

## Extração da cobertura vegetal de áreas urbanas utilizando imagens do satélite GeoEye-1

André Ricardo da Silva<sup>1</sup>  
Diego Bogado Tomasiello<sup>2</sup>  
Bruno Rodrigues do Prado<sup>1</sup>  
Matheus Alves Vieira<sup>1</sup>  
Bernard Freire Barbarisi<sup>2</sup>  
Manoel Jimenez Ortiz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Imagem – Soluções de inteligência geográfica  
CEP 12216-440 – São José dos Campos - SP, Brasil  
{arsilva, bprado, mvieira}@img.com.br

<sup>2</sup> Surface – Soluções em dados geográficos  
CEP 12216-440 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{diego.tomasiello, bernard.barbarisi, manoel.ortiz}@surfacerwm.com.br

**Abstract.** Uncontrolled growth of cities always brings result like the consumption spaces and the lack of green areas which degrades the living conditions at these sites. From these findings then began studies focused on environmental quality and urban life. The spatial location of green areas and the distance between them directly influences the economic, aesthetic, social and ecological development of the cities. Nowadays, the appearances of the new satellites, with high spatial resolution and the development of computer technology have stimulated the emergence of new robust geoprocessing tools, contributing for digital processing of images. This article analyzes the performance of an algorithm that can be used in classification of Geoeye-1 image, order to map land use of Rio de Janeiro-RJ. This mapping sought to discern the classes: vegetation and no vegetation. The classifier used to obtain the results was Maxver. For evaluation of mapping accuracy was used the error matrix, variance, overall accuracy and Kappa coefficient. It is concluded that the classification tool of ArcGIS 10 has a performance is also desirable in high-resolution images, because it is desirable that a classification range index top to 85%. Situation also confirmed once that classification achieved EG equal 93%. The values overall accuracy and Kappa found indicate the quality of the generated map.

**Palavras-chave:** Maxver classification, high spatial resolution, Rio de Janeiro, vegetation, Classificação Maxver, alta resolução espacial, Rio de Janeiro, vegetação.

### 1. Introdução

A questão ambiental é atualmente um dos principais temas abordados no mundo, fruto de uma sociedade mais consciente e exigente. Todavia, com o aumento da conscientização ambiental, também é verificado o crescimento das cidades e da população.

Para avaliar a qualidade ambiental urbana existem diversos aspectos como a qualidade da água, a qualidade do ar, resíduos sólidos e os índices de área verde (Mendonça, 2002). Em alguns casos, a qualidade ambiental é analisada apenas sobre o aspecto de áreas verdes por habitantes (Harder et al., 2006). Estudos anteriores utilizaram informações coletadas em campo para avaliar a qualidade ambiental de cidades através de índices de área verde (Jesus e Braga, 2005; Harder et al., 2006). Contudo, esses métodos exigem tempo e esforço para sua realização. Uma forma otimizada para identificar e quantificar a cobertura vegetal em áreas urbanas é a utilização de imagens de satélite (Miranda et al., 1996; Luchiari, 2001; Rosembach et al., 2005). A identificação da vegetação por meio das imagens de satélite é mais rápida e em muitos casos mais eficiente, principalmente quando comparada aos métodos tradicionais que incluem levantamento de campo.

Com a evolução dos sensores orbitais, as imagens de satélite de alta resolução têm proporcionado maiores níveis de detalhamento das feições contidas nos ambientes urbanos. O sensor GeoEye-1, por exemplo, dispõe de uma resolução espacial de 41 cm (GeoEye, 2010).

Estudos anteriores utilizaram imagens de alta resolução espacial de sensores orbitais como Ikonos e Quickbird, para classificar o tipo de cobertura do solo (Melo 2002; Pinheiro, 2003; Araújo, 2006; Novack, 2009). Os resultados demonstraram o potencial do uso de imagens de satélite de alta resolução para identificar a cobertura vegetal.

A partir desse fato, o presente estudo teve o objetivo de avaliar a classificação de imagens GeoEye-1 para identificar a cobertura vegetal em área urbana. A hipótese desse estudo parte da premissa de que o uso de imagens GeoEye-1, e aplicação da classificação supervisionada, permitem identificar e mensurar a cobertura vegetal em áreas urbanizadas.

## 2. Materiais e métodos

A área de estudo localiza-se no município do Rio de Janeiro (RJ), sudeste do Brasil (Figura 1). Possui uma área aproximada de 29,64 km<sup>2</sup> e está compreendida entre as coordenadas 22° 55' 19" S, 43° 13' 48" W, 22° 57' 33" S, 43° 09' 40" W. A área de estudo apresenta heterogeneidade de alvos, como regiões com predomínio de areia, áreas edificadas, vegetação densa, afloramentos rochosos, água, entre outros alvos.

As áreas de vegetação são constituídas de remanescentes florestais de florestas ombrófilas densas (IBGE, 2010), que possui como característica coloração sempre verde com dossel de até 50 m de altura, com árvores emergentes de até 40 m (IBGE, 1991).

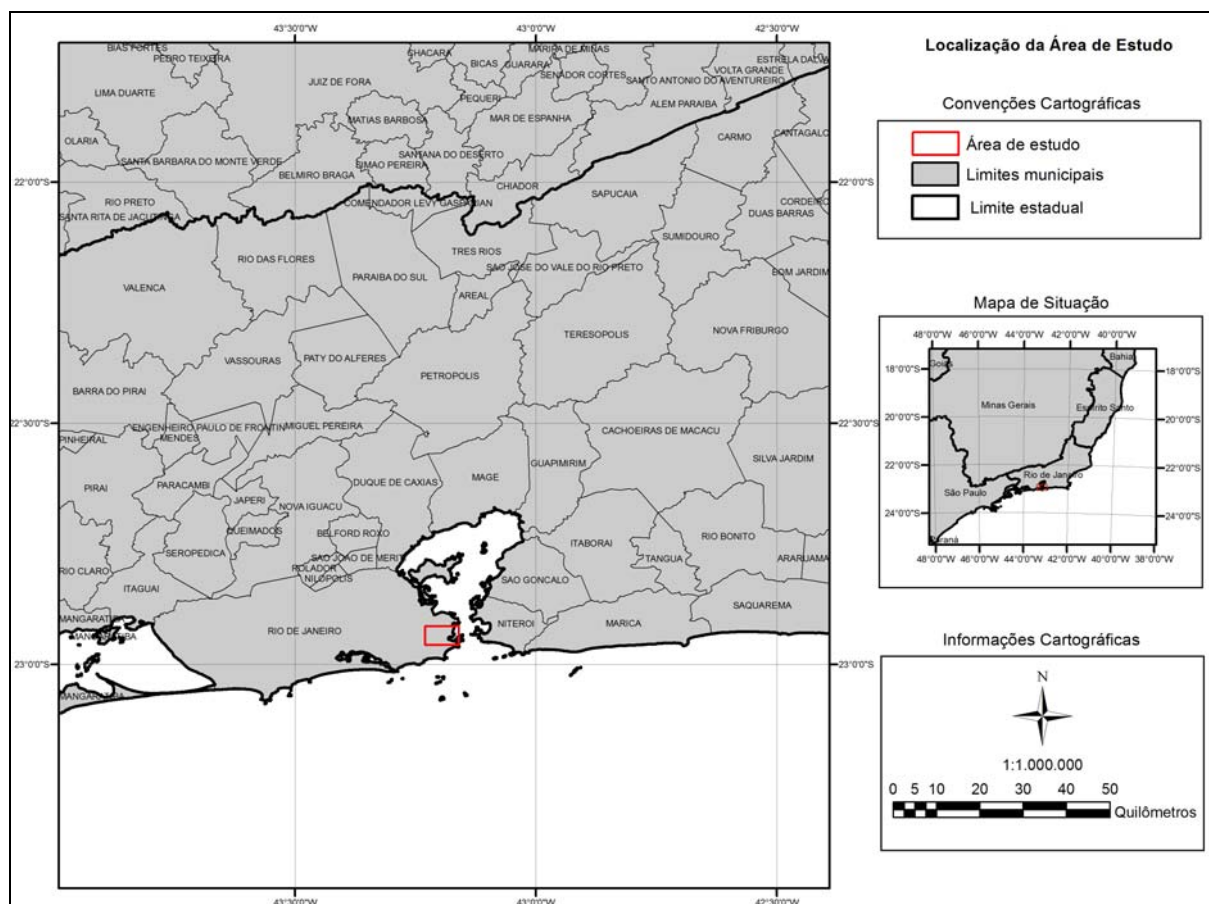


Figura 1 - Localização da área de estudo.

A imagem do satélite GeoEye-1, utilizada para os estudos, foi coletada no dia 31 de Julho de 2010 em uma única passagem. A cena apresenta quatro bandas espectrais e uma banda pancromática.

O satélite GeoEye-1 foi lançado em 6 de setembro de 2008 pela empresa americana GeoEye, Inc., e opera a uma altitude de 681 km, com órbita polar. Foi projetado para um

tempo de vida de aproximadamente 7 anos, e pode coletar até 700 mil km<sup>2</sup> de imagens por dia. A resolução temporal do sensor é de menos de 3 dias.

Esse sensor dispõe de uma resolução espacial de 41 cm no modo pancromático (banda pancromática) e 1,65 m no modo multiespectral (bandas azul, verde, vermelha, e infravermelho próximos), como descrito na Tabela 1 (GeoEye, 2010).

Tabela 1 – Especificações do satélite GeoEye-1

<b>Banda</b>	<b>Range espectral</b>
Pancromática	450-800 nm
Banda 1 (Azul)	450-510 nm
Banda 2 (Verde)	510-580 nm
Banda 3 (Vermelho)	655-690 nm
Banda 4 (Infravermelho próximo)	780-920 nm

Com resolução radiométrica de 11 bits, o GeoEye-1 é hoje o satélite comercial de maior resolução espacial e precisão posicional do mundo. O sensor é capaz de coletar, em uma mesma passagem, imagens no modo monoestéreo, pares estereoscópicos, grandes áreas ou alvo pontuais precisamente localizados.

Sobre a imagem, foi gerada uma malha de pontos aleatórios utilizados para a classificação e validação, utilizando a plataforma ArcGIS 10.

O software ArcGIS 10 é produzido pelo Environmental Systems Research Institute, Inc. (Esri). O pacote ArcGIS é um software GIS que tem a funcionalidade de manejar diversos tipos de informações espaciais. Com a utilização do software podem ser elaborados e implementados projetos GIS para um ou mais usuários, oferecendo instrumental para edição e atualização de dados, mapeamento e modificação de bases cartográficas, gerenciamento de dados, auxílio em análises geográficas diversas, administração de dados avançados e desenvolvimento / aplicações de informações via Internet (Esri, 2010).

A classificação digital consiste em extrair informações das imagens, buscando atribuir a cada pixel uma classe ou tema associado. Por se tratar de uma classificação supervisionada, pressupõe-se a realização de treinamento do classificador por meio da escolha de amostras.

Nesse método, a fase de treinamento é essencial para fornecer um conjunto de pixels representativos de cada alvo na superfície, assim, é fundamental que os pixels escolhidos sejam puros e representem cada classe espectral (Moreira, 2003).

O classificador Maxver (Máxima Verossimilhança) é um método de classificação supervisionado baseado na estimação do vetor médio da matriz de variância e covariância de cada classe, assumindo-se que a frequência de cada classe possui uma distribuição normal (Mather, 1999).

A classificação Maxver, aplicada nesse trabalho, foi avaliada usando como referência um conjunto de pontos amostrais interpretados visualmente a partir da imagem GeoEye-1. Objetivou-se, com isso, realizar uma comparação direta entre a interpretação visual na imagem e o método de classificação testado nesta pesquisa. A análise da qualidade da classificação se deu quantitativamente, através dos índices de exatidão global (EG) e Kappa ( $\kappa$ ), ambos extraídos da matriz de confusão (Congalton e Green, 1999).

Avaliar a qualidade das classificações é um procedimento fundamental durante a elaboração de mapas temáticos ou em processos de extração de informações temáticas das imagens de satélite (Jensen, 2005), pois conhecer a acurácia da informação produzida evita interpretações de baixa confiabilidade em relação aos temas abrangidos (Foody, 2002).

Dentre os métodos existentes para a estimativa da acurácia das classificações temáticas existe o índice de concordância *Kappa* (Hudson e Ramm, 1987). Esse índice avalia a exatidão

das classificações através do emprego da matriz de confusão, comparando posteriormente os valores obtidos a uma tabela de referência (Tabela 2), correlacionando assim a qualidade das classificações temáticas produzidas (Landis e Koch, 1977). De acordo com Brites et al. (1996), o índice *Kappa* é recomendado como uma medida apropriada para avaliar a exatidão porque representa inteiramente a matriz de confusão, sendo esta uma forma padronizada para reportar erros em locais específicos.

Tabela 2 – Limiares do índice *Kappa* utilizados

<i>Índice Kappa</i>	<i>Concordância</i>
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito boa
0,81 a 1,00	Excelente

O índice *Kappa* fundamenta-se em critérios da análise multivariada discreta e na medida de concordância entre a classificação obtida e a referência (dados de campo) adotada para a estimativa da exatidão (Ponzoni e Almeida, 1996). Como não houve coleta de campo, a geração da matriz de confusão fundamentou-se na identificação de pontos assumidos como verdade de campo a partir de interpretação visual da imagem de mais alta resolução disponível.

No trabalho, as classificações foram avaliadas pelo índice de concordância *Kappa*, gerando as matrizes de confusão e comparando os valores produzidos a uma tabela de referência de relacionavam uma qualidade a essas classificações.

Foi definido um conjunto de 120 amostras pontuais aleatórias para cada imagem. Essas amostras foram utilizadas para a construção da matriz de confusão, comparando as classes temáticas obtidas pelas classificações e as feições identificadas visualmente.

O teste de significância *Z* foi realizado, a fim de identificar se o mapa obtido pela metodologia apresenta conformidade com a referência adotada. Detalhes sobre esses testes podem ser encontrados em Congalton e Green (1999). A matriz de confusão foi gerada a partir do cruzamento de pontos amostrais interpretados na imagem, com mapa temático gerado com a aplicação da metodologia de classificação testada. Ao todo, foram gerados aleatória e independentemente 120 pontos. Desses, 80 foram utilizados para o treinamento do classificador, enquanto os demais 40 pontos foram utilizados para a validação da classificação (Figura 2).

Foram criadas duas classes, vegetação e não-vegetação. Para a classe vegetação foram coletadas amostras de alvos como: mata nativa (formações florestais densas), arbustivas e gramíneas. Dentre a classe não-vegetação foram selecionadas amostras de: afloramentos rochosos, construções urbanas; asfalto, água doce e areia litorânea. Como descrito anteriormente o classificador automático utilizado foi o Maxver.

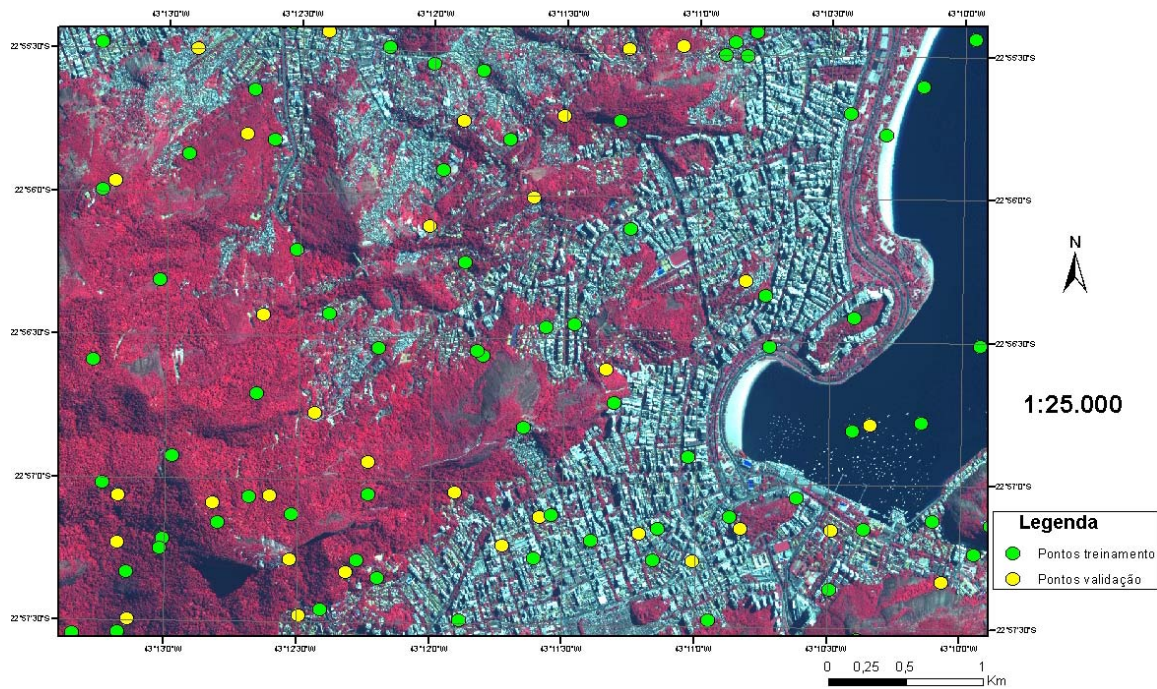


Figura 2 - Imagem GeoEye-1 com a localização dos pontos de treinamento (em verde) e os pontos de validação (em amarelo).

### 3. Resultados e Discussão

Ao término do processo de classificação foi possível interpretar visualmente de uma maneira muito satisfatória, a definição das áreas verdes, mesmo em regiões onde a vegetação aparece de maneira bem discreta (Figura 3).

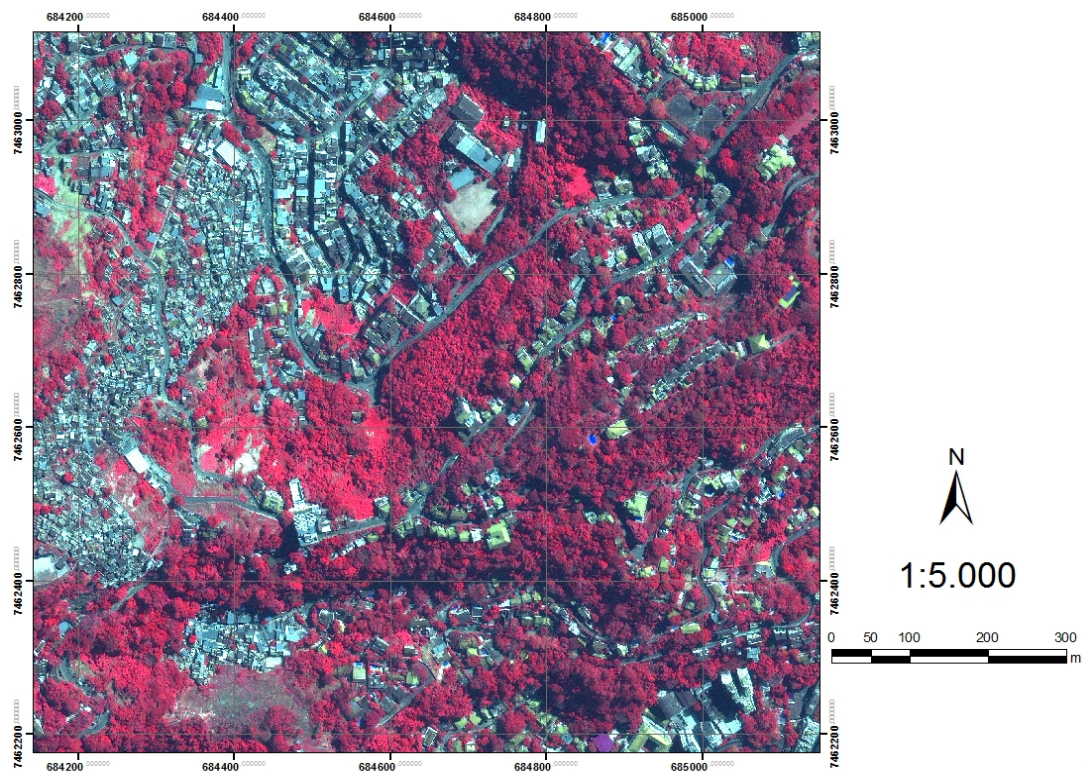


Figura 3. Imagem GeoEye-1 (a) e imagem classificada (b).

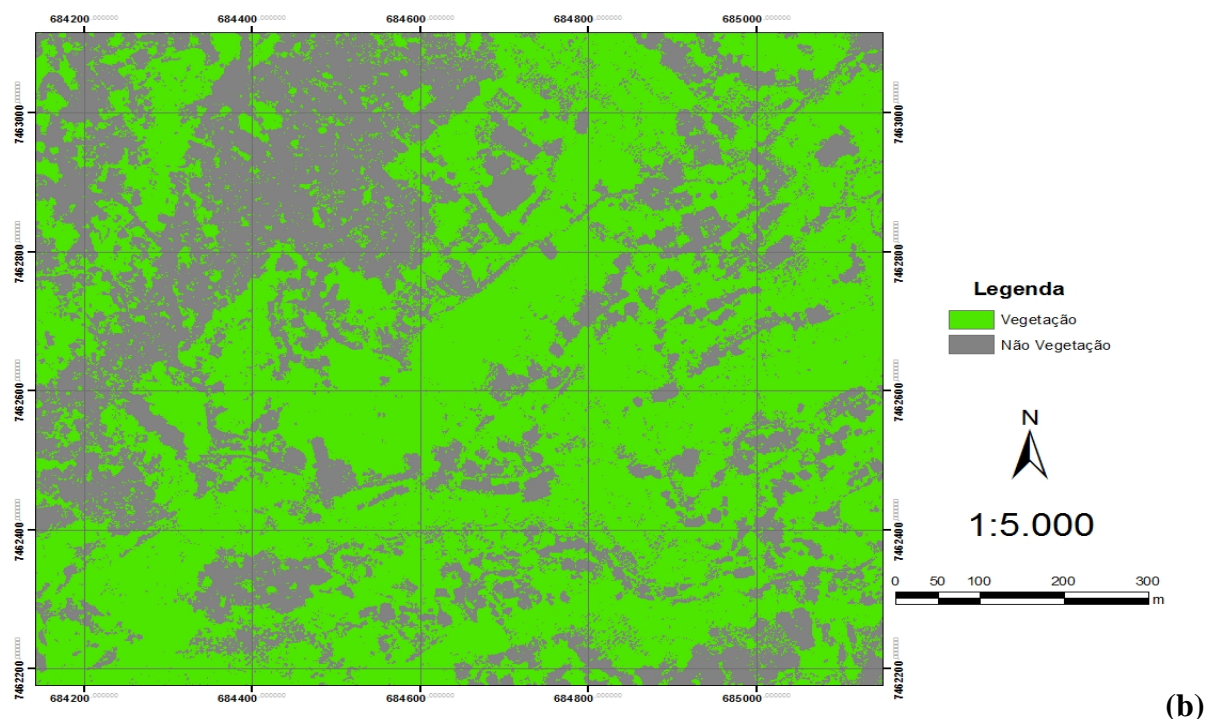


Figura 3. Imagem GeoEye-1 (a) e imagem classificada (b). Continuação.

Conforme mencionado na metodologia, a matriz de confusão foi gerada a partir do cruzamento dos pontos amostrais interpretados visualmente a partir da imagem GeoEye-1 com o mapa temático gerado a partir da metodologia proposta (Tabela 3).

Tabela 3. Matriz de confusão.

Classes	Referência		$\Sigma$	
	Vegetação	Não vegetação		
MAXVER	Vegetação	22	1	23
	Não Vegetação	2	15	17
	$\Sigma$	24	16	40

Coefficiente kappa = 0,85; Variância = 0.00688; Exatidão Global = 93%

A classificação da área com cobertura vegetal seguindo a metodologia obteve um mapa temático cujos índices de Exatidão Global (EG) e kappa (k) foram 93% e 0,85 (Valor-p=0,0000) respectivamente. O valor de coeficiente Kappa encontrado representa realmente a conformidade da classificação com o mapa de referência isto foi confirmado pelo teste Z. Para o nível de significância adotado ( $\alpha=5\%$ ) existe concordância entre as classificações e a imagem de referência.

Com relação ao índice de Exatidão Global, de acordo com Foody (2002), é desejável que uma classificação alcance índices superiores a 85%. Situação também confirmada uma vez que a classificação obteve EG igual a 93%. Os valores de Exatidão global e Kappa encontrados indicam a qualidade do mapa temático gerado.

#### 4. Conclusão

Os resultados da classificação supervisionada pelo método Maxver aplicada à imagem GeoEye-1, foram estatisticamente significativos, demonstrando o potencial da ferramenta e da imagem de satélite para identificação da cobertura vegetal em centros urbanos.

Recomendamos para trabalhos futuros a aplicação de índices de vegetação para avaliar a qualidade ambiental do município do Rio de Janeiro.

#### Agradecimentos

Agradecemos a empresa IMAGEM pela disponibilização de licença de uso do software ArcGIS 10 e a empresa GeoEye pela disponibilização da imagem utilizada nesse estudo.

#### Referências Bibliográficas

- Araújo, E. H. G. Análise multi-temporal de cenas do satélite quickbird usando um novo paradigma de classificação de imagens e inferências espaciais: estudo de caso-Belo horizonte, MG. São José dos Campos: INPE, 2006. 175p. ; (INPE-13956-TDI/1062). **Dissertação** (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006.
- Brites, R. S.; Soares, V. P.; Ribeiro, C. A. A. S. Comparação de Desempenho entre três índices de exatidão aplicados a classificações de imagens orbitais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. Artigos, p. 813-821.
- Congalton, R. G.; Green, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices ( pp.11 – 70). Boca Raton: Lewis Publishers, 1999.
- Esri. **Using ArcMap: GIS by Esri**. Redlands – California - United States of America: Printed by Environmental Systems Research Institute, Inc., 2010.
- Foody, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 185-201, 2002.
- GeoEye. **GeoEye Product Guide**. Dulles – Virgínia - United States of America: Printed by GeoEye. Version 2. 2010.
- Harder, I. C. F.; Ribeiro, R. de C. S.; Tavares, A. R. Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.277-282, 2006.
- Hudson, W. D.; Ramm, C. W. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 53, n. 4, p. 421-422, 1987.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro - RJ. 1991.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Mapa de Vegetação do Brasil**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>. Acesso em: 19 nov.2010.
- Jensen, J. R. **Introductory Digital Image Processing: A remote sensing perspective**. 3. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2005. 526p.
- Jesus, S. C.; Braga, R. Análise espacial das áreas verdes urbanas da estância de Águas de São Pedro – SP. **Caminhos de Geografia**, v.18, n.16, p.207-224, 2005.
- Landis, J.R.; Kock, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- Luchiari, A. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de sistema de informação geográfica. **Revista do Departamento de Geografia**, v.14, p.47-58, 2001.

Mather, P. M. **Computer processing of remotely sensed images: an introduction**. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. 292 p.

Melo, D. H. C. T. B. Uso de dados Ikonos II na análise urbana: testes operacionais na zona leste de São Paulo. São José dos Campos: INPE, 2002. 146p. – (INPE-9865-TDI/870). **Dissertação** (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2002.

Mendonça, F. Aspectos da problemática ambiental urbana da cidade de Curitiba/PR e o mito da “Capital Ecológica”. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, São Paulo, n.12 p.1-8, 2002.

Miranda, C.; Massa, J. L.; Marques, C. C. A. Análise da ocorrência de leishmaniose tegumentar americana através de imagem obtida por sensoriamento remoto orbital em localidade urbana da região Sudeste do Brasil. **Revista Saúde Pública**, v.30, n.5, p.433-437, 1996.

Moreira, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003.

Pinheiro, E. S. Avaliação de imagens *Quickbird* na análise geográfica de um setor da Mata Atlântica do Rio Grande do Sul. São José dos Campos: INPE, 2003. 183p. – (10094-TDI-891). **Dissertação** (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003.

Ponzoni, F. J.; Almeida, E. S. A estimativa do parâmetro Kappa (k) da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8, 1996, Salvador, Brasil. **Anais...**São José dos Campos, INPE, 1996. p. 729-733.

Rosemback, R.; França, A. M. S.; Florenzano, T. G. Análise comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS-2 e TM/LANDSAT-5 em área urbana. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 3175-3182.

Novack, T. Classificação da cobertura da terra e do uso do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE e imagens do sensor Quickbird. São José dos Campos : INPE, 2009. 214 p. ; (INPE-16594-TDI/1580). ). **Dissertação** (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2009.