

Revista Brasileira de Cartografia (2014) N^o 66/3: 537-544
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL APLICADA NA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE MÉTODOS BASEADOS EM CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DE IMAGENS

*Experimental Statistics Applied to Evaluate the Effectiveness of Methods Based on
Supervised Classification of Images*

**Diego de Sousa Ribeiro Fonseca, Carlos Magno Santos Clemente, Débora
de Castro Reis, Thálita de Resende Cardoso, Waldir José de Melo & Manno
Andrade França**

Instituto Estadual de Florestas – IEF

Coordenação de Geoprocessamento e Inteligência Espacial

Gerência de Monitoramento da Vegetação e Biodiversidade

Rodovia Américo Gianetti, Cidade Administrativa, Serra Verde

31630900 - Belo Horizonte, MG – Brasil

diegosousarf@gmail.com, carlosmagno.clemente@gmail.com, deboracastroreis@gmail.com,
tcardosoeco@gmail.com, waldir.melo@meioambiente.mg.gov.br, mannofranca@gmail.com

Recebido em 23 de Setembro, 2013/ Aceito em 15 de Março, 2014

Received on September 23, 2013/ Accepted on March 15, 2014

RESUMO

A finalidade deste trabalho é avaliar por intermédio do Índice Kappa, os métodos de classificação de imagens: Árvore de Decisões, Lógica Fuzzy, Distância de Mahalanobis, Maxver, as Redes Neurais Artificiais (RNA), os modelos de segmentação Bhattacharya e Orientado a Objeto. A metodologia empregada foi baseada na revisão de literatura, coleta de dados do Índice Kappa e o teste de hipóteses a partir do Delineamento em Blocos ao Acaso com repetições. Os métodos que apresentaram maior eficiência no Índice Kappa foram: a Lógica Fuzzy (média 0,845), a Árvore de Decisões (média 0,839) e as Redes Neurais Artificiais (média 0,819). Em segundo plano, os que tiveram desempenho satisfatório foram: o Maxver (média 0,782), o modelo de segmentação Orientado a Objeto (média 0,777) e o Bhattacharya (com média 0,777). A classificação baseada na Distância de Mahalanobis (média 0,739) foi aquela com eficiência mais baixa entre os procedimentos testados. Na escolha do modelo de classificação adequado deve ser levada em consideração a destreza dos operadores com o método a ser adotado, o volume de dados, a capacidade de processamento, a agilidade do aplicativo computacional, a escala demandada conforme o modelo de classificação e a resolução espacial da imagem. Em todos os modelos faz-se necessário o pós-processamento com objetivo de diminuir confusões.

Palavras chave: Classificação Supervisionada, Teste de Hipóteses, Índice Kappa.

ABSTRACT

The purpose of this work is to evaluate through the Kappa index, methods of image classification: Decision Tree, Fuzzy Logic, Mahalanobis distance, Maxver, Artificial Neural Networks (ANN), and the threading models Bhattacharya and Object Oriented. The methodology used was based on literature review, data collection for Kappa Index and the hypothesis test from the Delineation in blocks with repeats. The methods that were more efficient according to the

Kappa index were: Fuzzy Logic (average 0.845), the Decision Tree (average 0.839) and the Artificial Neural Networks (average 0.819). Those that had satisfactory performance were: Maxver (average 0.782), Object Oriented threading model (average 0.777) and Bhattacharya (average 0.777). The classification based on the Mahalanobis distance (average 0.739) was the one with the lowest efficiency among the tested procedures. When choosing the proper classification model it must be taken into account the skill of the operators with the method to be adopted, the volume of data, the processing and application performances, the scale demanded in the classification model and the image spatial resolution. In all models, post-processing is necessary in order to reduce confusion.

Keywords: Supervised Classification, Hypothesis Test, Kappa Index.

1. INTRODUÇÃO

Os produtos orbitais advindos do sensoriamento remoto têm sido amplamente manipulados nos processos de mapeamento realizados em escalas locais e globais, devido a sua capacidade na identificação de alvos nas multi-resoluções espaciais, espectrais e temporais (LEEW et al., 2010).

Imagens de satélite submetidas às técnicas de tratamento, análise e classificação têm permitido a dinamização de inventários e o monitoramento da paisagem. Essa potencialidade é obtida a partir do estudo da diversidade de respostas espectrais e de textura, as quais representam fisionomias de vegetação e as alterações no uso do solo, em consequência da atuação antrópica no decorrer do tempo (KRENZER et al., 2007).

Dada a importância desses recursos em tempos recentes, o emprego de metodologias para avaliação da precisão das informações geradas deve ser praticado. Esse cuidado é necessário porque o manuseio de imagens orbitais não implica diretamente em maior disponibilidade de soluções, caso o rígido controle da qualidade não seja viabilizado a fim de que seja minimizada a propagação de erros (SILVA, 2003).

No processo de classificação de imagens, por exemplo, a partir da matriz de erros é possível gerar várias medidas estatísticas para medir confusões, tais como a Exatidão Global e o Índice Kappa. A Exatidão Global é um modelo no qual é considerada a diagonal principal de *pixels* da cena manuseada, sendo esta comparada a pontos amostrais de maior confiabilidade. Essa relação é usada como parâmetro para o cálculo da precisão, que indica as discordâncias do procedimento (CONGALTON, 1991).

O Índice Kappa é um tipo de coeficiente em escala nominal, pelo qual é calculada,

variando de 0 a 1, a concordância entre toda a matriz de confusão da cena e as amostras de referência, inclusive, os elementos fora da diagonal principal. Esses elementos representam as discordâncias no procedimento. Trata-se de um índice mais eficiente em relação à Exatidão Global, porque a última emprega somente os elementos diagonais (STEHMAN, 1992).

O objetivo deste trabalho é avaliar por meio do desempenho médio do Índice Kappa, os métodos de classificação de imagens: Árvore de Decisões, Lógica Fuzzy, Distância de Mahalanobis, Maxver, as Redes Neurais Artificiais (RNA) e, os modelos de segmentação Bhattacharya e Orientado a Objeto. A partir das informações geradas no ensaio será possível responder quais desses modelos têm apresentado maior sucesso no procedimento de classificação supervisionada de arquivos *raster*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida por meio da revisão de literatura a partir de textos científicos disponibilizados principalmente em periódicos, congressos e teses de doutorado, em que os responsáveis promoveram a classificação supervisionada como método de análise das suas informações.

A consulta procurou selecionar trabalhos ao acaso, nos quais os autores realizaram classificações em regiões diversificadas do planeta. A escolha destes foi pautada na consideração dos mais bem qualificados pela plataforma WEBQUALIS (2013).

Nos materiais científicos foi consultado o desempenho da matriz de erros, tendo como parâmetro o valor do Índice Kappa. Desse modo, por meio da revisão bibliográfica foram adquiridos os dados que possibilitaram avaliar quais os métodos classificatórios apresentaram maior sucesso.

Em alguns textos consultados nos quais houve o desprestígio do Índice Kappa em favor exclusivo da Exatidão Global, com a prerrogativa de estimar cada valor do índice negado, empregou-se a regressão linear simples. O programa informacional usado com esse intento foi o BioEstat, versão 5.0 (AYRES, 2007), no qual foi aplicado o método dos mínimos quadrados, conforme mostra Equação 1.

$$KE = a + b \times EG \quad (1)$$

Em que:

KE = Índice Kappa estimado;

a e *b* = são os coeficientes linear e angular;

EG = é o valor da Exatidão Global (adimensional).

As amostras aproveitadas para o cálculo da variável dependente foram extraídas dos dados referentes aos classificadores - Lógica Fuzzy e Maxver, devido à maior disponibilidade, entre os métodos de classificação testados, das duas informações combinadas.

Para desenvolvimento foram criadas quatro categorias a partir da resolução espacial das imagens orbitais utilizadas nos respectivos trabalhos. Tais produtos foram qualificados conforme o critério abaixo (Tabela 1).

Em cada método de classificação analisado foram realizadas quarenta repetições, sendo este total dividido nas quatro classes de resolução conforme o critério de separação mostrado na Tabela 1. Em cada classe (Figura 1) foram adquiridas dez repetições do Índice Kappa para imagens orbitais provenientes dos sensores de alta resolução espacial (ex: Quickbird e Ikonos); média (ex: Rapideye e Alos); baixa (ex: Landsat e IRS-P6); e muito baixa resolução (ex: MODIS

Tabela 1: Intervalos de resolução espacial das imagens, em metros, e categorias criadas

Resolução espacial (m)	Categorias
≤ 1	Alta
2 – 10	Média
11 – 30	Baixa
≥ 31	Muito baixa

MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO				
INTERVALOS DE RESOLUÇÃO ESPACIAL				
REPETIÇÕES	M.B	B	M	A
	Kappa 1	Kappa 11	Kappa 21	Kappa 31
	Kappa 2	Kappa 12	Kappa 22	Kappa 32
	Kappa 3	Kappa 13	Kappa 23	Kappa 33
	Kappa 4	Kappa 14	Kappa 24	Kappa 34
	Kappa 5	Kappa 15	Kappa 25	Kappa 35
	Kappa 6	Kappa 16	Kappa 26	Kappa 36
	Kappa 7	Kappa 17	Kappa 27	Kappa 37
	Kappa 8	Kappa 18	Kappa 28	Kappa 38
	Kappa 9	Kappa 19	Kappa 29	Kappa 39
	Kappa 10	Kappa 20	Kappa 30	Kappa 40

Figura 1 – Esquema de coleta dos dados amostrais para cada método de classificação de imagens testado.

e NOAA). Ao final obteve-se um universo de duzentos e oitenta (280) dados do Índice para os sete métodos de classificação testados.

Posteriormente, para cada série de dados (classes com dez repetições) foram eliminados os terços com dados inferiores e o maior valor do Kappa, aproveitando os dois terços intermediários. Essa estratégia buscou selecionar os trabalhos com maior desempenho e eliminar dados discrepantes.

O modelo estatístico empregado para tomada de decisões foi baseado no Delineamento em Blocos ao Acaso (DBC) com repetições, processado da seguinte forma:

- Tratamento = classificadores;
- Blocos = imagens por categoria;
- Repetições = Índice Kappa.

Seguindo a mesma estrutura mostrada, as informações foram reorganizadas em uma planilha para entrada no aplicativo computacional ASSISTAT, versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2009), e submetidas à análise de variância e ao teste para diferenciar médias de Tuckey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações geradas mostram que houve predomínio de textos consultados a partir de meios científicos com qualificação do tipo “C” (28,7%), os quais são provenientes, sobretudo, do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; seguidos daqueles qualificados como

“A2” (22,7%) e “A1” (13,7%), sendo estes, originados de periódicos internacionais em sua maioria.

Os trabalhos que não possuem qualificação na plataforma WEBQUALIS (2013) totalizaram 7,7%, e os qualificados como do tipo “B5” somaram 0,5% dos dados, sendo este o menor percentual entre os veículos de informação consultados (Figura 2).

A aplicação da regressão linear simples como alternativa para estimar o Índice Kappa, em alguns textos consultados nos quais os autores optaram pela Exatidão Global, gerou um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,933. Portanto, o modelo de regressão empregado explicou 93% do comportamento da variável dependente, o Kappa, em função da variação da Exatidão Global, tal como se observa na Figura 3.

O delineamento estatístico processado mostrou haver diferenças significativas entre os métodos de classificação, avaliados isoladamente, e na interação dos classificadores supervisionados com as resoluções espaciais das imagens ($p < 0.01$). Não houve diferenças ($p > 0.05$) no desempenho de imagens provenientes dos sensores categorizados como de alta, média, baixa e muito baixa resolução espacial.

A Lógica Fuzzy (média 0,845), a Árvore de Decisões (média 0,839) e as Redes Neurais Artificiais (média 0,819) foram os que apresentaram desempenho mais elevado entre os métodos avaliados. Em segundo plano

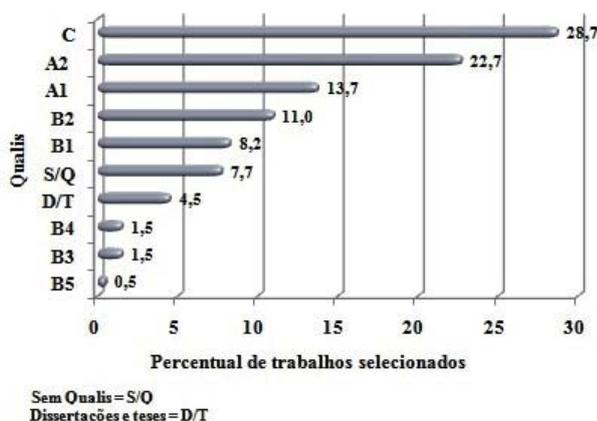


Figura 2 – Percentual de trabalhos selecionados conforme suas respectivas qualificações. Fonte: Adaptado da WEBQUALIS (2013).

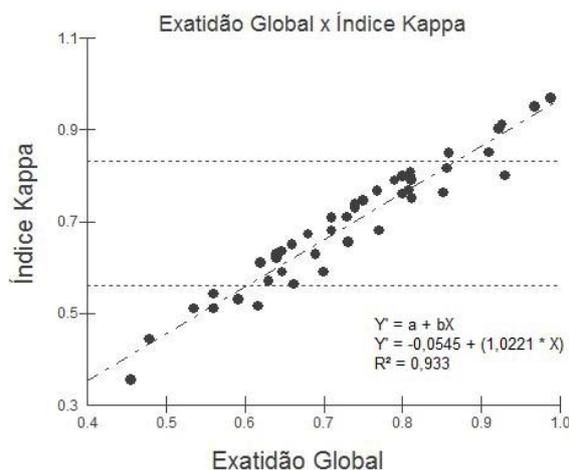


Figura 3 – Regressão linear simples para estimativa do Índice Kappa a partir da Exatidão Global.

ficou, o Maxver (média 0,782), o modelo de segmentação Orientado a Objeto (média 0,777) e o Bhattacharya (com média 0,777). O classificador baseado na Distância de Mahalanobis (média 0,739) foi aquele com desempenho médio mais baixo (Tabela 2).

As médias seguidas por letras idênticas não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

O resultado do agrupamento mostrado na Tabela 2 é mais bem discriminado ao analisar as informações obtidas na interação entre os métodos de classificação e as categorias de resolução espacial trabalhadas.

A Lógica Fuzzy apresentou alta eficiência nas quatro categorias de resolução espacial analisadas. A Árvore de Decisões (média do

Tabela 2: Médias do índice Kappa nos métodos de classificação testados

Classificadores	Médias do Índice Kappa
Lóg. Fuzzy	0,845 a
Árv. Decisões	0,839 a
Redes Neurais	0,819 a
Maxver	0,782 ab
Orientado a Objeto	0,777 ab
Bhattacharya	0,777 ab
Dist. Mahalanobis	0,739 b

Kappa de 0,811) e as RNAs (com Kappa médio de 0,793) mostraram menor desempenho em produtos de baixa resolução.

No grupo com médias seguidamente inferiores, o Maxver apresentou resultados similares aos do grupo de maior desempenho quando as classificações foram efetuadas por meio de imagens de baixa resolução (Índice médio de 0,867). No entanto, apresenta menor eficiência principalmente em classificações com sensores de muito baixa resolução (média do Kappa de 0,686).

Dos dois métodos cujos procedimentos são calcados na segmentação – o modelo Orientado a Objeto e o Bhattacharya –, o primeiro apresentou resultados superiores em dados originados de sensores de média (Kappa de 0,883) e alta resolução (Índice de 0,819), e o segundo modelo nos de muito baixa resolução espacial (com Kappa médio de 0,905). As piores médias foram verificadas em tais classificadores, respectivamente nos sensores de muito baixa (0,603) e média qualificação (0,648), conforme mostra a Tabela 3.

As médias seguidas por letras idênticas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Em relação à confirmação da hipótese de

igualdade para as imagens categorizadas por resolução espacial, no momento em que foram testadas isoladamente sem a interação com os métodos de classificação, é verificado que em todas as resoluções são possíveis resultados satisfatórios. Tal possibilidade torna-se exequível desde que a resolução da imagem manuseada seja compatível com a escala de trabalho (TURNER et al., 1989; MAYAUX & LAMBIN, 1995; TREITZ & HOWARTH, 2000). Além desta prerrogativa, é necessária a demarcação do método de classificação apropriado para a resolução, tendo em vista que a estratégia pode influenciar no desempenho da classificação, tal como mostrado (Tabela 3).

Apesar das informações geradas terem indicado maior eficiência para certos métodos, todos os modelos necessitam de pós-processamento para ajuste de falhas. Os níveis de aceitação nas classificações de imagens orbitais, tal como o Índice Kappa, quando acima de 0,8 já podem ser qualificados como excelentes (CONGALTON, 1991).

A necessidade da correção de erros se deve principalmente às limitações da técnica, diante de situações como a coleta de amostras equivocadas por parte do operador, mistura espectral dos *pixels* somado ao agrupamento incorreto promovido pelo aplicativo computacional (PONZONI &

Tabela 3: Médias da interação entre métodos de classificação e as categorias das resoluções espaciais: muito baixa, baixa, média e alta

Classificadores	Resolução espacial das imagens			
	M.B	B	M	A
Médias do Índice Kappa				
Lóg. Fuz	0,832 aA	0,906 aA	0,814 aA	0,829 Aa
Arv. Dec	0,858 aA	0,811 abA	0,809 aA	0,879 aA
Redes Neu	0,853 aA	0,793 abA	0,823 aA	0,807 aA
Max	0,686 bcB	0,867 aA	0,785 abAB	0,793 aAB
O. Obj	0,603 cB	0,805 abA	0,883 aA	0,819 aA
Bhatt	0,905 aA	0,715 bcBC	0,648 bC	0,839 aAB
Dist. Mah	0,791 abA	0,640 cB	0,766 abA	0,762 aAB
C.V (%) = 10, 48				

REZENDE, 2002; COSTA & BRITES, 2004). O ajuste de imperfeições carece ser realizado por meio de interpretação visual e, manualmente, podem ser gerados vetores sobrepostos às feições onde houve confusão.

Diante dos problemas mencionados, a escolha do método e do aplicativo computacional a ser usado deve levar em consideração o tipo de dado a ser manuseado e a agilidade do programa para processamento digital de imagens (BOTELHO & CENTENO, 2005; PERSELLO, 2012).

Em processos de mapeamento urbano, nos quais há maior diversidade de informações e as escalas de trabalho precisam de maior detalhe, os modelos que dispõem de maior quantidade de ferramentas para tomada de decisões são mais indicados (CENTENO et al., 2003). Entre esses, estão aqueles nos quais houve maior eficiência no delineamento processado.

Esses classificadores são recomendados principalmente porque apresentaram maior desempenho com imagens originadas de sensores de alta e média resoluções espaciais, os quais são os mais apropriados em trabalhos urbanos (SHACKELFORD & DAVIS, 2003). As desvantagens no emprego dessas técnicas estão na necessidade de maior destreza do operador, no maior custo de tempo para programação e processamento de dados, e na exigência de máquinas com maior capacidade para o pleno desempenho desses aplicativos computacionais.

Nos mapeamentos de ambientes naturais, em que a finalidade é, por exemplo, o monitoramento, a detecção e quantificação de fisionomias ou a previsão de safras, o uso do Maxver para imagens de baixa, e do Battacharya para os produtos dos sensores de muito baixa resolução espacial, são indicados conforme mostrado na Tabela 3.

Esses classificadores são eficientes quando se faz necessária a geração de arquivos com representação de áreas mais extensas, com manuseio de imagens com cenas de maior representatividade e emprego de escalas menores (LI et al., 2011). A vantagem no emprego desses métodos é a maior disposição de programas computacionais gratuitos que oferecem tais modelos classificatórios (YU et al., 2006;

BARBOSA & MAILLARD, 2010).

4. CONCLUSÕES

Os métodos de classificação supervisionada em que houve maior eficiência no Índice Kappa foram: a Lógica Fuzzy (média 0,845), a Árvore de Decisões (média 0,839) e as Redes Neurais Artificiais (média 0,819).

Esses modelos são indicados principalmente em processos de mapeamento urbano, onde há a necessidade de imagens com disposição de maiores detalhes, tais como as de média e alta resolução espacial.

Logo em seguida, apresentaram desempenho satisfatório: o Maxver (média 0,782), o modelo de segmentação Orientado a Objeto (média 0,777) e o Bhattacharya (com média 0,777).

O Maxver e o Bhattacharya podem ser melhor utilizados em dados *raster* provenientes de sensores de baixa e muito baixa resolução, nos trabalhos com propósito de mapeamento da cobertura natural.

A classificação baseada na Distância de Mahalanobis (média 0,739) foi aquela com o desempenho mais baixo entre os procedimentos testados.

Na escolha do modelo de classificação supervisionada mais adequado para um trabalho específico, deve ser levada em consideração: a destreza dos operadores com o método a ser adotado, o volume de dados, a capacidade do computador, a agilidade do aplicativo computacional, a escala demandada compatível à resolução da imagem e com o modelo classificatório. Em todos os métodos é necessário diminuir confusões por meio de um refinamento posterior.

AGRADECIMENTOS

Sincero agradecimento ao Flávio Ponzoni e ao Yosio Shimabukuro (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) por algumas idéias que contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, M. **BioEstat. Versão 5.0.** Soc. Civ. Mamirauá, MCT – CNPq. Belém: 2007, 290p.
- BARBOSA, I. S. MAILLARD, P. Mapping a

- wetland complex in the Brazilian savannah using an Ikonos image: assessing the potential of a new region-based classifier. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 36, n. 2, p. 231–242, 2010
- BOTELHO, M. F.; CENTENO, J. A. S. Integração de dados do laser Scanner com a banda pan-cromática do sensor Quickbird II para a identificação de edificações através das redes neurais numa abordagem orientação a regiões. **Acta Scientiarum Technology**, v. 27, n. 2, p. 207-213, 2005.
- CENTENO, J. A. S.; ANTUNES, A. F. B.; TREVISAN, S.; CORREA, F. Mapeamento de áreas permeáveis usando uma metodologia orientada a regiões e imagens de alta resolução. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 55, n. 01, p. 48-56, 2003.
- CONGALTON, R. G. A Review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 49, n. 12, p. 1671-1678, 1991.
- COSTA, T. C., BRITES, R. S. A influência do tamanho da amostra de referência na exatidão de classificação de imagens de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 56, n. 2, p. 151-155, 2004.
- KRENZER, C; ZHANG, J; TETZLAFF, A; VAN DIJK, P; VOIGT, S; MEHL, H.; WAGNER, W. Uncontrolled coal fires and their environmental impacts: investigating two arid mining regions in north-central China. **Applied Geography**, n. 27, p. 42-62, 2007.
- LEEUW, J. de; GEORGIADOU, Y; KERLE, N; GIER, A. de; INOUE, Y; FERWERDA, J; SMIES, M.; NARANTUYA, D. The function of remote sensing in support of environmental policy. **Remote Sensing**, v. 2, p. 1731-1750, 2010.
- LI, M; ZHU, Z; VOGELMANN, J.E; XU, D; WEN, W.; LIU, A. Characterizing fragmentation of the collective forest in southern China from multitemporal Landsat imagery: a case study from Kecheng district of Zhejiang. **Applied Geography**, v. 31, p. 1026-1035, 2011.
- MAYAUX, P.; LAMBIN, E. F. Estimation of tropical forest area from coarse spatial resolution data: a two-step correction function for proportional errors due to spatial aggregation. **Remote Sensing of Environment**, v. 53, n. 1, p. 1-15, 1995.
- PERSELLO, C. Interactive domain adaptation for the classification of remote sensing images using active learning. **Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 10, n. 4, p. 736-740, 2012.
- PONZONI, F. J.; REZENDE, A. C. P. Influência da resolução espacial de imagens orbitais na identificação de elementos da paisagem em Altamira-PA. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 403-410, 2002.
- SHACKELFORD, A. K.; DAVIS, C. H. A combined Fuzzy pixel-based and object-based approach for classification of high-resolution multispectral data over urban areas. **Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 10, p. 2354-2363, 2003.
- SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Georreferenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Unicamp, 2003. 236p.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal components analysis in the software Assistat Statistical Assistance**. In: World Congress on Computers in Agriculture, 7, 2009, Reno. Proceedings... St. Joseph: ASABE, 2009. p.1-5.
- STEHMAN, S.V. Comparison of systematic and random sampling for estimating the accuracy of maps generated from remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 58, n. 9, 1343-1350, 1992.
- TREITZ, P.; HOWARTH, P. High spatial resolution remote sensing data for forest ecosystem classification: an examination of spatial scale. **Remote Sensing of Environment**, v. 72, n. 3, p. 268-289, 2000.
- TURNER, M. G; O'NEILL, R. V. GARDNER, R. H.; MILNE, B. T. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. **Landscape Ecology**, v. 3, p. 153-162, 1989.
- WEBQUALIS, **Sistema Integrado CAPES**. Disponível em: <<http://qualis.capes.gov.br/webqualis/principal.seam>>. Acesso em: 04 de março. 2013.
- YU, Q; GONG, P; CLINTON, N; BIGING, G; KELLY, M.; SCHIROKAUER, D. Object-based

detailed vegetation classification with airborne
high spatial resolution remote sensing imagery.

**Photogrammetric Engineering & Remote
Sensing**, v. 72, n. 7, p. 799–811, 2006.