

## Avaliação da influência de parâmetros de segmentação na classificação de culturas agrícolas por abordagem multi-sensorial

Thatiane de Oliveira Leite<sup>1</sup>  
Lidiane Maria de Moraes Costa<sup>1</sup>  
Peter Zeilhofer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT  
Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367-  
Caixa Postal 78060-900 - Cuiabá - MT, Brasil  
thatipitanga@gmail.com  
lidy.geo@gmail.com  
zeilhoferpeter@gmail.com

**Abstract.** The intensification of agricultural production in central western Brazil has led to substantial transformations in the geographical landscape, making the monitoring of land use dynamics through remote sensing techniques increasingly important for understanding the processes of global and regional change. Studies emphasize the importance of segmentation as a technique for processing satellite images to enhance the results of supervised classifications. This study compares systematically the influence of segmentation parameters on the performance of agricultural land use classification by multi-sensorial imagery, in the region of Cuiabá river basin, southern state of Mato Grosso. A high / medium resolution Landsat TM image was used for segmentation applying different similarity thresholds for region growing. Segmentations were then intersected by a majority rule with a supervised classification of low resolution MODIS imagery and results validated by cross-tabulation based on field observations. Obtained Kappa indices of 0,878 and 0,825 for classifications in four and seven classes, respectively show that the applied methodology is outperforming conventional maximum likelihood classifications of the MODIS image (0,693 / 0,689) and is therefore promising for an improved monitoring of agricultural production in the region. The designation of reliable segmentation thresholds, however, varies with the number of differentiated classes, demanding a highly heuristic approach.

**Key-words:** Remote Sensing, segmentation, classification, land use and occupation, MODIS, Landsat.  
Palavras-chaves: Sensoriamento remoto, segmentação, classificação, uso e ocupação da terra, MODIS, Landsat.

### 1. Introdução

Principalmente desde os anos 70, o estado de Mato Grosso experimenta uma intensificação vertiginosa na sua produção agropecuária, provocando transformações substanciais na paisagem geográfica. O monitoramento confiável da dinâmica do uso da terra que ocorre em uma paisagem tem se tornado cada vez mais importante para o conhecimento do território e para posterior tomada de decisão, efetuado comumente a partir de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Diversos estudos salientam a importância da segmentação como técnica de processamento de imagens de satélite para aprimorar os resultados de classificações supervisionadas (Gao et al. 2011, Myint et al. 2011). A segmentação constitui a fase de extração da unidade de análise ou objeto que geralmente antecede o próprio processo de classificação (Baatz e Schape 2000), reproduzindo a análise feita pelo olho humano em relação aos agrupamentos dos objetos em uma imagem (Matsuoka e Haertel 2007). Deve-se ressaltar que ao se tentar extrair determinadas feições de uma imagem, elas só podem ser observadas sob escalas e condições particulares (Dorini e Leite, 2010). Assim, deve-se ater no

momento da segmentação ao objetivo final, para que sejam estabelecidos limiares compatíveis com a escala do trabalho ou dos objetos a serem mapeados (Coutinho 1997).

Neste contexto, o objetivo desse artigo é a avaliação sistemática da influencia do índice de similaridade como principal parâmetro de segmentação por crescimento de regiões sobre classificações do uso e ocupação da terra na região da bacia do Rio Cuiabá, sul de Mato Grosso, a partir da utilização de imagens de satélite multi-sensoriais de alta/média e baixa resolução espacial (Landsat-TM/MODIS).

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo desta pesquisa se encontra entre as coordenadas 55°24'w / 54°52'w e 16°08' s / 15°48's, inserida na bacia do Rio Cuiabá, sub-bacia do Rio São Lourenço, localizada no município de Jaciara, situada cerca de 120 km de distância ao leste da capital de Mato Grosso, Cuiabá e abrangendo cerca de 3.252 km<sup>2</sup> (Fig. 1).

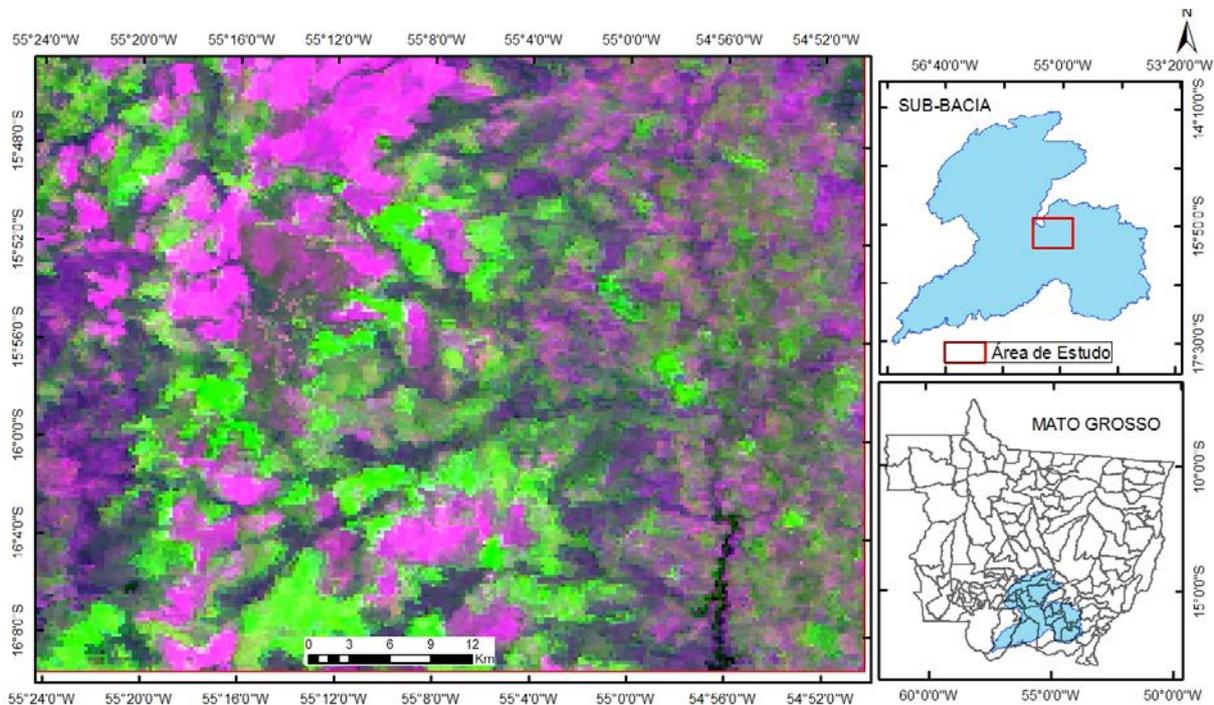


Figura 1. Localização da Área de Estudo. Imagens MODIS composição RGB das bandas MIR/ NIR/ Red, segunda quinzena de Abril de 2011.

A parte oeste é predominada por culturas agrícolas (Soja/Milho, Algodão e Cana-de-açúcar (rosa e verde claro), enquanto na região leste é praticada principalmente pecuária (roxo). Vegetação nativa remanescente é representada por cor roxa escura.

### 2.2 Pré-Processamento das imagens digitais

Foi selecionada uma imagem do satélite/sensor Landsat/TM do dia 22/04/2011 (fim do período de chuva), aquisição realizada no site do INPE. Para efetuar as correções geométricas foi utilizado o software Envi 4.6 onde confeccionou-se um arquivo no formato Envi-Meta (formato específico do software utilizado), que se constitui em uma união das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Como base de referência foi utilizada uma imagem Landsat7 ETM+ GLS (<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/>) da região, disponibilizada pela NASA (National Aeronautics and Space Administration). As imagens foram convertidas para a projeção

Universal Transversal de Mercator (UTM – DATUM SAD 69). Esta imagem foi posteriormente utilizada no processo de segmentação.

Foram utilizadas também duas imagens do sensor MODIS, principal instrumento acoplado na plataforma dos satélites TERRA e AQUA, produto MOD13Q1, composição de 16 dias das passagens entre 07 a 22 de abril e 09 a 24 de Maio de 2011, respectivamente, disponibilizadas pelo site da USGSS (<http://modis.gsfc.nasa.gov/>), com correção geométrica e atmosférica. Para a conversão de projeção das imagens MODIS foi utilizado o programa Modis Reprojection Tool, adquirida no site: <http://gcmd.nasa.gov/>.

### **2.3. Segmentação da Imagem Landsat**

As segmentações foram efetuadas a partir do software Spring 5.0.6, disponibilizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). No Spring existem dois métodos de segmentação: Crescimento por região e de bacias. Neste trabalho foi utilizado a técnica por crescimento por região, técnica de desempenho comprovado (Gao et al. 2011). Foram realizadas uma série de segmentações a partir das bandas 3/4/5 da imagem Landsat TM, determinando os parâmetros do algoritmo de crescimento de regiões heurísticamente (Watts et al. 2009, Gao et al. 2011). Foram utilizados, para o comparativo final, limiares de similaridade entre 5 e 17 com área mínima de 600 pixels.

### **2.4. Classificação e validação**

As imagens MODIS foram classificadas utilizando o módulo Máxima Verossimilhança, algoritmo implementado no software Envi 4.6, considerando que este apresentou melhores resultados entre os classificadores supervisionados avaliados. Foram diferenciadas oito classes: Algodão, Milho, Cana-de-açúcar, Pastagem, Solo exposto, Água, Vegetação natural (Cerrado; Mata Ciliar) e Não classificado. A combinação dos resultados das segmentações com as classificações das imagens MODIS foi realizada a partir de uma busca por maioria de acordo com a classe predominante (numero de pixels) por segmento, utilizando o software ArcGis (ESRI).

Os resultados dos mapeamentos foram comparados com a verdade de campo, que compreendeu 68 áreas de treinamento e validação coletadas em campo no principal período de cultivo 2011 (Janeiro ate Abril) para as classes de culturas agrícolas, utilizando GPS Garmin, modelo Etrex. Enquanto para as outras classes as amostras foram coletadas aleatoriamente a partir de interpretação visual na imagem Landsat/TM. Para a validação da classificação foram utilizados índice de Kappa (IK) e Exatidão Geral (EG) para classificações das 07 classes e para diferenciação somente das culturas agrícolas principais (04 classes).

## **3. Resultados e Discussão**

Foram testados limiares com índices de similaridade entre 5 e 17, com intervalo de 2 (5, 7, 9, 11, 13, 15 e 17) e área mínima fixa de 600 pixels. A área média dos segmentos para os índices variou de 1,6 km<sup>2</sup> para um índice de similaridade de 5, 1,7 km<sup>2</sup> para um índice de similaridade de 7, de 2,5 km<sup>2</sup> para um índice de similaridade de 11 (segmentações de 7 e 11 que resultou o melhor resultado de classificação) e 9,09 km<sup>2</sup> para um índice de similaridade de 17, respectivamente.

Com EGs máximas de 41% / 46% e IKs de 0,31 / 0,27 para 07 / 04 classes de mapeamento respectivamente (não exposto), as classificações da imagem MODIS de Abril foram fortemente inferiores aos resultados obtidos para a imagem de Maio. Isso se deve principalmente ao fraco desempenho na classificação das principais culturas agrícolas, cujo desenvolvimento fenológico, causa uma variedade expressiva nas assinaturas espectrais das mesmas culturas. Estão, portanto sendo discutidos em seguida somente resultados da classificação da imagem MODIS referente aos dias 09 a 24 de Maio de 2011 (Tabela 1).

Na classificação em 07 unidades de mapeamento, obteve-se o melhor desempenho para um índice de similaridade de 07 (Figura 2) com um EG de 86,1% e um IK de 0,825, versus um EG de 74,5 % e um IK de 0,689 para uma classificação de verossimilhança máxima comum da imagem. O desempenho se mantém ainda estável até um índice de similaridade de 11 para depois apresentar queda expressiva nos indicadores de desempenho. Na classificação em somente 04 unidades de mapeamento observam-se resultados satisfatórios para os valores de EG e IK para similaridades de 05 ate 09. O melhor desempenho geral da classificação é alcançado para um índice de similaridade de 11 (91,2% / 0,878). As segmentações com índices de similaridade superior (15, 17) apresentam forte queda no desempenho geral. A classificação comparativa de verossimilhança comum em quatro classes resultou em um EG de 77,9% e um IK de 0,693.

Tabela 1. Exatidão Geral (EG) e Índice de Kappa (IK) das classificações da imagem MODIS de Maio 2011, obtidos para os diferentes Índices de similaridade das segmentações da imagem Landsat TM. Melhores resultados em negrito.

Índice similaridade	5	7	9	11	13	15	17
EG 7 Classes	85,69	<b>86,10</b>	84,8	85,40	66,91	45,38	42,22
EG 4 Classes	87,89	88,70	86,6	<b>91,22</b>	63,09	48,76	47,95
IK 7 Classes	0,820	<b>0,825</b>	0,807	0,816	0,596	0,396	0,365
IK 4 Classes	0,832	0,842	0,814	<b>0,878</b>	0,520	0,344	0,344

Observa-se, além da esperada diminuição do desempenho das classificações com aumento das classes de 04 para 07, uma dependência do desempenho das segmentações em função do número das classes diferenciadas. O melhor desempenho para segmentação com um índice de similaridade de 07 para uma diferenciação de 07 classes é decorrente da extensão e forma de algumas das classes, como a vegetação natural (mata ciliar), unidade que possui formato predominantemente linear. Na utilização de altos índices de similaridade os segmentos destas classes não estão sendo separados adequadamente e objetos de pequena extensão abaixo de 2 km<sup>2</sup> (Tabela 2).

Acertos mais baixos ainda são registrados para as classes Pastagem, que possui variabilidade expressiva na suas assinaturas espectrais, isso principalmente em função do tipo de manejo (densidade de animais/ha, pasto natural/plantado etc.) e Solo exposto, que geralmente representa lavouras após a safra. Como exposto na matriz de confusão, a classificação insatisfatória destas classes prejudica os indicadores de desempenho geral.

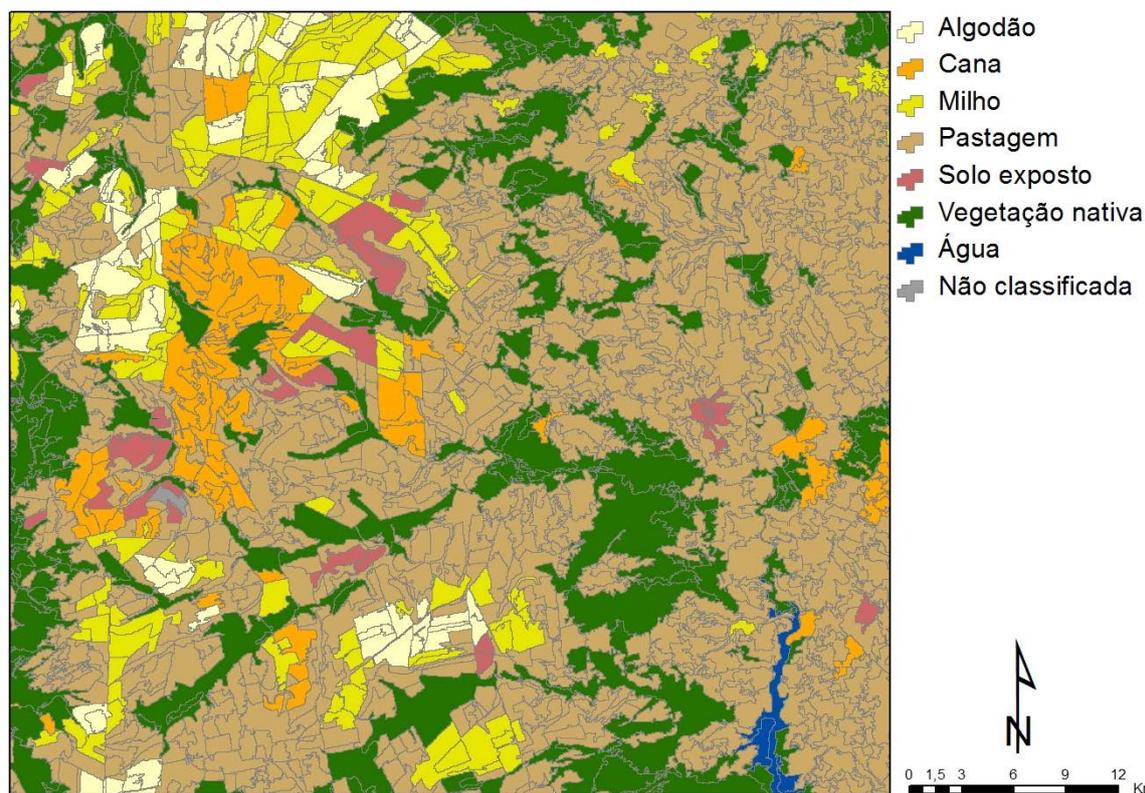


Figura 2. Classificação multi-sensorial da imagem MODIS de Maio 2011 em 7 classes, com intersecção por maioria dos segmentos extraídos da imagem Landsat TM (Índice de similaridade 07).

Tabela 2. Matriz de confusão para o mapeamento de oito classes, para um índice de similaridade de 7 em hectares. <sup>1</sup>Classe sem áreas de validação. EU: Exatidão de usuário, EP: Exatidão de produtor.

		Verdade de Campo									
		Água	Algodão	Cana	Vegetação	Milho	Pastagens	Solo exp.	Não clas. <sup>1</sup>	Total	EU (%)
Classificador	Água	<b>180</b>	0	0	0	0	0	0	0	180	<b>100,0</b>
	Algodão	0	<b>1506</b>	0	0	142	2	0	0	1649	<b>91,3</b>
	Cana	0	0	<b>4546</b>	16	0	0	7	0	4569	<b>99,5</b>
	Vegetação	0	10	297	<b>2768</b>	0	7	4	0	3087	<b>89,7</b>
	Milho	0	251	0	16	<b>2025</b>	1	0	0	2292	<b>88,3</b>
	Pastagens	1	168	254	99	332	<b>659</b>	396	0	1909	<b>34,5</b>
	Solo exp.	0	0	0	4	0	0	<b>745</b>	0	749	<b>99,5</b>
	Não clas. <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	0	<b>100,0</b>
Total	181	1935	5097	2902	2499	669	1151	0	14435		
EP (%)		<b>99,4</b>	<b>77,8</b>	<b>89,2</b>	<b>95,4</b>	<b>81,0</b>	<b>98,5</b>	<b>64,7</b>	<b>100,0</b>		
		Índice de Kappa: 0,825					Exatidão Geral: 86,1%				

Como exposto, a classificação em 04 classes possui indicadores gerais de desempenho superiores, com um EG máximo de 91,2 e um IK máximo de 0,88 (Figura 3, Tabela 3).

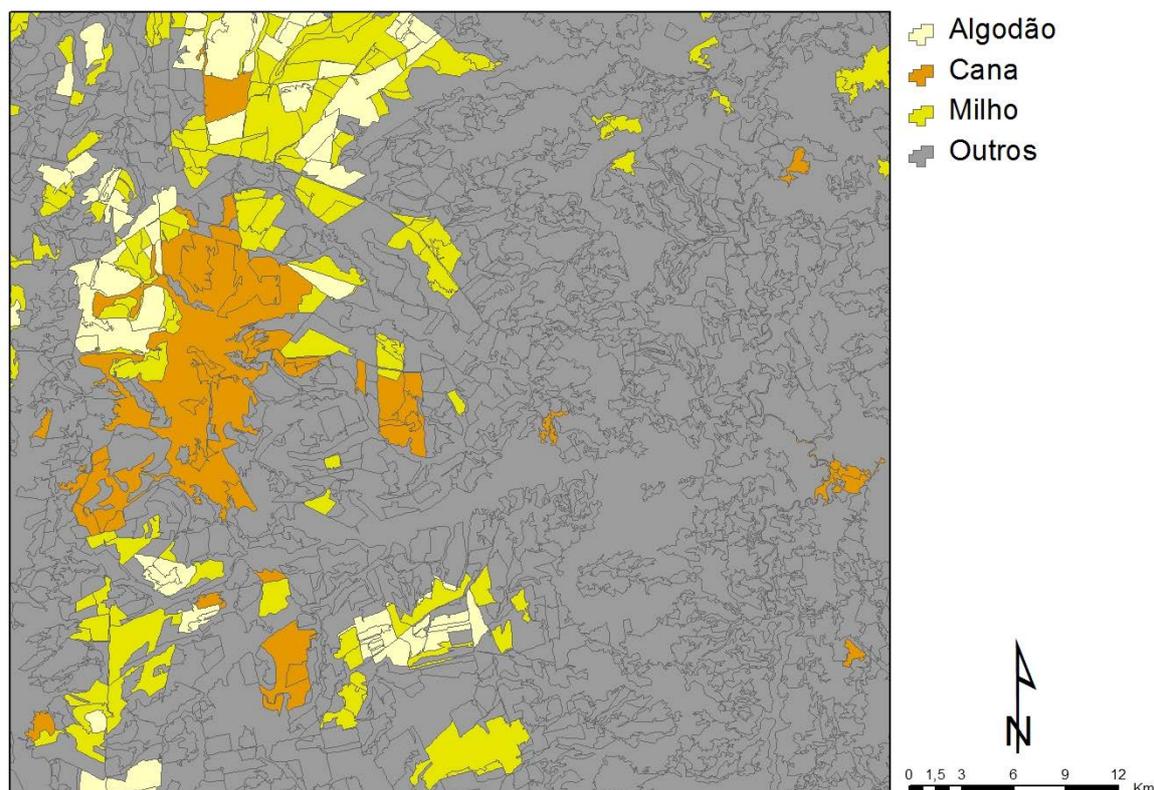


Figura 3. Classificação multi-sensorial da imagem MODIS de Maio 2011 em 4 classes, com intersecção por maioria dos segmentos extraídos da imagem Landsat TM (Índice de similaridade 11).

Tabela 3. Matriz de confusão para o mapeamento considerando 4 classes, com índice de similaridade 11 em hectares. <sup>1</sup>Classe sem áreas de validação. EU: Exatidão de usuário, EP: Exatidão de produtor.

		Verdade de Campo						
		Algodão	Milho	Cana	Outros	Não clas. <sup>1</sup>	Total	EU (%)
Classificador	Algodão	<b>1473</b>	165	6	2	0	1646	<b>89,5</b>
	Milho	278	<b>2127</b>	0	45	0	2451	<b>86,8</b>
	Cana	2	0	<b>4519</b>	21	0	4542	<b>99,5</b>
	Outros	182	3	383	<b>3184</b>	0	3752	<b>84,9</b>
	Não clas. <sup>1</sup>	0	0	0	0	<b>0</b>	0	<b>100,0</b>
Total		1935	2296	4908	3252	0	<b>12391</b>	
EP (%)		<b>76,1</b>	<b>92,6</b>	<b>92,1</b>	<b>97,9</b>	<b>100,0</b>		

Índice de Kappa: 0,878                      Exatidão Geral: 91,2%

Índices de similaridade mais altos favorecem a formação de segmentos maiores, o que melhora, no caso da agricultura altamente mecanizada na região, a classificação das lavouras extensas. A classificação geral melhora, sobretudo em função da junção das pastagens com outras classes não-agrícolas. Apesar de predominância da pecuária de grande porte na região, a subdivisão das grandes propriedades em inúmeros lotes de manejo dificulta a classificação dos mesmos.

#### 4. Conclusões

A combinação de produtos de sensoriamento remoto de alta/media resolução (Landsat TM) para segmentação com imagens de baixa resolução espacial e alta resolução temporal (MODIS) pode favorecer o desempenho no monitoramento da produção agrícola. A utilização de segmentos derivados do sistema Landsat TM resulta em representações mais verídicas dos limites das unidades de uso da terra, enquanto a disponibilidade de produtos de alta resolução temporal favorece a escolha de datas propícias para a classificação de acordo com o calendário agrícola. Ficou, entretanto também evidente que a escolha de parâmetros propícios para a segmentação ainda depende de procedimentos altamente interativos (heurística), pois depende de uma série de fatores e suas combinações, como principalmente o número de classes a serem diferenciadas, o contraste espectral entre as mesmas e as resoluções espaciais e radiométricas dos sistemas sensores envolvidos no processo classificatório.

## 5. Referências Bibliográficas

Baatz, M.; Schape, A. **Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation**. In: AGIT-Symposium Salzburg. Karlsruhe, Herbert Wichmann Verlag: 12-23. 2000. Disponível em: < [http://www.ecognition.cc/download/baatz\\_schaepe.pdf](http://www.ecognition.cc/download/baatz_schaepe.pdf)>. Acesso em: 17 de novembro de 2012.

Coutinho, A.C. **Segmentação e classificação de imagens Landsat/TM para o mapeamento dos usos da terra na região de Campinas, SP**. Dissertação apresentada ao Departamento de Ecologia Geral do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo: 1997.

Dorini, L.B.; Leite, N.J. Teoria espaço-escala: abordagem morfológica. **RITA**, v. 17, n. 1, p. 115-136, 2010.

Gao, Y.; Mas J.F.; Kerle, N.; Pacheco, J.A.N. Optimal region growing segmentation and its effect on classification accuracy. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 13, p. 3747-3763, 2011.

Matsuoka, J.V.; Haertel, V. **Investigação do processo de segmentação multiresolução utilizando o critério de ponderação de formas e cores aplicadas às imagens de áreas urbanas de alta resolução espacial do satélite Ikonos**. Anais XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, p. 589-596, INPE: 2007. Disponível em: < [http://www.ufrgs.br/srm/novo/publicacoes/SBSR%202007\\_Vitor%20Jaqueline\\_artigo.pdf](http://www.ufrgs.br/srm/novo/publicacoes/SBSR%202007_Vitor%20Jaqueline_artigo.pdf)>. Acesso em: 02 de novembro de 2011.

Myint, S.W.; Gober, P.; Brazel, A.; Grossman-Clarke, S.; Weng, Q. Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 5, p. 1145-1161, 2011.

Novack, T.. **Classificação da cobertura da terra e do uso do solo urbano utilizando o sistema Interimage e imagens do sensor Quickbird**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos: INPE, 2009. Disponível em: < <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18%4080/2009/08.31.21.23/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2012.

Watts, J.D.; Lawrence, R.L.; Miller, P.R.; Montagne, C. Monitoring of cropland practices for carbon sequestration purposes in north central Montana by Landsat remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 9, p. 1843-1852, 2009.