

Utilização de dados do sensor CCD/CBERS-2 na discriminação de classes de vegetação da região dos Campos Gerais - PR

Tatiana Montes Celinski¹
Célia Regina Lopes Zimback²

¹ Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG
Caixa Postal 933 - 84030-900 – Ponta Grossa - PR, Brasil
tmontesc@uepg.br

² Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP
Caixa Postal 237 - 18610-307 - Botucatu - SP, Brasil
rzimback@fca.unesp.br

Abstract. This work aims at the discrimination of classes of vegetation in images of remote sensing of the CBERS-2 satellite, by means of the Maximum Likelihood Classifier (MAXVER). The study includes the evaluation of combinations of attributes of the image to a better discrimination between classes and the verification of the accuracy. The study area is situated in the region of the “Campos Gerais”, in the Paraná State, which presents diversities concerning the different kinds of vegetations: summer and winter cultures, reforestation areas, natural woods and pastures. It was used a set of sixteen (16) attributes departure from images, composed by bands of the CCD sensor (1, 2, 3, 4), vegetation indices (CTVI, DVI, GEMI, NDVI, SR, SAVI, TVI), mixture components (soil, shadow, vegetation) and the two first principal components. The accuracy of the classifications was evaluated by means of the classification error matrix and the *kappa* coefficient. The collect of the samples of ground truth was performed using a GPS navigation device to the georeference process to be used in the training stage of the classifiers and in the verification of the accuracy, as well. The processing of the images and the generation of the thematic maps were made by means of the SPRING Geographic Information System, being the routines developed in the LEGAL programming language. The utilization of CBERS-2 remotely sensed data with the SPRING system provided a simple and low cost methodology to the discrimination of vegetation.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, image classification, sensoriamento remoto, processamento de imagens, classificação de imagens.

1. Introdução

O sensoriamento remoto juntamente com os sistemas de informações geográficas (SIG's) constituem-se em ferramentas essenciais para o monitoramento da vegetação, a tomada de decisões, a gestão ambiental e também como subsídio para a definição de políticas públicas. Na agricultura são muitas as aplicações, dentre as quais se destacam a identificação e o mapeamento de culturas. A identificação de um determinado tipo de cultura é fundamental para quantificação da biomassa, determinação da área plantada, previsão de safras, dentre outras aplicações.

Em aplicações voltadas à identificação e ao mapeamento de culturas, na etapa de classificação busca-se rotular cada *pixel* ou elemento da imagem segundo a ocupação do solo, obtendo-se um mapa de classes temáticas. A categorização é feita por meio de algoritmos de reconhecimento de padrões que utilizam os valores espectrais assim como outros parâmetros obtidos a partir da assinatura espectral. A classificação, portanto, requer o uso de algoritmos complexos e de técnicas de seleção e extração de características.

O desenvolvimento da área de reconhecimento de padrões, intensificado nas últimas décadas, juntamente com a disponibilidade de grande quantidade de informação, incluindo dados de sensoriamento remoto, tem permitido o uso de algoritmos de diferentes abordagens para a classificação. Os algoritmos estatísticos, em especial o algoritmo MAXVER (máxima verossimilhança), têm sido bastante usados no mapeamento do uso da terra, com resultados satisfatórios quando se considera um conjunto de classes abrangente. Entretanto,

considerando-se áreas de variada e intensa atividade agrícola, há a necessidade de uma distinção entre subclasses correspondendo a diferentes culturas.

Diante dessas considerações, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a exatidão da classificação de imagens de sensoriamento remoto do satélite CBERS-2 utilizando o classificador MAXVER, para fins de discriminação da vegetação da região dos Campos Gerais, no Estado do Paraná. O trabalho também avaliou a utilização de um amplo conjunto de atributos de imagem a fim de prover informação para separar classes de uma região constituída de paisagem heterogênea devido à diversidade de culturas e reflorestamento.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A área de estudo fica localizada no Estado do Paraná, na região conhecida por Campos Gerais, conforme apresentado na Figura 1. O trabalho concentrou-se em alguns dos municípios, dentre àqueles que compõem a região dos Campos Gerais, a saber: Ponta Grossa, Carambeí, Castro, Imbaú, Ortigueira, Palmeira, Telêmaco Borba, Tibagi e Ventania.

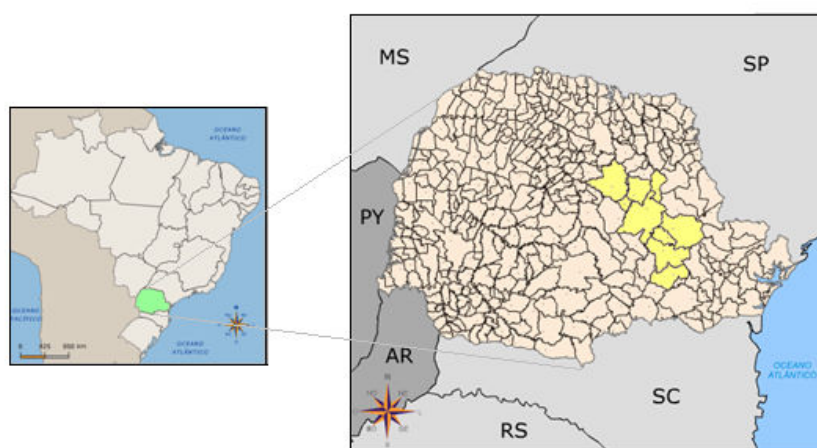


Figura 1. Localização da área de estudo

A região dos Campos Gerais recebeu originalmente este nome devido a sua caracterização fitogeográfica natural, com campos limpos e matas galerias ou capões isolados de floresta ombrófila mista, onde aparece o pinheiro araucária. O clima é do tipo subtropical úmido, com verão brando e, no inverno, geadas. As altitudes variam de 800m a 1200m, aproximadamente.

Quanto à geomorfologia, a região caracteriza-se por estar situada no segundo planalto paranaense, denominado Planalto de Ponta Grossa ou Planalto dos Campos Gerais. Este planalto está naturalmente limitado pela escarpa Devoniana, a leste, e pela escarpa da Esperança (Serra Geral), a oeste. A estrutura geológica e natureza das rochas são responsáveis pelos solos rasos e arenosos, pouco férteis.

É uma região de agricultura intensa, na qual se utiliza o sistema de plantio direto. Prevalece o plantio da soja e do milho no verão, e, em escala menor, do sorgo e do feijão. No inverno, predomina a cultura do trigo, e, em menor escala, culturas como triticale, centeio, cevada, girassol, canola, nabo forrageiro, aveia preta e aveia branca. Há também, na região, a ocorrência de pastagens utilizadas na criação de gado. A região possui, ainda, grandes áreas de reflorestamento de pinus e de eucalipto, principalmente no município de Telêmaco Borba e entorno.

2.2 Materiais

Foram utilizadas as cenas 157/128 e 158/127 do sensor CCD/CBERS-2, bandas 1, 2, 3 e 4, referentes às datas de passagem 07/03/2007 e 02/09/2007, respectivamente. No processamento dos dados, em todas as etapas foi utilizado o sistema de informações geográficas SPRING (CÂMARA et al., 1996), versão 4.3.2. Na coleta de amostras de verdade terrestre para serem utilizadas no treinamento do classificador, foi utilizado um aparelho GPS de navegação.

2.3 Métodos

As imagens da região de estudo foram selecionadas por meio do catálogo disponível no sítio do INPE (2007) na internet, com correção geométrica de sistema, com datas de passagem em acordo com as épocas de cultura de inverno e de verão. Uma vez obtidas as imagens, estas foram convertidas para o formato GRIB pelo módulo IMPIMA do SPRING (CÂMARA et al., 1996).

As duas cenas foram recortadas com o objetivo de delimitar áreas de grande atividade agrícola e subsequente variedade de cobertura vegetal. A primeira, de 07/03/2007, tendo como referência o Município de Ponta Grossa, ficou delimitada pelas coordenadas UTM 570000 e 620000m E, 7180000 e 7282000m S, Datum SAD-69. A segunda, de 02/09/2007, tendo como referência o Município de Telêmaco Borba, ficou delimitada pelas coordenadas UTM 506000 e 598000m E, 7280000 e 7348000m S, Datum SAD-69.

Para eliminar o erro de posicionamento das imagens com correção de sistema e refinar o erro interno, as imagens passaram pelo processo de registro. No procedimento de registro adotado neste trabalho, utilizou-se uma imagem georreferenciada e ortorretificada para servir de referência, a qual foi obtida por meio do sítio da internet <http://www.landsat.org>.

No processo de registro, pontos de controle da imagem de referência foram adquiridos e relacionados a pontos homólogos reconhecidos na imagem a ser registrada. Os pontos de controle adquiridos foram selecionados com base no erro calculado e apresentado, considerando-se o grau do polinômio usado no registro. A escolha do grau do polinômio e do número de pontos de controle, em função do erro apresentado, obedeceu às recomendações para o usuário do software SPRING.

Nesta etapa, as imagens correspondentes às duas cenas em estudo foram processadas a fim de realizar a correção radiométrica e também de gerar o conjunto de atributos a ser utilizado na etapa de classificação.

A etapa de correção radiométrica incluiu os procedimentos de conversão dos números digitais (DN) para valores de reflectância aparente, e de correção atmosférica. Estes procedimentos foram realizados por meio de programas escritos na linguagem de programação LEGAL (Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico) do SPRING.

A conversão para valores de reflectância aparente foi realizada de acordo com o método proposto por Markham e Barker (1986), usando os coeficientes de calibração absoluta da câmara CCD/CBERS-2 apresentados por Ponzoni et al. (2006). Esta conversão foi aplicada a cada uma das quatro bandas utilizadas.

Após a conversão para valores físicos, foi realizada a correção atmosférica pelo método de correção atmosférica pelo *pixel* escuro (CHAVES, 1988). Os valores subtraídos de cada banda foram obtidos observando-se os respectivos histogramas, no SPRING. Esta conversão foi realizada por meio de um programa escrito em LEGAL.

A partir das bandas corrigidas, foram também obtidos os seguintes atributos: índices de vegetação CTVI, DVI, GEMI, NDVI, SR, SAVI e TVI; imagens fração solo, vegetação e sombra/água a partir das bandas 2, 3 e 4; e componentes primeira e segunda da transformação por componentes principais, a partir das bandas 2, 3 e 4. Os índices de vegetação CTVI, GEMI, SAVI e TVI foram obtidos por programas desenvolvidos na linguagem de programação LEGAL/SPRING. Os demais atributos foram obtidos diretamente no SPRING.

Foram realizadas saídas de campo a fim de identificar as diferentes culturas existentes bem como sua distribuição nas áreas de estudo. A coleta foi realizada utilizando-se um aparelho GPS de navegação para individualizar as amostras, buscando-se atingir a diversidade de culturas presente nas regiões de estudo.

As informações coletadas serviram de base para a definição das classes de cobertura vegetal bem como para a definição do conjunto de amostras de treinamento para a classificação. Os dados foram coletados em datas próximas às datas de passagem do satélite para as imagens selecionadas, a fim de garantir confiabilidade às amostras.

As classes de mapeamento e cobertura foram determinadas com base nas características da vegetação e das culturas presentes na região de estudo. Para o período de verão, foram estabelecidas as classes: corpos d'água, solo exposto, eucalipto, pinus, mata natural, sorgo-milho, pasto, soja, feijão e área urbana. Para o período de inverno, foram consideradas as classes: corpos d'água, solo exposto, eucalipto, pinus, araucária, mata natural, trigo, aveia, pasto e área urbana.

Antes da classificação propriamente dita, o treinamento supervisionado foi realizado no SPRING, com base na amostragem realizada em campo e nas classes de cobertura estabelecidas. Para a etapa de classificação foi considerado o conjunto característico com as bandas corrigidas 1, 2, 3 e 4.

A classificação foi realizada pelo método MAXVER, no SPRING, a partir das amostras de treinamento selecionadas. Após a classificação, foi elaborado o mapa temático relativo a cada cena ou região.

A avaliação estatística dos resultados de classificação obtidos pelos classificadores foi feita com base na matriz de erros de classificação, ou matriz de confusão, obtida de cada classificação. A análise estendeu-se também à exatidão total, às exatidões individuais de cada classe e ao coeficiente *kappa*, obtidos a partir dos valores da matriz de confusão.

3. Resultados e Discussão

A partir do conjunto de treinamento obtido para cada cena, foi realizada a classificação pelo classificador MAXVER para diversas combinações de atributos, a partir do conjunto de dezesseis atributos (bandas corrigidas; índices de vegetação CTVI, DVI, GEMI, NDVI, SAVI e TVI; imagens fração solo, vegetação e sombra/água; componentes primeira e segunda da transformação por componentes principais). Entretanto, os melhores resultados em termos de exatidão total e individuais das classes foram obtidos para a classificação realizada a partir das quatro bandas corrigidas, os quais são apresentados a seguir.

Em relação à cena 157/128, a matriz de erros de classificação correspondente é apresentada na Tabela 1. Embora a exatidão total tenha apresentado um valor excelente (84,86%), as exatidões das classes relativas às culturas – eucalipto, sorgo/milho, feijão e soja – e também à classe pasto, foram inferiores. Este fato pode ser observado por meio do erro de omissão das classes. Observou-se claramente confusão entre as classes mata e eucalipto, mata e pinus, pasto e sorgo/milho, soja e pasto, além de feijão, soja e pasto, expressa por meio do erro de inclusão, que também é um indicador da qualidade da classificação. Com relação às classes eucalipto, mata, pasto, pinus e sorgo/milho, verificaram-se erros de inclusão superiores a 10%.

Tabela 1. Matriz de erros de classificação (MAXVER, cena 157/128)

Classificação	Dados de referência										Total	Erro de inclusão
	AG	EU	SM	PI	MA	SO	PA	AU	SJ	FE		
Água (AG)	278	0	0	0	0	0	0	0	0	0	278	0,00%
Eucalipto (EU)	0	12	0	2	0	0	0	0	0	0	14	14,29%

Sorgo/milho (SM)	0	0	8	0	0	0	12	0	0	4	24	66,67%
Pinus (PI)	0	0	0	108	24	0	0	0	0	0	132	18,18%
Mata (MA)	0	28	1	2	250	0	0	0	0	0	281	11,03%
Solo (SO)	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	42	0,00%
Pasto (PA)	0	0	43	0	0	0	22	0	21	4	90	75,56%
Área urbana (AU)	0	0	0	0	0	0	0	26	0	1	27	3,70%
Soja (SJ)	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	43	0,00%
Feijão (FE)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0,00%
Total	278	40	52	112	274	42	34	26	64	16	938	
Erro de omissão	0,00%	70,00%	84,62%	3,57%	8,76%	0,00%	35,29%	0,00%	32,81%	56,25%		
Exatidão total = 84,86% <i>Kappa</i> = 80,99%												

A Figura 2 exibe o mapa temático correspondente à classificação MAXVER realizada a partir das quatro bandas corrigidas. A análise visual do mapa temático, com base no trabalho de campo realizado, confirma a presença de áreas de reflorestamento de pinus em diversos pontos e também a mata natural da região de Itaiacoca, distrito do Município de Ponta Grossa, que se destaca à direita. Da mesma forma, visualiza-se a confusão entre diversas classes, especialmente envolvendo as classes sorgo/milho e pasto.

As classes eucalipto, sorgo/milho e feijão apresentaram um número de amostras de referência menor em relação às outras classes porque ocorreram em menor quantidade na cena 157/128. Este fato pode explicar a confusão e os erros relativos a essas classes.

À época da aquisição da cena 157/128, o pasto apresentava-se heterogêneo, por tratar-se de final da estação de verão, fato que foi observado durante as visitas a campo. Na matriz de erros de classificação correspondente, a classe pasto apresentou erro de inclusão igual a 75,56% e confusão com a classe sorgo/milho.

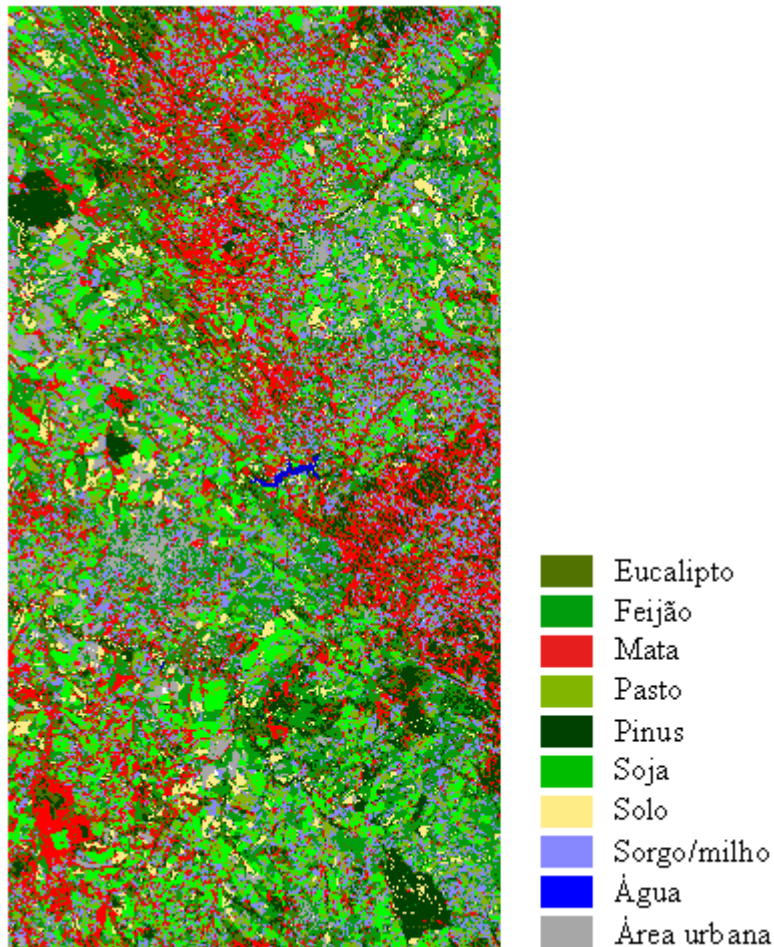


Figura 2. Mapa temático relativo à cena 157/128

O mesmo procedimento metodológico foi aplicado à cena 158/127, de 02/09/2007, consideradas as quatro bandas corrigidas. A matriz de erros de classificação respectiva é apresentada na Tabela 2. Embora o valor da exatidão total obtido seja de 77,90%, as classes aveia, araucária e área urbana apresentaram exatidões individuais inferiores. Ficaram evidentes as confusões entre as classes araucária e pinus, eucalipto e pinus, assim como aveia e trigo. Os erros de omissão das classes aveia, trigo, eucalipto, pinus, araucária e área urbana ficaram acima de 10%, sendo os mais elevados relativos às classes aveia e araucária. As classes pinus e araucária apresentaram erros de inclusão maiores, indicando uma menor probabilidade de um *pixel* pertencer a estas classes, de fato.

Tabela 2. Matriz de erros de classificação (MAXVER, cena 158/127)

Classificação	Dados de referência										Total	Erro de inclusão
	AV	TR	EU	PI	AR	MA	SO	PA	AU	AG		
Aveia (AV)	16	1	2	0	0	3	0	0	0	0	22	27,27%
Trigo (TR)	21	73	7	0	0	0	0	0	0	0	101	27,72%
Eucalipto (EU)	0	8	53	6	0	2	0	0	0	0	69	23,19%
Pinus (PI)	0	0	8	34	18	1	0	0	0	0	61	44,26%
Araucária (AR)	0	0	0	9	11	0	0	0	0	0	20	45,00%
Mata (MA)	0	0	6	1	0	88	0	1	0	0	96	8,33%
Solo (SO)	0	0	0	0	0	0	64	3	11	0	78	17,95%

Pasto (PA)	6	0	0	0	0	0	0	42	0	0	48	12,50%
Área urbana (AU)	0	0	0	0	0	0	4	0	13	0	17	23,53%
Água (AG)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	22	0,00%
Total	43	82	76	50	29	94	68	46	24	22	534	
Erro de omissão	62,79%	10,98%	30,26%	32,00%	62,07%	6,38%	5,88%	8,70%	45,83%	0,00%		
Exatidão total = 77,90%		<i>Kappa</i> =74,76%										

O mapa temático resultante da classificação MAXVER aplicada à cena 158/127 é exibido na Figura 3. Da análise visual do mapa temático correspondente à classificação MAXVER para esta cena, é possível perceber a área de reflorestamento no entorno do Município de Telêmaco Borba. Entretanto, nesta área, a espécie predominante é o pinus, seguido do eucalipto e em menor escala a araucária, o que não ocorre no mapa resultante. De fato, a matriz de erros de classificação expressa confusão entre essas classes.

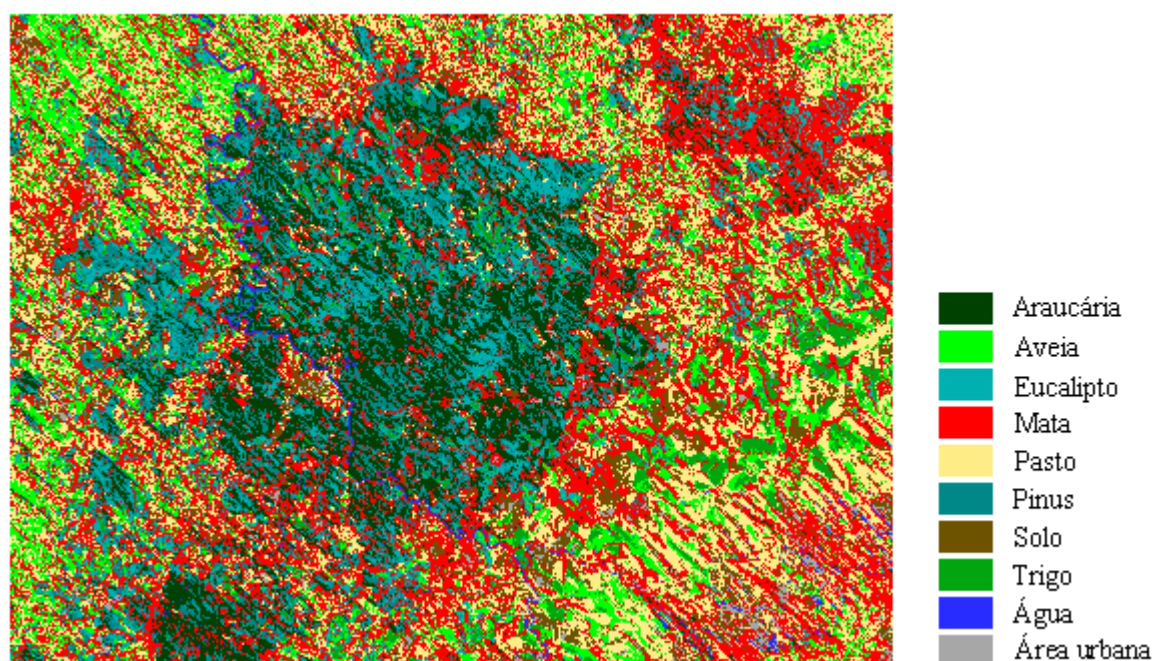


Figura 3. Mapa temático relativo à cena 158/127

Comparados aos resultados obtidos por Fonseca et al. (2001) com os classificadores MAXVER e ISOSEG, que buscaram a categorização nas classes milho, sorgo, cana-de-açúcar, pasto, sem vegetação, água e floresta, as exatidões total e individual das classes foram superiores. Os autores utilizaram como atributos as bandas 3, 4 e 5 do sensor TM/Landsat 5 e não aplicaram a correção radiométrica aos dados.

4. Conclusões

O estudo demonstrou a possibilidade de uso do sensor CCD/CBERS-2 para a obtenção do mapeamento da cobertura vegetal da região dos Campos Gerais, no Estado do Paraná. Entretanto, a discriminação entre algumas culturas presentes na região não foi satisfatória. A metodologia utilizada, por utilizar dados de sensoriamento remoto e software de acesso livre, provê uma forma simples e de baixo custo para utilização.

Os resultados sugerem a necessidade de estudos com relação a outros métodos de classificação que possam melhorar as exatidões relativas às classes de culturas vegetais, assim como utilizar melhor o conjunto característico gerado a partir das bandas.

Referências Bibliográficas

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, may./jun. 1996.

CHAVEZ, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, n. 3, p. 459-479, 1988.

FONSECA, E. L. da; OLIVEIRA, J. C. de; RIZZI, R. Avaliação da identificação de áreas agrícolas para fins de previsão de safras utilizando procedimentos de classificação digital de imagens do sensor TM/Landsat 5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. Anais eletrônicos... São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2007/biblioteca/>>. Acesso em: 16 nov. 2006.

INPE, Web: <http://www.cbbers.inpe.br/?content=index>. Acesso: 15 dez. 2007.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures. **EOSAT Landsat Technical Notes**, n. 1, p. 3-8, aug. 1986.

PONZONI, F. J.; ZULLO JUNIOR, J.; LAMPARELLI, R. A. C. Transformações radiométricas dos dados dos sensores do satélite CBERS-2. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1., 2006, Campo Grande. Anais eletrônicos... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.08.13.51.31>>. Acesso em: 27 ago. 2007.