

Classificação baseada em regras da cobertura da terra a partir de imagens multiespectrais de alta resolução espacial

Juliane Jussara Affonso
Mauricio Schiavolin Silva
Maria de Lourdes Bueno Trindade Galo

Universidade Estadual Paulista – FCT/UNESP
Caixa Postal 96 - 13416-000 – Presidente Prudente - SP, Brasil
juliane_affonso@hotmail.com.br; mauricioschiavolin@yahoo.com.br; mlourdes@fct.unesp.br

Abstract. Classification based on pixel become inadequate to explore the variability in high spatial resolution image, being replaced by object oriented approaches. A crucial issue in this process is the creation of objects that represent the cover types of interest. The objects are created through a multiresolution segmentation which defines a hierarchical structure with different levels of spatial resolution, while maintaining relations between objects and sub-objects. This hierarchy is the foundation for the semantic network and the classification is based on fuzzy rules by using descriptors such as: color, shape, texture and relations between objects and sub-objects. Thereby, the objective of this paper is to describe the process of elaboration of a land cover map by means of multiresolution segmentation technique and image classification of high spatial resolution images, based on fuzzy rules. The test area selected was surrounding the Porto Colombia reservoir, on the border of states of São Paulo and Minas Gerais. Firstly, it was necessary to define the land cover classes and generate the appropriated objects by a segmentation algorithm from NDVI image, and QuickBird multispectral bands. For the definition of the attributes and their rules of relevance, were selected representative samples for each class, which are used for its characterization. Finally, the classification process was achieved using the descriptors to create the fuzzy sets and the membership functions. The methodology adopted was adequate to map land cover classes.

Palavras-chave: remote sensing, high spatial resolution imagery, object oriented classification, fuzzy logic, sensoriamento remoto, imagem de alta resolução espacial, classificação orientada a objeto, lógica fuzzy.

1. Introdução

Nas últimas décadas, os sistemas de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizados no mapeamento da cobertura terrestre e no monitoramento dos recursos naturais. Isto se deve ao fato de que os dados multiespectrais obtidos a partir de satélites propiciam coberturas sinópticas da superfície terrestre e permitem a extração de informações, utilizando técnicas de classificação que se baseiam nas características espectrais dos alvos da superfície terrestre.

Os tradicionais classificadores digitais foram desenvolvidos para análise das características do pixel como unidade primitiva de informações a respeito dos alvos, sendo denominados classificadores pixel a pixel, sobretudo voltados a imagens de baixa resolução espacial. O aprimoramento nas resoluções espacial e espectral, trazida com o avanço tecnológico, evidenciou a dificuldade da aplicação desses classificadores a esse tipo de imagem (BLÄSCHKE & STROBL, 2001). Enquanto em imagens de baixa e média resolução espacial um único pixel pode armazenar a resposta espectral de mais de um objeto, ou uma área heterogênea de um mesmo objeto, em imagens de alta resolução o pixel pode registrar características espectrais específicas de um objeto, sendo mais puro em termos de mistura espectral.

Desse modo, inspirados no processo mental de extração de informação, passaram a ser desenvolvidos métodos de classificação baseados em conhecimento os quais procuram modelar, em ambiente computacional, o conhecimento do intérprete e emulam sua capacidade de combinar dados de diferentes fontes e formatos, incorporando-os na análise de imagens de sensoriamento remoto (FEITOSA et al., 2005). Estes sistemas integram, em linhas gerais, algoritmos de segmentação, estruturação de classes na forma de redes semânticas,

classificação baseada em regras e a possibilidade de integração de imagens multissensores e dados vetoriais (PINHO, 2009).

Quando se trata, então, de imagens de alta resolução espacial surge a necessidade de explorar ferramentas alternativas que não se limita apenas a atributos espectrais. Nesse contexto, destaca-se a análise orientada a objetos, que engloba classificadores que têm se mostrado como uma alternativa eficiente para suplantar a limitação dos classificadores pixel a pixel visto que utilizam, no processo de classificação da imagem, informações topológicas, geométricas, texturais, etc.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o processo de classificação do uso e cobertura da terra, concebido para a extração de informação a partir de uma imagem multiespectral obtida pelo sistema QuickBird (de alta resolução espacial), por meio de uma abordagem orientada a objeto baseada em regras e aplicação de lógica *fuzzy*.

2. Abordagem Orientada a Objetos

A Análise Orientada a Objetos (AOO) é um paradigma de modelagem e classificação criado nos anos de 1980 com o objetivo de aproximar o mundo computacional do mundo real. A AOO organiza a análise utilizando-se de métodos que fazem parte do modo de pensar humano. Estes métodos de organização baseiam-se em conceitos inerentes à nossa aprendizagem desde a infância, no qual um problema ou aplicação é representado por uma coleção de objetos que possuem características próprias e interagem entre si. Objetos são conceitos, abstrações definidas em um determinado domínio de uma aplicação (RUMBAUGH et al., 1991) e que possuem a capacidade de agruparem dentro de sua definição, atributos e comportamento (YOURDON, 1994). Ou seja, cada objeto conhece quais são suas especificações (tamanho, cor, tipo etc.) e também sabe como reagir a uma instrução. Outra característica importante dos objetos é que possuem identidade, sendo distinguíveis pela sua própria existência e não pelas propriedades que possuem.

Segundo Gorte (1998) e Blaschke et al. (2000) a orientação a objeto permite ao usuário definir regras complexas baseadas em características espectrais e de relações espaciais. O modelo permite que a semântica possa ser desenvolvida apoiada em parâmetros físicos e de conhecimento sobre relacionamentos (ANTUNES, 2003).

A utilização dessa abordagem é fundamental para classificação orientada a objeto do mapeamento da cobertura da terra, pois parte do princípio de que a informação semântica necessária para interpretação de uma imagem não está presente no pixel, e sim em objetos da cena e das relações entre eles. Estes objetos são segmentos, os quais são gerados a partir de um procedimento de segmentação.

2.1 Segmentação

A segmentação pode ser entendida como a divisão de uma imagem em diferentes regiões, onde cada uma destas regiões possui propriedades específicas (FU & MUI, 1981). Tilton (2002) destaca que as regiões consistem em um agrupamento de valores multiespectrais ou hiperespectrais similares.

A segmentação multirresolução aplica-se a um processo de segmentação interativo, no qual regiões adjacentes são agrupadas segundo algum critério de similaridade estabelecido pelo algoritmo utilizado, partindo do pressuposto de que as informações contextuais são importantes e, por isto, a interpretação de uma cena deve considerar não apenas a dimensão espectral, como também a dimensão espacial.

A segmentação da imagem resulta em segmentos ou objetos que, baseados em parâmetros espectrais e de forma, podem ser reagrupados em objetos maiores denominados superobjeto, os quais possuem relações com os segmentos que os constituem em um nível hierárquico mais baixo (BLASCHKE E HAY, 2002).

Ao final da segmentação, obtém-se uma estrutura hierárquica que representa a informação de dados simultaneamente em diferentes resoluções. Os objetos estão em rede de vizinhança e hierarquia: cada objeto reconhece os seus vizinhos, subobjetos e superobjetos.

Para mapear a relação semântica dos objetos que se espera encontrar na imagem bem como a descrição hierárquica da resolução do problema de sua interpretação se utiliza uma rede semântica, onde cada nó da rede semântica representa um conceito do mundo real e cada arco representa a relação entre os nós.

2.2 Classificação Orientada a Objetos

Após a definição dos objetos (segmentação) e da rede semântica utilizada na estruturação das classes, a classificação dos objetos pode ser realizada. Neste processo, dois fatores devem ser levados em consideração: os descritores adotados para a diferenciação de cada classe e o classificador a ser utilizado (PINHO, 2005).

Os descritores são utilizados na caracterização das classes e equivalem a relações matemáticas capazes de exprimir os atributos dos objetos. Algumas das estratégias mais comuns, implementadas em programas computacionais como o eCognition são: regra do vizinho mais próximo e classificação baseada em regras utilizando lógica booleana e *fuzzy*.

A classificação baseada em regras faz a descrição de cada classe associando um conjunto de regras booleanas e/ou fuzzy que são utilizados para atribuir um objeto a uma determinada classe. Esse conjunto de regras não é limitado apenas ao comportamento espectral do alvo, mas também a atributos relacionados às características espaciais e de contexto. Utilizando regras *fuzzy*, um objeto pode estar associado a várias classes com diferentes graus de pertinência. O grau de pertinência varia de 0 (não pertence) a 1 (pertence) e a classe considerada é aquela cujo grau de pertinência é maior (PINHO, 2005).

3. Metodologia de trabalho

3.1 Área de estudo

O Reservatório de Porto Colômbia localiza-se na divisa entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas 20°12'41"S, 48°35'13"W e 19°59'35"N, 48°12'27"E (Figura 1). Caracteriza-se pela intensa ocupação agrícola no seu entorno e, conseqüentemente, alta carga de nutrientes que afeta a qualidade da água e define um ambiente favorável para a proliferação de plantas aquáticas e fitoplâncton.

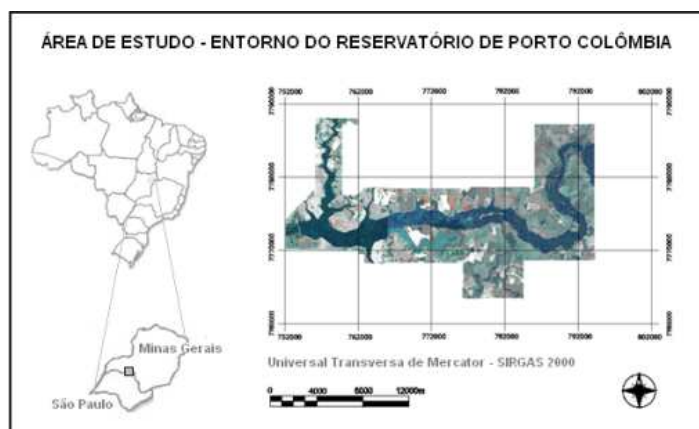


Figura 1- Área de estudo: Reservatório de Porto Colômbia.

3.2 Material utilizado

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas imagens multiespectrais obtidas pelo sistema orbital QuickBird, georreferenciadas no sistema UTM/WGS-84, usando pontos

de apoio medidos com GPS. A imagem completa constitui um mosaico composto por três cenas da área de interesse tomadas em 12 de agosto (porção final do reservatório), 17 de setembro (próximo à barragem) e 27 de setembro (parte central) do ano de 2009.

Para segmentação e classificação da imagem foi utilizado o aplicativo eCognition/Definiens, adquirido com recursos de reserva técnica do projeto temático FAPESP. Em ambos os métodos aplicados foi utilizada uma imagem NDVI e de textura, geradas no aplicativo IDRISI Andes.

3.3 Procedimento metodológico

Foram realizadas as seguintes etapas: definição das classes de cobertura da terra presentes na área de estudos; segmentação multirresolução; definição de atributos e regras de pertinência; classificação e avaliação dos resultados a partir de uma análise qualitativa.

Previamente à etapa de classificação, as imagens foram submetidas aos pré-processamentos necessários para que o classificador fosse capaz de reconhecer as mesmas classes nas imagens multiespectrais.

3.3.1 Definição das classes de interesse

A seleção e caracterização das classes de interesse foram realizadas com base na interpretação visual do mosaico QuickBird, procurando identificar os principais tipos de cobertura da terra. A caracterização das classes foi auxiliada pela elaboração de uma chave de interpretação, cuja finalidade é organizar todo o material utilizado no reconhecimento dos objetos e na interpretação de seus significativos (NOVO, 1989) para cada uma das classes. Foram definidas oito classes de cobertura da terra: Mata, Cultura, Campo, Área impermeável, Solo preparado, Solo nu, Água limpa e Água turva.

3.3.2 Segmentação

Nesta etapa foram realizados vários testes alterando os parâmetros da segmentação para o mosaico das imagens QuickBird. A abordagem utilizada foi multirresolução, que se baseia em utilizando um algoritmo de crescimento de regiões, disponível no programa eCognition (BAATZ; SCHÄPE, 2000), de modo que os objetos formados fossem representativos dos objetos de interesse e respeitassem ao máximo a integridade de seus limites.

Três parâmetros controlam a segmentação: o parâmetro de escala que determina o tamanho médio dos objetos (segmentos) e os dois critérios de homogeneidade baseados nos valores espectrais e de forma. A forma é definida em função da compacidade dos objetos e da suavidade das bordas. Três níveis de segmentação (Figura 2), definidos pelos parâmetros de escala 200 (nível 1), 500 (nível 2) e 3000 (nível 3), geraram objetos com diferentes graus de resolução (tamanho médio dos objetos). Para os três níveis foram considerados peso 0,2 para forma e 0,6 para compacidade, definidos por meio de testes.

Os dados de entrada para realização da segmentação foram as bandas multiespectrais do QuickBird e sobre a imagem índice de vegetação, o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que, ao combinar a resposta espectral das bandas espectrais do infravermelho próximo e do vermelho, define uma métrica altamente correlacionada com parâmetros biofísicos da vegetação. O NDVI foi utilizado pelo fato de fornecer indícios do estado vegetativo e promover o realce espectral da vegetação em relação ao solo e outros alvos.

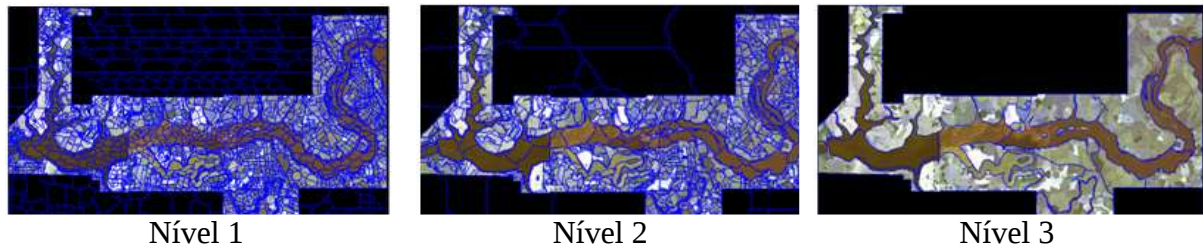


Figura 2- Níveis de segmentação utilizados na classificação.

3.3.3 Definição de atributos e regras

Para a definição dos atributos e respectivas regras de pertinência, foram inicialmente selecionadas amostras de treinamento representativas de cada uma das classes, as quais são usadas para sua caracterização do mapeamento.

Na sequência, o comportamento dessas amostras em relação aos atributos foi analisado com o uso de histogramas e espacialização de atributos.

As regras foram especificadas a partir da média e desvio-padrão dos valores de brilho dos objetos segmentados que compõem a amostra de cada classe. Com base em funções matemáticas e regras de decisão estabelecidas para as classes, os objetos segmentados foram atribuídos àquela classe quando o valor resultante atende a uma dada regra estabelecida. A Figura 3 ilustra a rede semântica elaborada para a classificação da imagem QuickBird, acompanhando os respectivos atributos utilizados para cada classe de interesse.

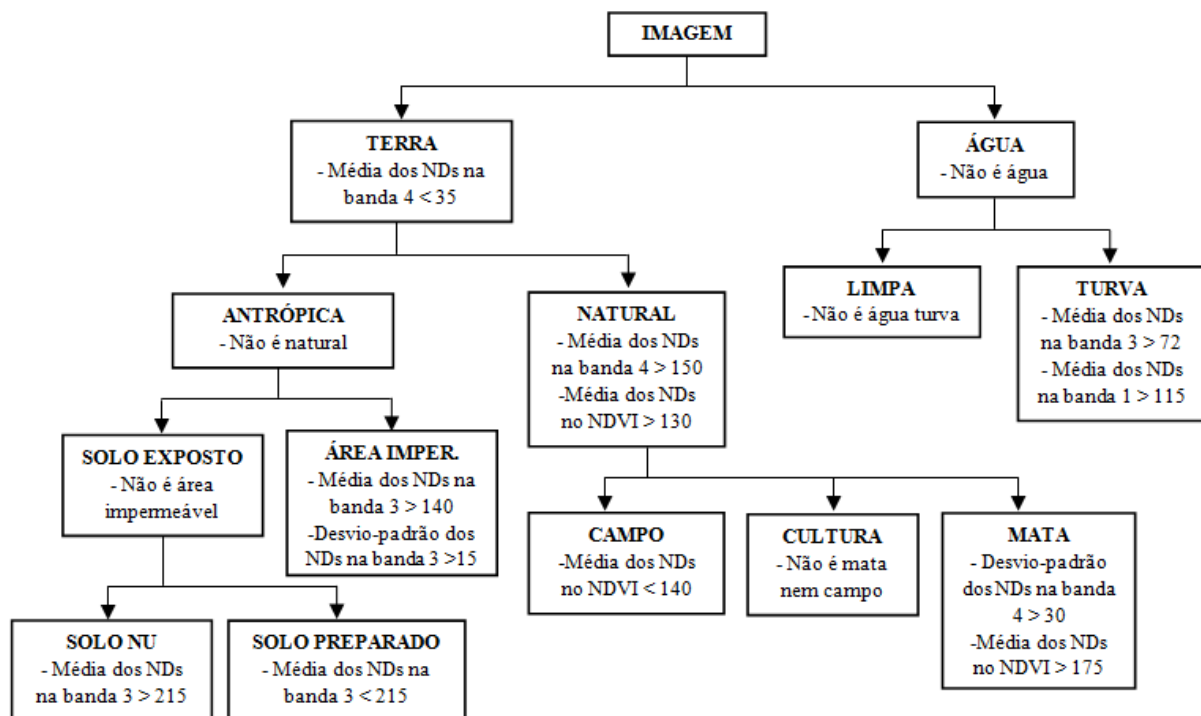


Figura 3- Rede Semântica para imagem QuickBird.

3.4.3 Classificação da imagem usando regras Fuzzy

A partir da definição das regras de pertinência foi possível obter uma classificação da cobertura da terra, porém o resultado apresentou algumas confusões na identificação de determinadas classes. Para minimizar este problema foram definidas funções *fuzzy* para tais classes de confusão, através do modelo gaussiano aproximado, de modo que os objetos foram associados à classe com maior grau de pertinência, ou seja, valor mais próximo de um.

4. Resultados e Discussão

Na cena classificada é possível observar que há uma predominância de cultura agrícola no entorno do reservatório considerada significativa. Percebe-se também, pouca ocorrência de área impermeável, campo e mata. A confusão entre as classes solo nu com área impermeável e solo preparado com a classe campo foi solucionada de forma eficiente, discernindo tais classes umas das outras. Apenas a classe área impermeável que mesmo após aplicação das regras *fuzzy* ainda teve certa confusão, o que se deve pelo fato do número insuficiente de amostras representativas, já que a área apresenta pouca caracterização desta classe.

Nota-se que a classe “água turva”, predominante pelo Rio Sapucaí, que é caracterizado por intensa destruição de sua mata ciliar, com o lançamento de esgoto doméstico, industrial e rural, degrada a qualidade do corpo d’água do reservatório.

Em termos gerais, a classificação obtida foi considerada satisfatória, pois possibilitou discriminar todas as classes pré-definidas e obter uma imagem classificada compatível à realidade. Porém algumas classes apresentaram-se confusas. As classes que apresentaram maior confusão espectral foram solo nu com área impermeável e solo preparado com a classe campo, apresentando valores radiométricos similares em determinados canais.

A Figura 4 ilustra a imagem QuickBird da área de entorno do reservatório de Porto Colômbia representada na composição colorida normal (RGB321) e a imagem classificada resultante da aplicação das regras estabelecidas e da função *fuzzy*.

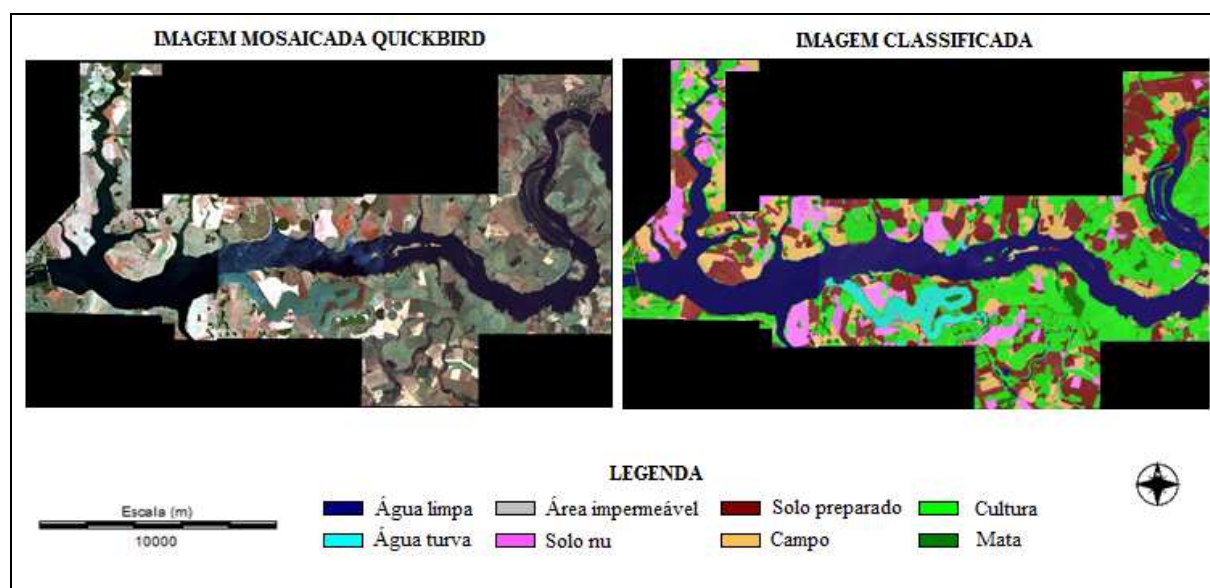


Figura 4- Composição colorida normal do mosaico de imagens multiespectrais QuickBird e classificação resultante baseada em regras.

5. Conclusões

Uma avaliação qualitativa da aplicação, não só do método de classificação orientada a objetos, mas também da segmentação multiresolução, aponta para resultados satisfatórios para o caso da imagem multiespectral de alta resolução espacial da área de interesse.

Algumas classes que apresentam similaridade espectral foram definidas de forma errônea quando comparado à realidade. No entanto, à medida que são incorporadas diferentes técnicas e abordagens capazes de discernir diferentes classes, pode-se esperar um resultado mais eficiente e condizente com a realidade. Nesse aspecto, as funções *fuzzy* puderam auxiliar no

discernimento da classe a que um objeto poderia realmente pertencer, tornando a classificação mais eficiente.

De forma específica, pode-se dizer a respeito da abordagem orientada a objeto no sentido de extração de informações a partir de imagens de alta resolução, que: o processo de segmentação multiresolução demonstrou-se bastante útil na obtenção de objetos significativos a partir de imagens de alta resolução espacial, diferentemente dos resultados obtidos tradicionalmente com métodos de classificação pixel a pixel; esse processo também permitiu a obtenção de resultados finais mais promissores, permitindo o melhor delineamento dos polígonos posteriormente classificados; a classificação orientada a objetos apresenta-se mais eficaz do que os métodos de classificação tradicionais, graças à utilização de objetos como unidade de análise e processamento, à possibilidade de inserção do conhecimento através das regras definidas e do uso dos descritores dos objetos aliado à lógica *fuzzy*.

5. Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, especificamente ao Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas e Departamento de Cartografia, da Faculdade de Ciências e Tecnologia, por disponibilizarem os recursos necessários para o desenvolvimento do trabalho. Agradecem também à CAPES e CNPq pelas bolsas de Mestrado e Iniciação Científica.

Referências Bibliográficas

- Antunes, A. F. B. **Classificação de ambiente ciliar baseado em orientação a objeto de imagens de alta resolução espacial**. 2003. Dissertação (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.
- Baatz, M.; Schape, A. **Multiresolution segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation**. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT Symposium Salzburg 2000*.
- Blaschke, T.; J. Strobl. **What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS**. *Zeitschrift für Geoinformation systeme*, v. 6, p. 12-17, 2001.
- Blaschke, T, Lang, S, Lorup, E, Strobl, J & Zeil, P. **Object oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications**. *Environmental information for planning*. Vol 2. Metropolis-Verlag. 2000.
- Blaschke, T.; Hay G. **Object-oriented image analysis and scale-space: theory and methods for modeling and evaluating multiscale landscape structure**. Disponível em: <www.ecognition.com/document> Acesso em out. 2012.
- Feitosa, R. Q.; Mattos, C.; Santos, R. V.; Rego, L. F. G.; Pereira; A. A. C. **Impacto de técnicas baseadas em conhecimento na análise de imagens de média resolução para mapeamento do desflorestamento na Amazônia**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16-21 abr 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 4065-4072.
- Fu, K. S & Mui, J.K. **A Survey on image segmentation**. Pergamon Press LTDA. *Pattern Recognition* Vol.13, p.3-16, 1981.
- Gorte, B. **Probabilistic segmentation of remote sensing data**. *ITC Journal*, N° 63, The Netherlands. 1998.
- Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1989.
- Pinho, C. M. D.; Castejon, E. F.; Körting, T. S.; Oliveira, D. A. B., Costa, G. A. O. P; Fonseca, L. M. G.; Feitosa, R. Q. **Caracterização de bairros urbanos em imagens de alta resolução espacial utilizando sistema**

de classificação baseado em conhecimento. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 25-30 abr 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009.

Pinho, C. M. D. **Análise orientada a objeto de imagens de satélites de alta resolução espacial aplicada a classificação da cobertura do solo no espaço intraurbano: o caso de São José dos Campos – SP**, 2005. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005.

Rumbaugh, J.; Blaha, M.; Eddy, F.; Lorensen, W. **Object-oriented and design**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1991. 500p.

Tilton, J. **Hierarchical Image Segmentation: as applied to Remotely Sensed Multispectral or Hyperspectral Imagery**. NASA Applied Information Sciences Branch, 2002.

Yourdon, E. **Object-Oriented Systems Design: an integrated approach**. New Jersey: Prentice-Hall. 1994.