

## **Estimativa e comparação da área ocupada por plantas aquáticas na superfície da Represa Salto Grande – SP com auxílio da classificação de imagens CBERS-2B**

Diego Augusto de Campos Moraes <sup>1</sup>  
Anderson Antonio da Conceição Sartori <sup>1</sup>  
Fábio Ávila Nossack <sup>1</sup>  
Claudio Aparecido Spadotto <sup>2</sup>  
Célia Regina Lopes Zimback <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCA  
Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas - GEPAG  
Caixa Postal 237 - 18610-307 - Botucatu - SP, Brasil  
diegomoraes@fca.unesp.br, sartori80@gmail.com, fanossack@fca.unesp.br,  
czimback@gmail.com

<sup>2</sup> Embrapa Monitoramento por Satélite – EMBRAPA/CNPM  
Gestão Territorial Estratégico - GTE  
Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão - Campinas - SP, Brasil  
spadotto@cnpm.embrapa.br

**Abstract.** This study aims to estimate, by using the NDVI index and the unsupervised classification method CLUSTER, the areas covered by aquatic plants in Salto Grande dam, Americana - SP, comparing 2008 and 2010. The NDVI is sensitive to capture the spectral response of vegetation, which has high reflectance in the near infrared band. The classification, supervised or unsupervised, of images obtained by the index of vegetation contributes to the elaboration of thematic maps. In the process of unsupervised classification, the algorithm CLUSTER was used, which is based on a composite image, to obtain satisfactory groupings. This classifier selects the pixels at the peak of the histogram. It was observed that the area mapped with aquatic plants in 2008 is more representative due to a higher volume of them, compared to 2010. With the use of images from the satellite CBERS-2B was possible to estimate the area covered by aquatic plants on the surface of Salto Grande Dam, in Americana (SP), supported by the unsupervised classification CLUSTER, obtained after NDVI process. The maps offer an opportunity to work with a better interpreting of the different targets in the study area images, supporting the monitoring of aquatic plants in the dams and other water bodies.

**Palavras-chave:** thematic maps, unsupervised classification, method CLUSTER, NDVI index, mapas temáticos, classificação não supervisionada, método CLUSTER, índice NDVI.

### **1. Introdução**

O uso da terra no entorno da Represa de Salto Grande, em Americana (SP) é caracterizado pela cultura de cana-de-açúcar, na qual há o uso de fertilizantes e agrotóxicos, gerando resíduos que podem contaminar a água da represa (Carvalho et al., 2010). O monitoramento das represas tem sido de suma importância, uma vez que a cobertura das mesmas por plantas aquáticas pode causar sérios problemas. Segundo Pitelli (1998), as plantas aquáticas causam grandes problemas em lagos e reservatórios, represas rurais, canais de condução para irrigação ou drenagem e grandes reservatórios de usinas hidrelétricas. Estas plantas são consideradas vegetais que, durante o processo evolutivo, migraram do ambiente terrestre para o aquático, porém mantendo algumas características de vegetais terrestres (Pitelli, 2006).

Atualmente com os avanços nas pesquisas e com novas tecnologias de sensoriamento remoto, a facilidade na aquisição de informações de imagens orbitais proporcionou em um ganho expressivo na interpretação e exploração do espaço geográfico.

O trabalho com imagens é de grande importância na utilização de classificação de solos, uso da terra, levantamento dos recursos naturais e monitoramento dos problemas ambientais em uma dada região, de uma bacia ou microbacia hidrográfica (Almeida et. al, 2009).

O sistema de satélites de monitoramento ambiental para obtenção de imagens da superfície da terra como fonte de informação para a produção de mapas impulsionou a inovação no ramo do geoprocessamento e o crescimento das ciências que estudam a dinâmica da paisagem (Sartori et al., 2009).

As imagens obtidas por sensores remotos permitem a identificação dos diferentes usos do espaço terrestre, sendo que o aspecto multitemporal dessas imagens possibilita o acompanhamento das transformações do espaço ao longo do tempo (Florenzano, 2002).

Uma forma de identificar a vegetação em ambientes aquáticos é a utilização de índices de vegetação. Os índices de vegetação são medidas radiométricas adimensionais que indicam a atividade da vegetação verde agregando-se ao índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila e biomassa verde (Jensen, 2009).

O NDVI é o índice de vegetação mais utilizado em imagens obtidas por sensoriamento remoto. O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada produz um IV espectral que separa vegetação verde do brilho do solo de fundo. Esse índice tem sido empregado frequentemente na avaliação do vigor da vegetação, monitoramento da cobertura vegetal, apoio na detecção de desmatamentos, avaliação de áreas queimadas, suporte a previsão da produtividade agrícola, entre outras aplicações (Lopes e Zanardi, 2007).

A classificação de imagens obtidas pelo índice de vegetação contribui para a elaboração de mapas temáticos, de modo supervisionado ou não supervisionado.

O objetivo do presente trabalho foi estimar e comparar a diferença, entre 2008 e 2010, das áreas ocupadas por plantas aquáticas na superfície da Represa Salto Grande em Americana (SP), com o auxílio do índice de vegetação NDVI e do método de classificação não supervisionada CLUSTER, aplicados em imagens CBERS-2B.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Área de estudo

Inserida na bacia hidrográfica do rio Atibaia, precisamente entre os municípios de Americana, Nova Odessa e Paulínia, a Represa de Salto Grande localiza-se em um dos pontos de maior concentração populacional e desenvolvimento econômico do Estado de São Paulo, a Região Metropolitana de Campinas (RMC). A maior parte da Represa está no município de Americana, cortado pelos Rios Jaguari, Atibaia, Piracicaba e Ribeirão Quilombo.

### 2.2 Material

Primeiramente, as imagens a serem utilizadas foram selecionadas. As mesmas são imagens do sensor CCD de 07/07/2008 e 02/02/2010, (órbita/ponto: 155/125) todas do satélite CBERS 2B, disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2010). Na Tabela 1 são apresentadas as principais características das imagens selecionadas.

Tabela 1. Características das imagens CBERS-2B, sensor CCD, utilizadas.

Satélites/Sensores	Resolução Espacial	Bandas espectrais	Órbita/Ponto
CBERS-2B (CCD)	20m X 20m	0,63-0,69 $\mu\text{m}$ (vermelho) 0,77-0,89 $\mu\text{m}$ (infravermelho próximo)	155/125

## 2.3 Métodos

A metodologia empregada é apresentada de forma esquemática na Figura 1. Nela é possível observar a sequência dos passos aplicados para obtenção dos mapas temáticos e gráficos finais.

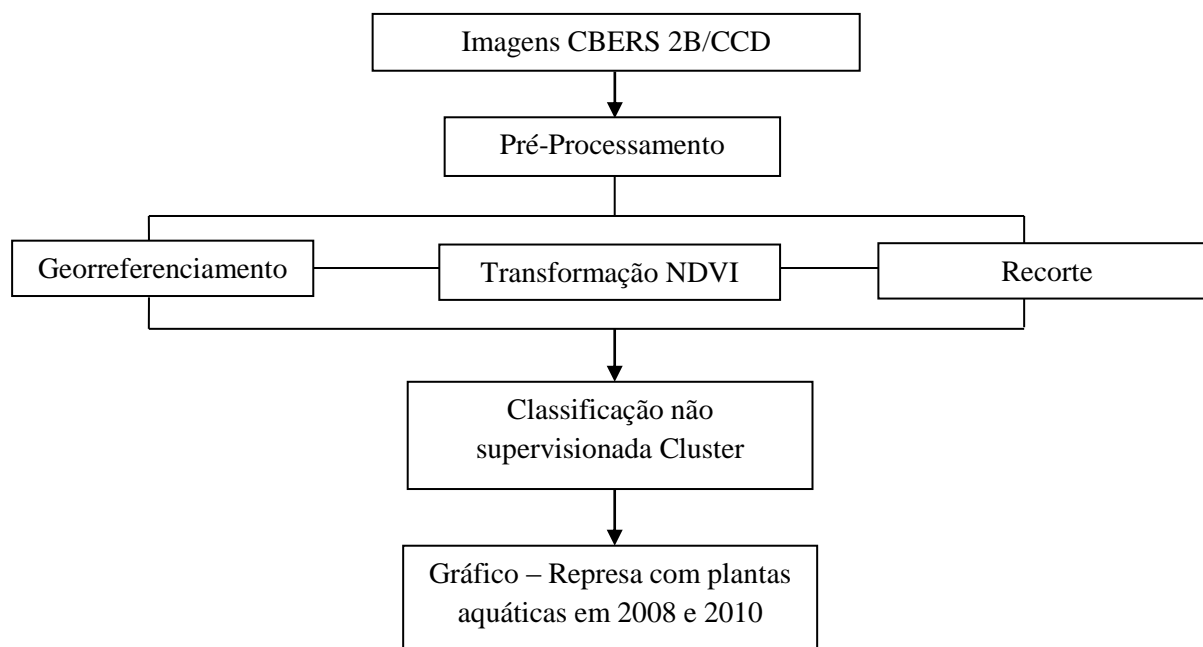


Figura 1. Esquema metodológico

### 2.3.1 Pré-processamento das imagens de sensoriamento remoto

O pré-processamento das imagens de sensoriamento remoto inclui todos os processos prévios que devem ser realizados preliminarmente à aplicação da análise principal.

Foi feita a correção geométrica utilizando o modelo de transformação polinomial de primeiro grau e o método de interpolação pelo vizinho mais próximo. Para essa correção houve a identificação e o registro das coordenadas de pontos, denominados de controle, e que foi comum entre as imagens digitais CBERS 2B e uma imagem do satélite LANDSAT-5 que, por sua vez, representou as coordenadas reais.

Os pontos de controle foram distribuídos de forma homogênea nas duas imagens. A posição da maioria desses pontos deve coincidir com interseções da malha viária e confluência de rios. O registro das coordenadas desses pontos foi feito com a digitalização em tela, nas imagens CBERS 2B e LANDSAT-5, no próprio programa de processamento digital de imagens.

### 2.3.2 Índice de Vegetação

Com o propósito de melhorar a classificação não supervisionada, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) foi incorporado como variável aleatória. Este índice é sensível em captar resposta espectral da vegetação, que possui alta reflectância na banda do infravermelho próximo.

Um índice de vegetação ideal minimiza os efeitos variáveis de brilho de fundo, enquanto enfatiza variações das medidas decorrentes da variação da densidade de vegetação. O NDVI proporciona um forte sinal da vegetação e oferece um bom contraste com outros elementos na superfície terrestre, razão pela qual tem sido amplamente utilizado.

Este índice foi gerado a partir da imagem CBERS, utilizando-se a Equação 1:

$$NDVI = \frac{\rho(IVP) - \rho(\text{vermelho})}{\rho(IVP) + \rho(\text{vermelho})} \quad (1)$$

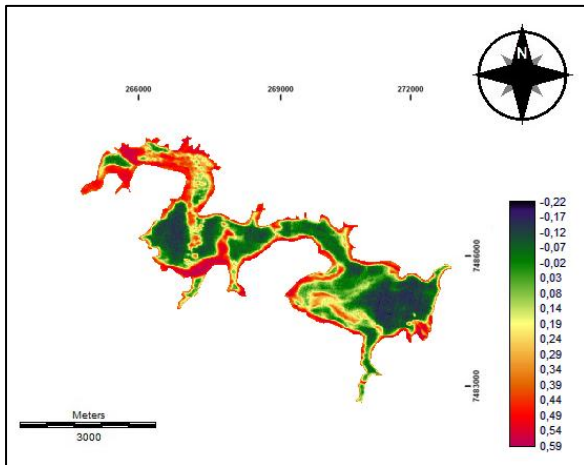
onde:

NDVI= Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

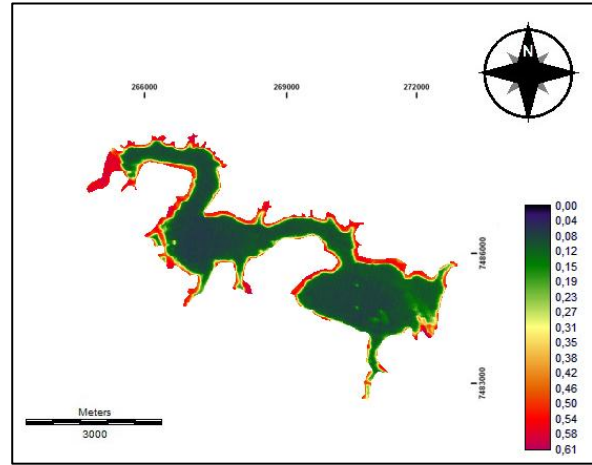
$\rho(\text{vermelho})$  = fator de reflectância bidirecional na banda do vermelho;

$\rho(IVP)$  = fator de reflectância bidirecional na banda do infravermelho próximo.

Os valores de NDVI para as áreas com vegetação dependem da sua arquitetura, densidade e umidade e variam entre 0,1 e 0,6. Os maiores valores desta variável estão associados a coberturas vegetais mais densas. A presença de nuvens e água, geralmente está associada a valores negativos de NDVI. Rochas e solos expostos possuem reflectância similares nas duas regiões espectrais utilizadas para o cálculo do NDVI, ocasionando, portanto, valores próximos a zero (Holben, 1986). As Figuras 2 e 3 representam os mapas de índice de vegetação NDVI utilizados no processo de classificação.



**Figura 2.** Índice NDVI na Represa Salto Grande no ano de 2008.



**Figura 3.** Índice NDVI na Represa Salto Grande no ano de 2010.

### 2.3.3 Classificação não supervisionada

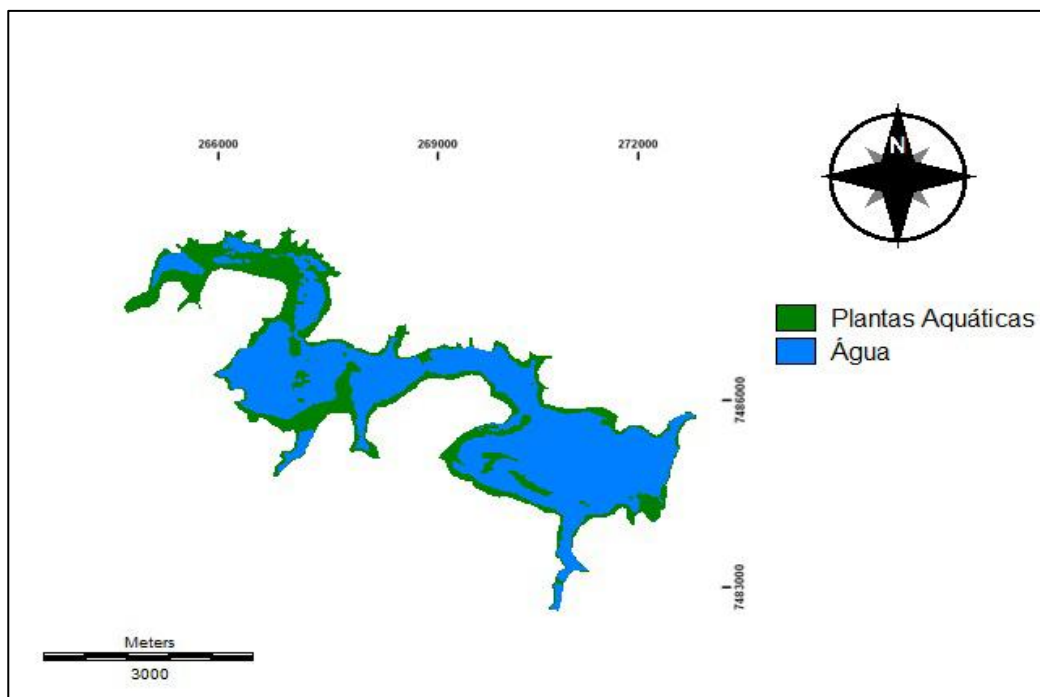
No processo de classificação não supervisionada foi utilizado o algoritmo CLUSTER, que toma como base uma imagem composta, para obtenção de agrupamentos satisfatórios. Este classificador seleciona os *pixels* pelo pico do histograma. Isto equivale a buscar os picos em um histograma unidimensional, onde o pico é definido como um valor de frequência maior que a de seus vizinhos de cada lado. Uma vez identificados os picos, todos os valores observados são associados ao pico mais próximo e as divisões entre as classes tendem a cair no ponto médio entre os picos (Eastman, 2006).

As bandas para classificação foram selecionadas e, posteriormente, o nível de generalização do tipo FINE foi escolhido para obtenção de uma imagem com maior número de agrupamentos.

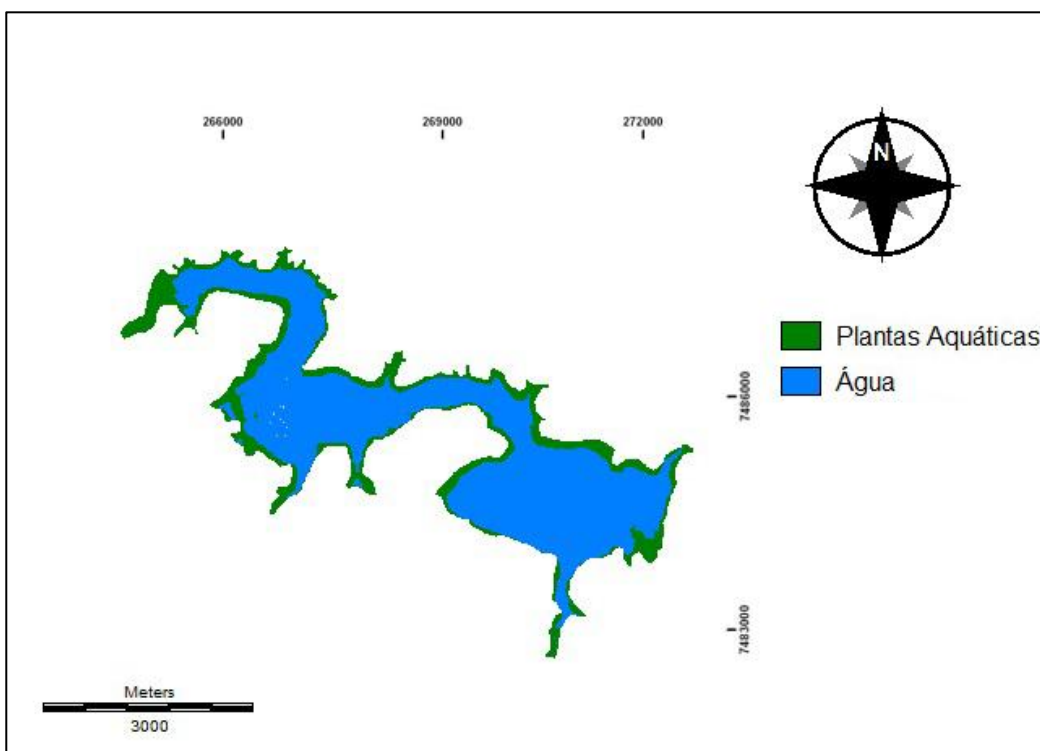
Por fim, selecionou-se a opção para eliminação de agrupamentos não significativos, obtendo-se o agrupamento de dois clusters representativos para avaliação.

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados dos mapeamentos das áreas cobertas pelas plantas aquáticas na superfície do reservatório estão representados nas Figuras 4 e 5.

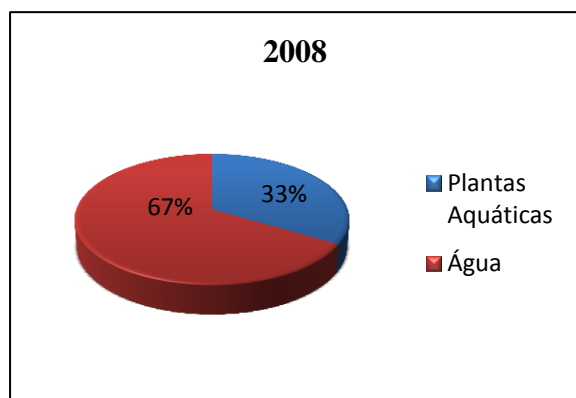


**Figura 4.** Representação da área coberta por plantas aquáticas na Represa Salto Grande, em 2008.

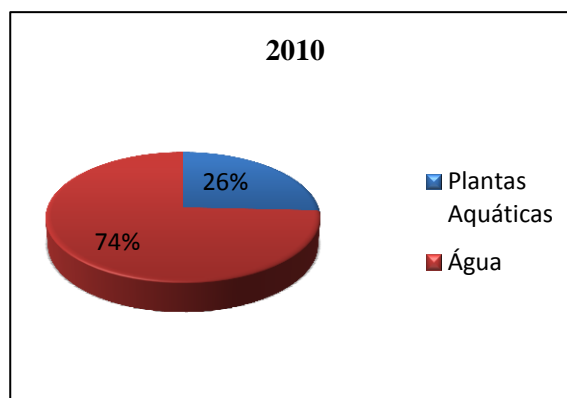


**Figura 5.** Representação da área coberta por plantas aquáticas na Represa Salto Grande, em 2010.

Observa-se que a área mapeada com plantas aquáticas em 2008 (Figura 4) é mais representativa em quantidade, devido a um maior volume das mesmas, se comparada a 2010 (Figura 5) e concentrada na margem esquerda da represa. As relações entre a área da represa e as áreas cobertas por plantas aquáticas em 2008 e 2010 são apresentadas, em percentuais, nos Gráficos 1 e 2, respectivamente. Assim, a área da represa coberta por plantas aquáticas era de 33% em 2008 e 26% em 2010.



**Gráfico 1.** Relação percentual da área da represa com área coberta por plantas aquáticas em 2008.



**Gráfico 2.** Relação percentual da área da represa com área coberta por plantas aquáticas em 2010.

A maior extensão da área mapeada com plantas aquáticas na Represa em 2008, comparada a 2010, pode ser resultado de processos de eutrofização mais intensos causados por resíduos em geral lançados na água, ou seja, que a carga de nutrientes e matéria orgânica responsável por sua proliferação tenha sido maior em 2008 do que em 2010. Outro fator que pode ter causado a diferença da área coberta por plantas aquáticas no reservatório nos dois anos diz respeito às épocas em que as imagens foram obtidas. A imagem de 2008 é do mês de julho, época em que o clima é menos úmido e com temperaturas amenas, diferente da imagem obtida em 2010, no mês de fevereiro, no qual o clima é mais úmido, com temperaturas elevadas.

Entre 2008 e 2010, práticas de controle podem ter sido implementadas, permitindo a redução das populações de plantas aquáticas na Represa em aproximadamente 7 pontos percentuais (Figura 5). Diferentes sistemas e equipamentos têm sido usados no controle de plantas aquáticas, os quais podem colher, dragar, picar, cortar ou realizar duas ou mais dessas funções conjuntamente (Marcondes et al., 2003).

#### 4. Conclusões

Por meio das imagens do satélite CBERS-2B, sensor CCD foi possível realizar a estimativa da área coberta por plantas aquáticas na superfície da Represa Salto Grande, em Americana (SP), assim como a comparação da situação em dois anos, 2008 e 2010. O índice de vegetação NDVI contribuiu de forma otimizada na estimativa das áreas, minimizando a ocorrência de erros que poderiam ocorrer em uma classificação visual ou em tela. Isso porque a classificação não supervisionada CLUSTER, executada a partir do índice de vegetação NDVI, resultou, de forma automática, em mapas de fácil interpretação, demonstrando claramente a diferença de áreas cobertas por plantas aquáticas. Os mapas elaborados podem auxiliar no entendimento da dinâmica espaço-temporal das populações de plantas aquáticas, subsidiando, entre outros, o seu monitoramento e controle.

#### 5. Referências Bibliográficas

Almeida, N.V.; Batista, A.N.C.; Melo, J.A.B.; Guimarães, A.P.. **Utilização de Imagens CBERS no diagnóstico do uso e ocupação do solo na Microbacia do Riacho Maracajá, Olivedos, PB.** Disponível em:

<<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.20.59.37/doc/1927-1934.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2010.

Carvalho, J. C. B. et al. **Monitoramento da qualidade ambiental no reservatório de Salto Grande, Americana-SP.** Disponível em:

<[http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo1/041.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/041.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2010.

Eastman, J.R. **Idrisi 15: The Andes Edition**. Worcester, MA: Clark University, 2006.

Florenzano, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

Holben, B. N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 11, p. 1417- 1434, Nov. 1986.

INPE. **Catálogo de Imagens LANDSAT**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> 2010>. Acesso em 22 out 2010.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Lopes, F.; Zanardi, R. P. **Utilização de imagens CBERS-2 no estudo comparativo da cobertura vegetal da região dos Campos de Cima da Serra – município de Vacaria/RS**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.18.55/doc/947-952.pdf>> . Acesso em: 11 out. 2010.

Marcondes, D. A. S.; Mustafá, A. L.; Tanaka, R. H. Estudos para manejo integrado de plantas aquáticas no reservatório de Jupia. In: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Eds.) **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 299-316.

Pitelli, R.L.C.M.. **Abordagens Multivariadas no Estudo da Dinâmica de Comunidades de Macrófitas Aquáticas**. Tese de Doutorado, Botucatu, 2006, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, p.10.

Pitelli, R.A. **Macrófitas Aquáticas do Brasil, na condição de problema**. In: Workshop Controle de Plantas Aquáticas, 1998, Brasília. Resumos... Brasília: IBAMA, 1998. p.19.

Sartori, A.A.C.; Silva, R.F.B.; Pianucci, M.N.; Zimback, C.R.L. **Influência do período de estiagem no Índice de Vegetação (NDVI), no município de Botucatu**. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2011, INPE. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.11.17.31/doc/4363-4369.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2010.