

Análise comparativa entre classificações realizadas a partir de imagens LANDSAT-7 ETM+ e CBERS-2 CCD

Leandro Reverberi Tambosi^{1,2}
Alexandre Toshio Igari^{1,3}
Milton Cezar Ribeiro^{1,4}
Vânia Regina Pivello^{1,5}

¹ Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação
Universidade de São Paulo – USP/IB
Rua do Matão, travessa 14, 321
Cidade Universitária
05508-900 – São Paulo – SP, Brasil
² letambosi@yahoo.com.br
³ igari@uol.com.br
⁴ miltinho_astronauta@yahoo.com.br
⁵ vrpivel@usp.br

Abstract. The CBERS-2 CCD satellite images have been considered an alternative to the LANDSAT images in many applications, mainly due to their higher spatial resolution and free availability to the Brazilian national territory. However, there has been a demand for more studies regarding the suitability of CBERS-2 images instead of LANDSAT images. The present study compared land cover classifications in the Northeast region of the State of São Paulo, Brazil, using LANDSAT-7 ETM+ and CBERS-2 CCD images. The CBERS-2 images showed the same efficiency as the LANDSAT images for mapping land cover in the study area.

Palavras-chave: land cover mapping, CBERS-2, LANDSAT, mapeamento de uso e cobertura das terras.

1. Introdução

O sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm se mostrado como ferramentas importantes nas tomadas de decisão para o gerenciamento dos recursos naturais visando a conservação da biodiversidade, uma vez que possibilitam a análise de diversos atributos do meio ambiente (tanto abióticos quanto biológicos e sociais) no contexto espacial.

Segundo Crósta (1992), as imagens de sensoriamento remoto passaram a representar uma das principais formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam.

Em outubro de 2003, foi lançado o satélite CBERS-2, resultado da parceria entre Brasil e China. Entre seus sensores está a câmera imageadora de alta resolução (CCD), com resolução espacial de 20 metros. Entre as aplicações potenciais desta câmera, podemos citar: identificação de áreas florestais nativas ou cultivadas, monitoramento de formações florestais, identificação de campos agrícolas, identificação e monitoramento de corpos d'água, monitoramento e mapeamento de uso e ocupação do solo (INPE 2006).

Além da maior resolução espacial, quando comparada a satélites da série LANDSAT, outro fator que contribui para a adoção de imagens CBERS-2 em estudos no território brasileiro é o fato de sua disponibilização ser gratuita para o território nacional. Desta maneira, as imagens geradas pelo satélite CBERS-2 seriam uma ótima alternativa às imagens geradas pelos satélites da série LANDSAT, já consagradas pela sua qualidade e adequação para diversos estudos ambientais. Além disso, de acordo com Nakamura (2005) o satélite LANDSAT-5 está no final de sua vida útil e, como relatado por Santos (2005), o satélite LANDSAT-7 já está fora de operação.

Rosemback (2005) e Nakamura (2005) realizaram estudos para verificar a adequação das imagens CBERS-2 em substituição a imagens de satélites da série LANDSAT. Porém, poucos estudos abordaram esta substituição para um mapeamento com um maior número de classes.

Em um primeiro momento as imagens do sensor CCD do CBERS-2 apresentam alguns problemas, como o deslocamento entre as bandas da mesma imagem, também identificado por Barros (2005), sendo necessária uma correção geométrica individual para cada banda. Além disso, a imagem da banda 1 apresenta uma faixa de interferência que corta toda imagem, gerando uma alteração na tonalidade dos níveis de cinza, também relatada por Barros (2005) e Bortoluzzi (2005). Essas imperfeições podem atuar como fontes de erros, comprometendo o resultado de muitos trabalhos que utilizam as informações contidas nessa banda do sensor CCD.

Segundo Stehman e Czaplewski (2003), as aplicações dos estudos ambientais que utilizam técnicas de sensoriamento remoto estão fundamentadas no pressuposto de que os mapas de uso e cobertura do território são suficientemente precisos para justificar seu uso.

Para verificar se é possível adotar imagens CBERS-2 em estudos de mapeamento de uso e cobertura das terras, realizamos uma comparação entre mapas temáticos produzidos através da classificação de imagens dos satélites CBERS-2 e LANDSAT-7 ETM+.

2. Objetivos

O presente estudo teve como objetivo realizar uma comparação entre os resultados de classificações supervisionadas de imagens do satélite Landsat-7 e do satélite CBERS-2 a fim de subsidiar a adoção das imagens CBERS-2 como alternativa ao LANDSAT-7 para o mapeamento de uso e cobertura das terras.

Para isso, definimos os seguintes objetivos específicos:

- comparar a exatidão das classificações das imagens de Landsat-7 e CBERS-2 com as bandas 2, 3 e 4;
- verificar a influência do acréscimo da banda 1 na imagem classificada, uma vez que a imagem desta banda do satélite CBERS-2 apresenta interferências.

3. Área de estudo

O presente trabalho foi realizado na região nordeste do estado de São Paulo, mais precisamente entre as coordenadas 21°25'S, 48°01'W e 21°27'S, 47°27'W (**Figura 1**).

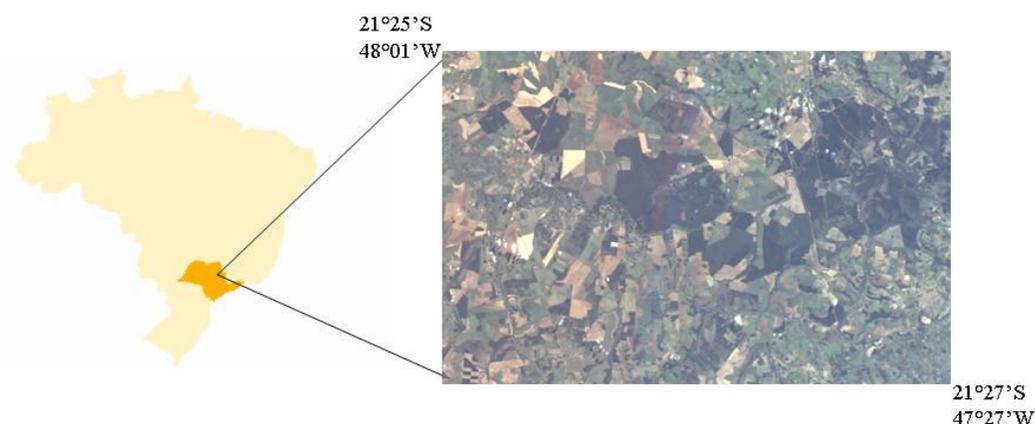


Figura 1: Localização da área de estudo.

De acordo com Shida e Pivello (2002), o relevo da região é suavemente ondulado com altitudes entre 520 e 1000m acima do nível do mar, apresentando em sua maior parte (78,6%), declividade baixa (0-10%). A maior parte da área (78,3%) é ocupada por uso antrópico, sendo 48,6% destinado a atividades agropecuárias e 29,6% destinado a atividades agroflorestais. Os 21,8% restantes são ocupados por campo sujo, vegetação florestal de interflúvio, vegetação ripária e cerrado. Existem três unidades de conservação na região, uma delas, o Parque Estadual de Vassununga, possui aproximadamente 2.000 ha, distribuídos em seis glebas que abrigam formações de cerrado e floresta estacional semidecidual. As outras unidades de conservação da região são a Estação Ecológica do Jataí (4.500 ha) e a Estação Experimental de Luiz Antônio (6.200 ha), abrigando formações de cerrado, floresta estacional semidecidual, vegetação ripária e atividades agroflorestais de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp..

4. Metodologia

Foram utilizadas imagens do satélite Landsat-7 ETM+ (órbita/ ponto 220/ 75) de 08/04/2001 e CBERS-2 CCD (156/ 124), de 21/07/2004.

As imagens foram geometricamente corrigidas com base numa carta IBGE (escala 1:50.000) e, em seguida, filtradas com um filtro passa baixa de tamanho 3x3. Não foram realizadas correções radiométricas para as imagens, pois poderiam gerar diferenças que não estariam relacionadas apenas com a qualidade das imagens originais.

Todo o processamento das imagens foi realizado no programa ERDAS IMAGINE 8.6, em sistema operacional WINDOWS XP.

As classificações foram geradas com o propósito de estabelecer um padrão comum para comparação das imagens CBERS-2 CCD e LANDSAT-7 ETM+ , portanto, não passaram por um processo de refinamento, que poderia inserir um viés na comparação.

Para realizar a comparação entre as imagens dos diferentes satélites, foram utilizadas duas combinações de bandas, uma delas contendo as bandas 2, 3 e 4, que captam informação na faixa do verde, vermelho e infra-vermelho próximo, respectivamente; outra combinação de bandas foi realizada com o acréscimo da banda 1, responsável pela captação de informação na faixa do azul, à combinação anterior.

Foram realizadas classificações supervisionadas por meio do método da máxima verossimilhança, visando a produção de mapas temáticos com as seguintes classes: mata (vegetação natural arbórea), campo (áreas de campo cerrado, campo sujo, campo limpo, pasto e áreas naturais sujeitas a alagamento), corpos d'água, cana-de-açúcar, eucalipto, laranja e solo exposto.

As áreas de treinamento, para a maioria das classes, foram as mesmas para as imagens dos dois satélites. As exceções foram algumas áreas de treinamento para cana-de-açúcar e eucalipto, pois, como as imagens eram de anos diferentes, apresentavam diferentes estágios de crescimento das culturas, variando de solo exposto até culturas maduras. Neste caso, as áreas de treinamento foram criadas de maneira que ficassem equivalentes para as duas imagens. Foi feita uma análise das matrizes de confusão geradas apenas para as áreas de treinamento, de modo a verificar a separabilidade das classes na classificação das imagens dos dois satélites, com as duas composições de bandas.

Após a classificação, os mapas temáticos produzidos foram tratados com um filtro de mediana de tamanho 7x7 a fim de torná-los mais homogêneos, removendo áreas que possuíam poucos pixels.

A validação dos mapas temáticos foi feita com uma amostragem estratificada de 262 pontos próximos às vias de acesso, conferidos com visitas a área de estudo. Foram utilizados os mesmos pontos de controle para a validação de todas as classificações geradas.

Os resultados da validação foram analisados com uma matriz de confusão para obtenção dos valores de erros de omissão e de inclusão para os quatro mapas temáticos gerados.

Para possibilitar a comparação entre as classificações, utilizou-se da técnica de *bootstrap*, que se trata de um processo de reamostragem iterativa das observações registradas, e que permite elevar a acurácia das análises. Para realizar o *bootstrap*, foi implementada uma rotina no pacote estatístico R. Foram simuladas 1.000 iterações, com tamanho de N=100 aferições de campo. Estas aferições foram confrontadas com as quatro classificações estudadas. Para cada combinação “aferição de campo/classificação”, foram geradas matrizes de confusão independentes em cada *bootstrap*, sendo estimados seus coeficientes Kappa, segundo Hudson e Ramm (1987).

Com base nos resultados das 1.000 iterações para cada combinação “aferição de campo/classificação”, procedeu-se com análise dos valores de Kappa. Essas análises foram realizadas por meio de gráficos sumários do tipo *boxplots*.

5. Resultados e Discussão

A análise das matrizes de confusão para as áreas de treinamento apresentou, para as imagens dos dois satélites, com as duas combinações de bandas, uma separabilidade superior a 97%, com pouca variação entre as imagens. Este resultado indica que a adição da banda 1 não compromete a separação das classes para as imagens dos dois satélites.

A exatidão total do mapa temático produzido a partir da classificação da imagem do satélite LANDSAT-7 com as bandas 2, 3 e 4 (**Figura 2**) foi de 59,5 %, enquanto a exatidão da

classificação da imagem do satélite CBERS-2 com as mesmas bandas (**Figura 2**) foi de 61,4%.

Com a adição da banda 1, a exatidão total do mapa temático produzido a partir da classificação da imagem do satélite LANDSAT-7 (**Figura 2**) passou para 59,9 % enquanto a exatidão da classificação da imagem do satélite CBERS-2 com as mesmas bandas (**Figura 2**) passou para 62,2 %.

Para os mapas temáticos produzidos a partir da imagem LANDSAT-7, a classe “campo” foi a que apresentou mais erros de omissão, principalmente por ter sido classificada como área de cana-de-açúcar. Isto provavelmente ocorreu pela presença de áreas de cana-de-açúcar em estágios iniciais de crescimento, presentes nas áreas de treinamento para a classe cana-de-açúcar. A classe “solo” apresentou maiores erros de inclusão para a classificação da imagem LANDSAT-7 com 3 bandas, principalmente por áreas de campo terem sido atribuídas a esta classe. Para a combinação com 4 bandas, a classe “campo” apresentou maiores erros de inclusão pelo erro na classificação de áreas de cana-de-açúcar e laranja identificadas como campo.

Os mapas temáticos gerados a partir da imagem CBERS-2 apresentaram maiores erros de omissão na classe “laranja”, por terem sido classificadas como áreas de campo e eucaliptos. Os erros de inclusão foram maiores para a classe “eucalipto”, pois foram atribuídas áreas de cobertura arbórea nativa a esta classe.

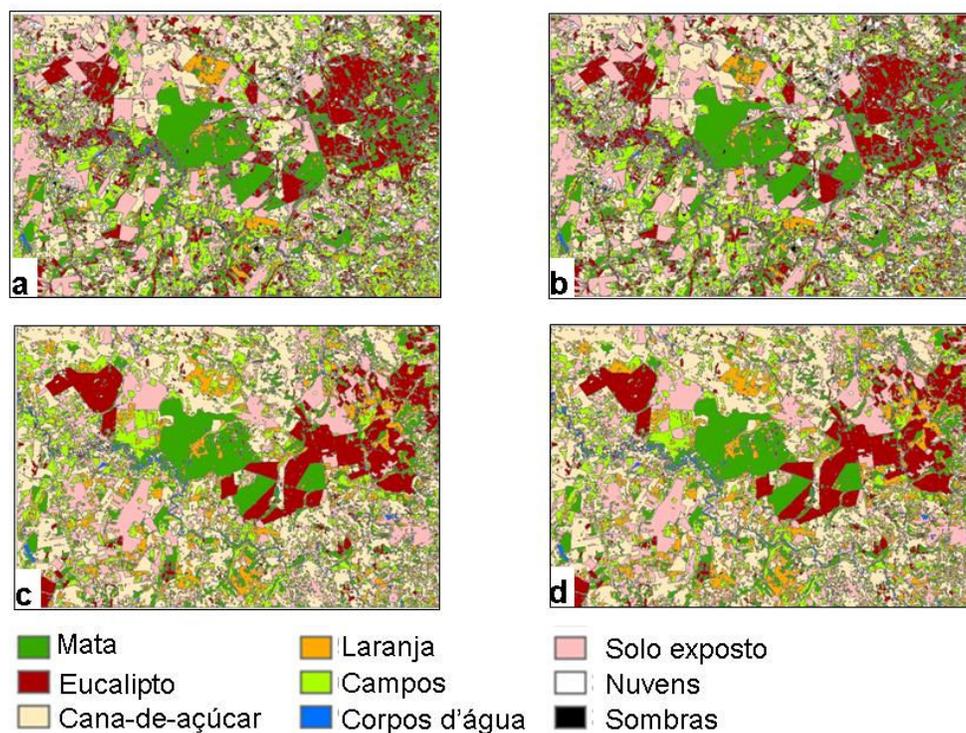


Figura 2: Resultados das classificações geradas a partir das imagens CBERS-2 com 3 bandas (a) e 4 bandas (b) e LANDSAT com 3 bandas (c) e 4 bandas (d).

A análise dos resultados obtidos com a técnica *bootstrap* (**Figura 3**) mostraram que o mapa temático gerado a partir da imagem CBERS-2, com quatro bandas, apresentou um coeficiente Kappa médio ligeiramente maior (0,5288), seguido pelo mapa gerado a partir da combinação de 3 bandas da imagem CBERS-2 (0,5178). A combinação de quatro bandas da

imagem LANDSAT-7 apresentou coeficiente Kappa médio de 0,4986, ligeiramente maior que a combinação de três bandas do mesmo sensor (0,4902). Os valores médios do coeficiente Kappa, obtidos para todos os mapas temáticos gerados, indicam que os mapas podem ser considerados bons, segundo Korman (2003).

Apesar da ligeira vantagem no valor do coeficiente Kappa das classificações das imagens CBERS-2, não podemos dizer que a diferença foi significativa. Os resultados obtidos mostram que as imagens CBERS-2 podem ser adotadas para o mapeamento da área de estudo, sem prejuízo em relação às imagens LANDSAT-7. Os trabalhos de Nakamura (2005) e Santos (2005), apesar de apresentarem objetivos e metodologias diferentes, também concluíram que as imagens CBERS-2 apresentam desempenho semelhante ao das imagens LANDSAT.

Foi possível observar que, apesar das faixas de interferência presentes na banda 1 do satélite CBERS-2, a classificação não foi prejudicada, tanto em comparação com a outra combinação de bandas do mesmo sensor, quanto em comparação ao LANDSAT-7.

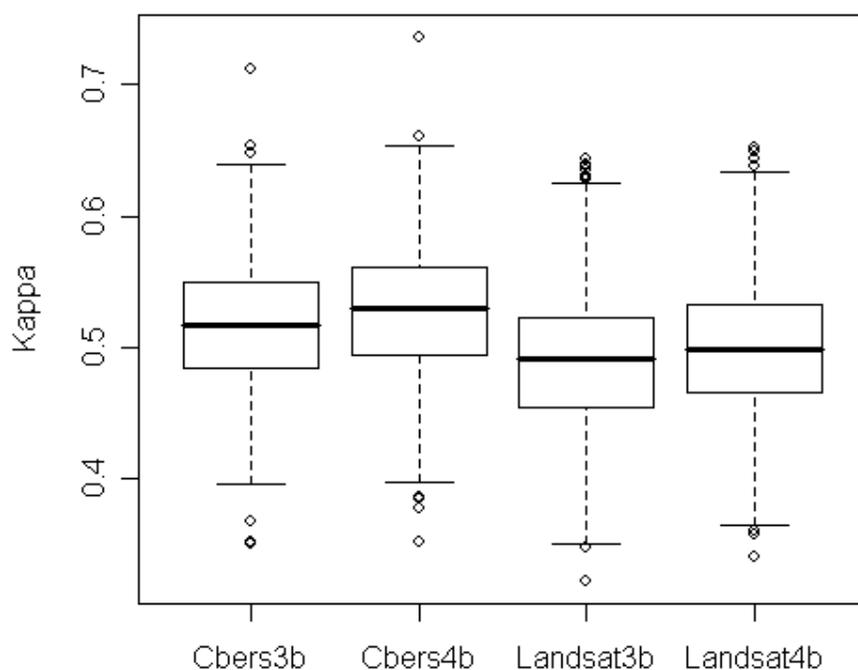


Figura 3: *Boxplot* com os resultados dos coeficientes Kappa, obtidos com a técnica de *bootstrap*, para as classificações das imagens CBERS-2 e LANDSAT-7 com 3 bandas (Cbers3b e Landsat3b) e 4 bandas (Cbers4b e Landsat4b).

O nível de exatidão das classificações pode ser incrementado com um processo de refinamento e reclassificação das imagens, que não foi realizado para evitar uma manipulação que poderia inserir um viés aos resultados.

Em alguns casos, o aparente embaçamento das imagens CBERS-2, identificado por Barros (2005) e Souza (2005), pode prejudicar alguns trabalhos de mapeamento. Nestes casos sugerimos adotar método proposto por Souza (2005) para correção deste problema.

6. Conclusão

As classificações geradas a partir das imagens CBERS-2 CCD e LANDSAT-7 ETM+ mostraram resultados semelhantes, sugerindo que as imagens CBERS-2 podem ser adotadas

como alternativa ao uso das imagens LANDSAT, quando o objetivo for o mapeamento de uso e cobertura das terras em áreas semelhantes a área de estudo.

Nas mesmas condições experimentais, as classificações podem ser geradas sem o uso da banda 1 dos dois satélites, sem prejuízo relevante aos níveis de exatidão total.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP, ao CNPQ e à Neotropical Grassland Conservancy pelo apoio financeiro, ao professor Dr. Ailton Luchiari pelos comentários e sugestões para o presente trabalho, à Daniela Castro, Giordano Ciocheti, Mariana Vidal e Talita Zuppo pelo auxílio durante o trabalho.

8. Referências Bibliográficas

Barros, R. S.; Cruz, C. B. M.; Costa Júnior, N. A.; Mendel, G. C.; Gonçalves, U. S.; Cunha, T. D. Geração de mosaico e blocos diagramas através do uso de imagens CBERS e DEM SRTM – estudo de caso na Baía de Guanabara, RJ. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12. 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos. p. 819-826. Disponível em < <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2005/02.12.16.31/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 20 out. 2006.

Bortoluzzi, A. L.; Mantovani, J. E. Utilização de imagem CCD CBERS-2 para o mapeamento de habitats potenciais para o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) no nordeste do Estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12. 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos. p. 2887-2892. Disponível em < <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2005/02.12.16.31/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 20 out. 2006.

Crósta, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. IG/UNICAMP, 1992.

Hudson, W.D.; Ramm, C.W. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.53 n.4 p.421-422, 1987

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <www.inpe.br>. Acesso em 10 nov. 2006.

Korman, V. **Proposta de interligação das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP)**. 2003. 135p Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2003.

Nakamura, J. C. S.; Novo, E. M. L. M. Mapeamento da mancha urbana utilizando imagens de média resolução: sensores CCD/CBERS2 e TM/Landsat5 – estudo de caso da cidade de Rio Branco – Acre. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12. 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos. p. 3843-3850. Disponível em <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2005/02.12.16.31/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 20 out. 2006.

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: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12. 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos. p. 1075-1082. Disponível em < <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2005/02.12.16.31/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 20 out. 2006.

Santos, J. R.; Maldonado, F. D.; Graça, P. M. L. A. Integração de imagens LANDSAT/ETM+ e CBERS2/CCD para detecção de mudanças em área da Amazônia sob domínio da floresta de transição. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12. 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos. p. 1655-1662. Disponível em < <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2005/02.12.16.31/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 20 out. 2006.

Shida, C. N.; Pivello, V. R. Caracterização fisiográfica de uso das terras da região de Luiz Antônio e Santa Rita do Passa Quatro, SP, com o uso de sensoriamento remoto e SIG. **INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS, BOLETIM DEL INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM**. v.49, p. 27-42, 2002.

Souza, P. E. U. Restauração de imagens CCD/CBERS-2 pelo método Richardson-Lucy modificado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12. 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos. p. 1107-1114. Disponível em < <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2005/02.12.16.31/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 20 out. 2006.

Stehman, S.V. & Czaplewski, R.L. Introduction to special issue on map accuracy. **ENVIRONMENTAL AND ECOLOGICAL STATISTICS** v.10(3), 301-308, 2003.