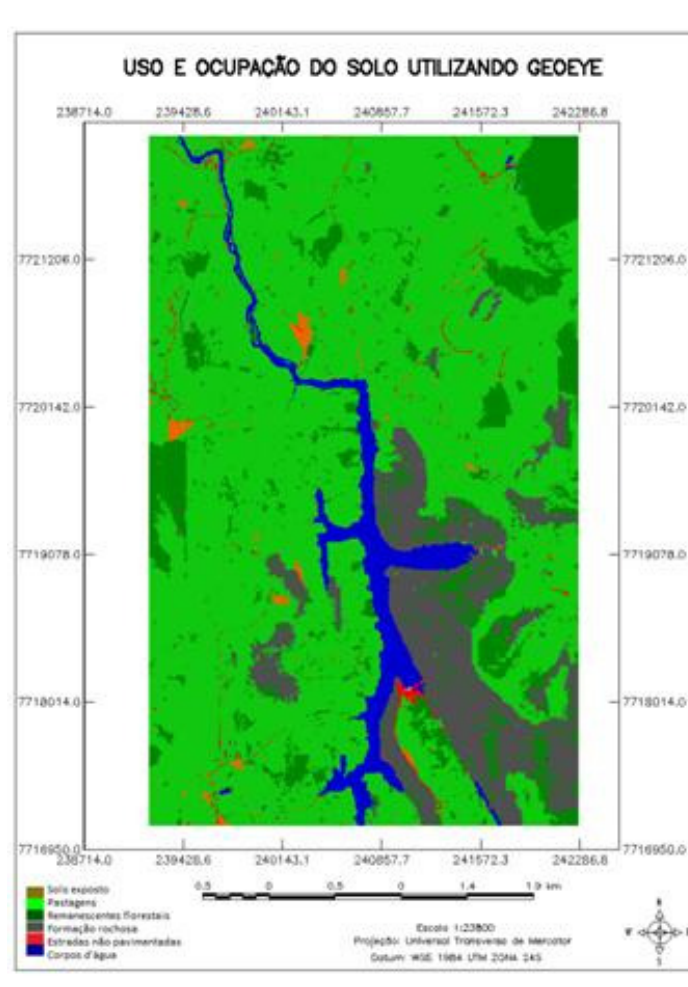


Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo em 2009.

Tabela 2 - Quantificação e composição percentual das classes de uso do solo na área de influência da PCH São Simão, Alegre – ES.

Classe de uso do solo	2007		2009		Variação (%)
	Área (ha)	Ocupação (%)	Área (ha)	Ocupação (%)	
Corpos d'água	18,479	1,17	74,533	4,71	3,54
Solo exposto	25,698	1,62	13,239	0,84	- 0,78
Pastagem	825,001	52,17	1099,635	69,55	17,38
Remanescentes florestais	538,377	34,04	185,623	11,74	- 22,30
Material Rochoso	143,605	9,08	198,257	12,54	3,46
Estrada não-pavimentada	30,305	1,92	9,802	0,62	- 1,30
Total	1581,466	100	1581,090	100	--

Conforme mensuração das classes de uso e ocupação do solo para o ano de 2007 (Figura 2), verifica-se que em uma área total de 1581,466 ha, as classes de uso apresentam áreas distintas e percentuais variados, sendo que a classe pastagem predomina sobre as demais correspondendo a um total de 825,001 ha ou 52,17% da área total. Em segundo lugar em termos de área ocupada, aparecem os remanescentes florestais com 538, 377 ha ou 34,04% da área total, e logo em seguida material rochoso com 143, 605 ha ou 9,08%. Em quarto lugar a classe estrada não-pavimentada totalizando de 30,305 ha ou 1,92% da área total, seguido da classe solo exposto em quinto lugar com 25, 698 ha ou 1,62% e logo abaixo a classe curso d' água com 18, 479 ha ou 1,17% em sexto lugar (Tabela 2)

O mapa de uso do solo para o ano de 2009 (Figura 3) mostra uma distribuição quantitativa diferenciada quando comparada ao ano de 2007. Verifica-se que de um total de 1581,090 ha, a classe pastagem permanece ocupando maior área (1099,635 ha) representando 69,55% de toda área em estudo. Em segundo plano a classe material rochoso com 198,257 ha (12,54%), seguido da classe remanescentes florestais 185,6235 ha (11,74%), curso d'água 74,533 ha (4,71%), solo exposto 13,239 ha (0,84%) e por fim estrada não-pavimentada 9,802 ha (0,62%) (Tabela 2).

Analisando a variação no percentual de ocupação da área por cada classe (Tabela 2), verifica-se um acréscimo de 17,38 %, na área ocupada por pastagem, o que possivelmente ocorreu com expansão da pecuária leiteira, atividade agropecuária tradicional na região sul do Espírito Santo, haja vista um baixo nível tecnológico dos pecuaristas quanto ao manejo das pastagens. Áreas ocupadas por pastagens degradadas estão constantemente susceptíveis a erosão e baixa fertilidade (CAMPOS *et al.*, 2004).

Semelhante acréscimo de área ocorreu para a classe curso d'água. Houve um aumento de 3,54% na área ocupada por corpos d'água de 2007 para 2009, fato justificado pelo represamento da água do rio Itapemirim, necessária para instalação da PCH. Samizava *et al.*, (2009) constatou o mesmo evento na represa de Porto Primavera nos rios Paraná, Rosana e rio Paranapanema. Verificou-se que por meio da análise visual das imagens o algoritmo demonstrou boa sensibilidade para registrar a alteração na morfologia fluvial.

Pela análise multitemporal, constata-se que no ano de 2009 a classe remanescentes florestais obteve uma expressiva redução de 22,30% da área ocupada pela floresta em 2007 (Tabela 2). Este fato comprova que o espaço geográfico da região sofreu forte influencia

da ação antrópica, justificando a baixa cobertura vegetal nas margens do reservatório e expansão das áreas de pastagem. Sabe-se que as matas são essenciais para o controle da erosão e enchente, além de serem fundamentais para contribuir com a recarga do lençol freático (ROCHA, 1991), o que ainda de fato é indispensável para atender a demanda hídrica da PCH. De forma quantitativa, pode-se afirmar que a vegetação nativa está sendo substituída por pastagens, e o restante da área antes ocupada pela mata, fragmento florestal e capoeira agora estão incluídos nas classes de ocupação do solo que representam o afloramento rochoso ou corpos hídricos da PCH. Em virtude do avanço da pastagem e enchimento do reservatório, as classes solo exposto e estrada não-pavimentada obtiveram uma queda em termos percentuais de 0,78% e 1,31% respectivamente.

A redução da área de remanescentes florestais verificada neste estudo, também está associada ao desmatamento feito para a implantação do reservatório da PCH São Simão, o mesmo ocorrido na construção do reservatório de Manso em Chapada dos Quimarães - MT (BORGES & SILVA, 2008). Segundo Silva *et al.* (2006), a revegetação das margens dos reservatórios das hidroelétricas seria importante para amenizar o efeito do desmatamento,

contribuindo na redução do assoreamento dos corpos d'água e erosões na região. Imagens orbitais e suborbitais como as que foram utilizadas neste estudo, podem contribuir com segurança e praticidade para estudos e implantação de medidas mitigadoras aos impactos ambientais ocasionados na implantação de hidroelétricas.

Analisando a classe material rochoso, verifica-se que houve um acréscimo na ordem de 3,46% de 2007 até 2009. Considerando que a topografia da região é bastante ondulada e repleta de afloramentos rochosos, a redução da classe remanescentes florestais, justifica o aumento da categoria material rochoso.

A construção da PCH São Simão favoreceu para um relevante aumento no êxodo rural dos municípios vizinhos ao empreendimento, evento associado às desapropriações de pequenas propriedades rurais para a construção do reservatório. Lima e Batista (2010) relataram fato semelhante na Usina Hidrelétrica de Paraibuna, SP, onde correlacionam às desapropriações das áreas agrícolas e realocação da população em terras improdutivas, à alteração na economia e uso do solo da região.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A classificação Supervisionada, por meio do algoritmo Bhattacharya, demonstrou ser uma ferramenta eficiente para avaliação das alterações da cobertura do solo.

As imagens Ortofoto/2007 e Geoeye/2009 possibilitaram diagnosticar o uso e ocupação do solo no entorno da PCH São Simão e a dinâmica temporal após a construção do empreendimento; além disso, auxiliam para direcionamento e implantação de medidas mitigadoras.

Quanto à comparação dos dados constatou-se o aumento da classe pastagem em 17,38%, correspondendo 69,55% da área de estudo coberta por esta classe, seguida do corpos d'água com 3,54% e material rochoso com 3,46%. Tiveram redução as classes fragmento florestal (22,30%), estrada não-pavimentada (1,30%) e solo exposto (0,78%). Além disso, a construção da PCH favoreceu para o aumento do êxodo rural nos municípios vizinhos ao empreendimento.

5. AGRADECIMENTOS

À Prefeitura Municipal de Alegre e a Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente pelo fornecimento das imagens.

6. REFERÊNCIAS

- BORGES, S da V.; SILVA, M, N da. Análise da influência do reservatório de Manso, na marginal Oeste, Chapada dos Quimarães – MT. **Engenharia Ambiental : Pesquisa e Tecnologia**, v. 5, n.3, p. 017-035, 2008.
- CAMPOS, S.; JÚNIOR, A. A. A.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; PIROLI, E. L. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu/SP. **Engenharia Agrônômica**, v.24, n.2, p. 731-735, 2004.
- CORTE, A. P.D.; DLUGOSZ, F. L.; CENTENO, J. A. S. Testes de limiares para a segmentação de imagens spot-5 visando a detecção de plantios florestais. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 249-257, 2008.
- ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 248p.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97p.
- GEOEYE. **Geoeye: inovative geospatial products & solutions provider**. Disponível em: <<http://www.geoeye.com/>>. Acesso em: 20 out. 2010.
- IEMA. INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Levantamento aerofotogramétrico do Estado do Espírito Santo**. Vitória, 2007.
- LIMA, F. S. F.; BATISTA, G. T. Impacto da Usina Hidrelétrica de Paraibuna, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 5, n.3, p.208-221, 2010.

- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 2005. 320p.
- PIMENTA, S. M.; PENÃ, A. P.; GOMES, P. S. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do Rio São Tomás, Município de Rio Verde – Goiás. **Sociedade & Natureza**, v.21, p. 393-412, 2009.
- POLIZER, M.; MONTEIRO, C. S.; PARANHOS, F. A. C.; ROCHA, F. S.; RAMOS, N. H.; IDE, C. N.; OLIVEIRA, J. M. Z. P. S.; CARRIJO, M. G. G.; LASTORIA, G. Avaliação Multitemporal da Cobertura do Solo na Bacia do Rio Salobra. In: II Simpósio BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2., 2003, Itajaí. **Anais...** Itajaí: UNIVALI, 2003.
- QUEVEDO, E.R de.; STEFANES, M.; FILHO, A. C. P.; QUEVEDO, J.R de.; COPATTI, A. Aplicação da segmentação (SPRING) de imagens para avaliação ambiental multitemporal da bacia do Córrego Ceroula – MS, no período 1985 - 2007. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009, p.1481-1488.
- ROCHA, J. S. M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1991. 181 p.
- RODRIGUES, L.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. **Biocenoses em Reservatórios: Padrões espaciais e temporais**. São Carlos: RIMA, 2005.
- SILVA, H. R.; ALTIMARE, A. L.; LIMA, E. A. C. de F. Sensoriamento remoto na identificação do uso e ocupação da terra na área do projeto "Conquista da Água", Ilha Solteira - SP, Brasil. **Eng. Agrícola**, vol.26, n.1, p. 328-334, 2006.
- SILVA, S.S da.; BATISTA, G.T.; TARGA, M. dos S.; DIAS, N.W. Análise de impactos ambientais gerados pela construção de uma barragem na Bacia do Médio Uma, Taubaté, SP. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO, 1., 2007, São Paulo. **Anais ...** Taubaté: IPABHi, 2007. p. 43-50.
- SAMIZAVA, T. M.; IMAI, N. N.; ROCHA, P. C.; WATANABE, F. S. Y. Detecção de alterações da cobertura vegetal entre 1975 e 2007 na planície de inundação do alto curso rio Paraná – Centro Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6157-6164.
- STEHMAN, S.V.; CZAPLEWSKI, R.L. Introduction to special issue on map accuracy. **Environmental and Ecological Statistics**, v.10, p. 301-308, 2003.