

## **Avaliação do potencial do sensor WFI/CBERS-3 para a classificação da cobertura do solo em áreas agrícolas**

Eduardo Eiji Maeda<sup>1</sup>  
Gustavo Felipe Balué Arcoverde<sup>1</sup>  
Antonio Roberto Formaggio<sup>1</sup>  
Gabriel Pereira<sup>1</sup>  
Luís Gonçalves Longo de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{eduardo, gustavo, formag, gabriel, luis}@dsr.inpe.br

**Abstract:** The assessment of the potentiality of orbital sensors in order to map land use are very common and necessary for public policies planning as well as private and public institutions projects. The demands for monitoring agriculture activities especially in countries with large extensions like Brazil require sensors with high temporal resolution and the best possible spatial resolution. These characteristics can be found in the Wide Field Imager Camera (WFI) which will be launched with the CBERS-3 satellite in 2008. Therefore this work had as objective to simulate an image of this camera in a region of intensive agriculture, in the city of Ipuã, SP, in the period of January 05, 2002. This simulation was made by the methodology proposed by Banon (1990) and the near neighborhood technique using an ETM+/Landsat-7 image. The evaluation was made by classifying the simulated image and the ETM+ image, and comparing both images between it and a map containing the true characteristics of the study set. The classification algorithms Maxver and Bhattacharya were used, obtaining similar results in the classification of large areas, and different results in smaller and scattered areas.

**Palavras-chave:** CBERS, digital image processing, agriculture, processamento de imagens digitais, agricultura.

### **1. Introdução**

Apesar do grande potencial apresentado pelas imagens de sensoriamento remoto no monitoramento de áreas agrícolas, seu uso operacional muitas vezes é restrito devido à baixa disponibilidade de imagens livres de nuvens.

Esta restrição é agravada quando são utilizadas imagens de resolução espacial moderada, como por exemplo, imagens TM/LANDSAT ou CCD/CBERS. Este agravamento é devido ao fato das resoluções espaciais destes satélites serem acompanhadas muitas vezes de baixas resoluções temporais, sendo o período de revisita de 16 dias para o sensor TM, e de 26 dias para o CCD.

Dadas estas resoluções temporais, e as épocas do ano em que muitas culturas devem ser imageadas, a probabilidade de encontrarmos imagens com nuvens é muito alta, podendo encobrir o leitura dos parâmetros biofísicos das culturas, que se alteram rapidamente ao longo de uma temporada (Doraiswamy et al. 2005), inviabilizando muitas vezes a utilização de tais imagens.

Uma das alternativas para se contornar este problema é a utilização de imagens de baixa resolução espacial, que possuem uma melhor resolução temporal. Imagens do sensor MODIS, a bordo dos satélites Terra e Aqua, oferecem uma ótima alternativa para recobrimentos diários, com uma resolução espacial de 250m, que é adequada para o monitoramento de áreas com tamanhos maiores que 25 ha (Doraiswamy *et al.*, 2004).

Desta forma, estudos analíticos vêm sendo realizados entre imagens de diferentes sensores, no esforço de encontrar potencialidades e desvantagens no estudo do uso da terra. Inclusive estudos da concepção de novos satélites têm relevância para o planejamento no

monitoramento de recursos naturais e estimativas agrícolas, por exemplo, fornecendo arcabouço quantitativo temporal e espacial nas políticas públicas.

O lançamento do satélite CBERS-3, previsto para 2008, irá prover aos usuários de imagens de satélite interessantes alternativas em termos de novos sensores.

Um dos sensores que estará a bordo do CBERS-3 é a Câmera Imageadora de Amplo Campo de Visada (WFI), que terá suas resoluções espaciais e espectrais melhoradas em relação aos sensores WFI a bordo dos satélites CBERS-1 e CBERS-2, porém, mantendo sua ótima resolução temporal de 5 dias. A **Tabela 1** apresenta uma comparação entre as características gerais do sensor WFI/CBERS-3 e o ETM+/Landsat-7.

**Tabela 1** - Características gerais do sensor WFI/CBERS-3.

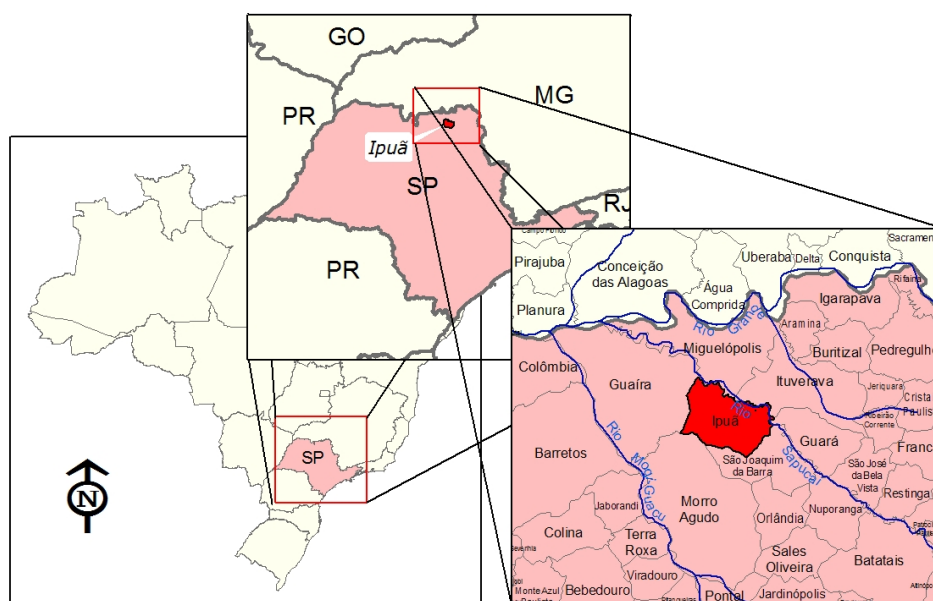
Fonte: King e Greenstone (1999, p.113), Selingard, M.L et. al (2003).

	WFI/CBERS-3	ETM+/Landsat-7
Bandas espectrais	0,45 – 0,52 $\mu\text{m}$	0,45 – 0,52 $\mu\text{m}$
	0,52 – 0,59 $\mu\text{m}$	0,52 – 0,60 $\mu\text{m}$
	0,63 – 0,69 $\mu\text{m}$	0,63 – 0,69 $\mu\text{m}$
	0,77 – 0,89 $\mu\text{m}$	0,76 – 0,90 $\mu\text{m}$
Largura da faixa imageada	866 km	185 km
Resolução espacial	73 m	30 m

Este trabalho teve como objetivo simular uma imagem WFI/CBERS-3, a fim de analisar o seu potencial para classificação do uso do solo em áreas agrícolas.

## 2. Área de Estudo

A área de estudo do trabalho foi o Município de Ipuã, (**Figura 1**) com aproximadamente 46.814 ha, localizado ao norte do estado de São Paulo. Esta região possui solos de boa aptidão agrícola, com franca sazonalidade pluviométrica, classificação climática de Köpen AW.



**Figura 1** - Localização do Município de Ipuã

Possui predominância agrícola, com destaque para as culturas de milho, cana-de-açúcar e soja, fato que contribui para uma avaliação de área para diferentes tipos de usos da terra no contexto agrícola. A estrutura fundiária agrícola pode ser considerada de médio porte. Segundo o IBGE, na safra de 2004, este município produziu para as culturas de milho, soja e cana-de-açúcar, respectivamente, 13.470, 39.000 e 2.447.500 toneladas.

Trabalhos anteriores nesta área, como de Formaggio et al. (2005) e Soares (2006), viabilizaram a escolha do local e a obtenção de dados para esta avaliação.

### 3. Material e Métodos

A estimativa da função de espalhamento pontual (FEP) é de modo geral a forma mais comum para se avaliar o desempenho de um sistema imageador (Bensebaa, 2005).

A simulação da imagem do sensor WFI/CBERS-3 foi feita a partir da degradação da imagem de um sensor já em operação. Para isto foi utilizada uma imagem do sensor ETM+/Landsat 7, de órbita ponto 220/74 e data de 05 de janeiro de 2002.

A degradação da imagem ETM+ foi realizada em duas etapas: aplicação de filtros digitais com função de espalhamento pontual (FEP) finita, segundo a metodologia proposta por Banon (1990), e reamostragem da imagem filtrada, pela técnica do vizinho mais próximo, para chegar à escala geométrica original teórica do sensor WFI/CBERS-3.

Para o cálculo dos filtros digitais foi necessário ter as características de resolução de ambos os sensores, dados na **Tabela 2**.

**Tabela 2** - Especificações geométricas dos sensores ETM+ e WFI

Fonte: Boggione & Fonseca, s.d (ETM+), Selingard, M.L et. al (2003) (WFI)

	ETM+		WFI/CBERS-3	
	Linha	Coluna	Linha	Coluna
IFOV	30	30	73	73
EIFOV- Azul	35.35	31.25	111	108
EIFOV- Verde	36.15	33.10	104	99
EIFOV- Verm.	37.40	33.42	113	105
EIFOV- NIR	39.16	34.74	128	114

A fim de se avaliar o potencial deste sensor para a classificação do uso de solos em áreas agrícolas, a imagem simulada e a imagem ETM+ foram classificadas utilizando-se de um algoritmo por amostragem por *pixel* e outro por região, sendo eles o *MAXVER* (máxima verosimilhança) e o *Bhattacharya* respectivamente. O método de segmentação para este classificador foi o de crescimento por regiões, com similaridade de 10 para ambas as imagens e área mínima (*pixels*) de 10 para o ETM e 5 para o WFI simulado. O *software* utilizado para realização das classificações foi o Spring 4.2.

A análise da simulação foi realizada através de comparação entre as classificações geradas, assim como a avaliação do erro - erros de omissão e inclusão, e índice kappa -, mediante comparação com um mapa temático da mesma data contendo a verdade de campo, confeccionado por Luiz (2003). Este mapa originalmente com 23 classes, foi reagrupado em 9 classes para fins de avaliação dos classificadores utilizados.

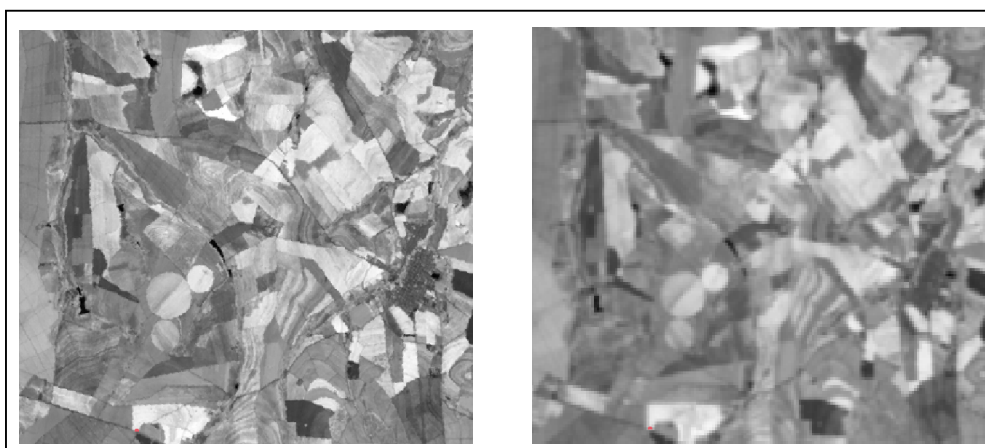
### 4. Resultados e Discussões

A **Figura 2** apresenta os filtros digitais calculadas através da metodologia proposta por Banon (1990).

N=3 Mascara Verde			N=3 Mascara Azul		
0.0560	0.1353	0.0560	0.0801	0.1279	0.0801
0.1144	0.2765	0.1144	0.1179	0.1883	0.1179
0.0560	0.1353	0.0560	0.0801	0.1279	0.0801
N=3 Mascara Vermelho			N=4 Mascara NIR		
0.0759	0.0986	0.0759	0.0662	0.0912	0.0662
0.1513	0.1966	0.1513	0.1637	0.2254	0.1637
0.0759	0.0986	0.0759	0.0662	0.0912	0.0662

**Figura 2** - Filtros digitais com função de espalhamento pontual (FEP) finita para todas as bandas analisadas. N=número de vezes que o filtro deve ser aplicado na imagem.

De acordo com a Figuras 3 percebe-se a simulação da imagem WFI em detrimento com a de 30 metros do ETM+.



**Figura 3** - Banda 4 da Imagem ETM+ (à esquerda) e WFI simulado (à direita)

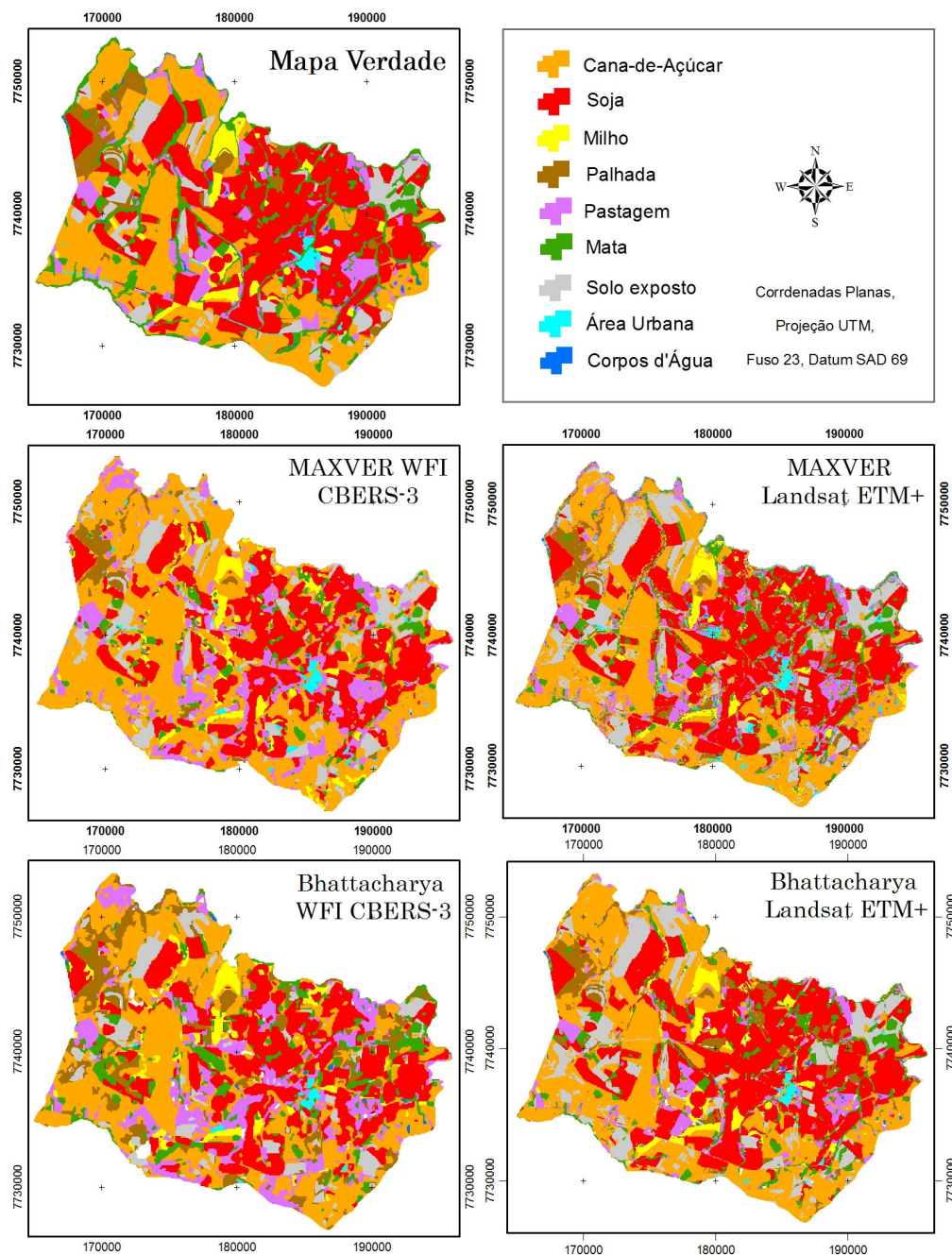
O resultado espacial das classificações das imagens de ambos os sensores, de acordo com a **Figura 4**, demonstra que as classes mais predominantes como cana-de-açúcar e soja sofreram pouca interferência da degradação.

Em ambas as classificações, talhões com fraca delimitação, ou seja, com transição tênue para classes pouco definidas como a pastagem e a palhada, apresentaram maiores diferenças de localização quando simulados para o WFI.

Comparando a classificação MAXVER do WFI em relação ao do ETM+ (**Figura 4**) percebe-se que houve uma perda de área de soja em detrimentos de áreas de pastagem e milho principalmente, com mais de 2000 ha (16,25 % de perda). A cana-de-açúcar ganha mais de 4000 Ha (24 % de ganho) sobretudo em faixas de mata. O milho apresentou incremento de 27% de sua área, espalhando-se sobre áreas de mata. Houve uma diminuição da palhada e do solo exposto, não apresentando grandes deslocamentos no espaço. Na mata houve uma redução de 37 % em relação ao ETM+.

Por sua vez, a classificação *Bhattacharya* do WFI mostrou, em relação ao do ETM+, que a cana-de-açúcar também ganha área, porém, de forma bem sutil. A soja, com as mesmas observações do MAXVER, perde uma área de aproximadamente 4000 ha. O milho se mostrou

praticamente inalterado em termos de área, com menos de 50 Ha de ganho. Na pastagem houve um aumento de área considerável de 45 %, principalmente sobre cana-de-açúcar no ETM+. Na mata houve apenas um incremento 10% de área.



**Figura 4** - Relação de mapas temáticos: Mapa Verdade e Mapas classificados com MAXVER e *Bhattacharya* nas imagens ETM+ e WFI simulado

Em relação ao Mapa verdade (**Figura 4** e **Tabela 3**), a classificação MAXVER apresentou as maiores taxas de acerto para as duas classes mais significativas, cana-de-açúcar e soja. Nas classes de milho e pastagem este classificador apresentou uma sutil melhora. Também, o solo exposto obteve uma melhora significativa em relação ao *Bhattacharya*.

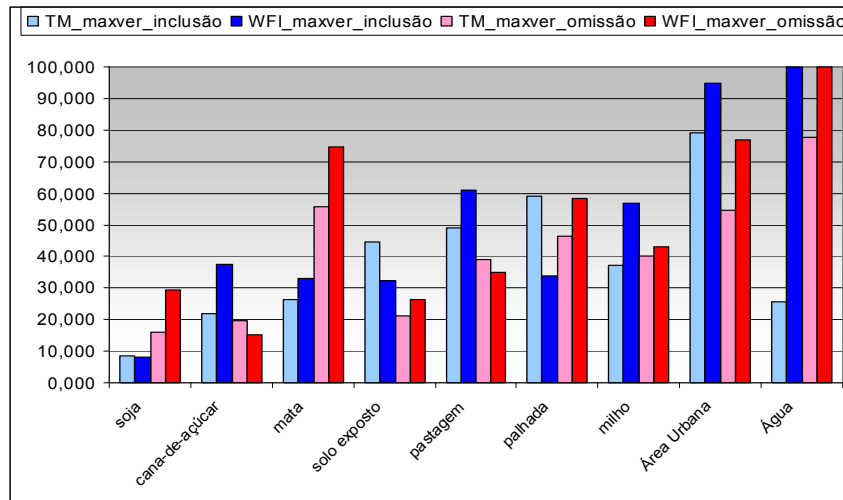
Enquanto que em áreas mais fragmentadas, como área de mata, palhada, área urbana e corpos d'água o *Battacharya* foi mais eficaz.

**Tabela 3** - Taxa de acerto por classe entre o WFI e o Mapa verdade, com as duas classificações.

% de Acerto: WFI x Mapa verdade		
Classes	MAXVER	BHATTACHARYA
Cana-de-açúcar	84,75	72,38
Soja	70,64	65,67
Milho	56,71	51,55
Mata	25,33	36,12
Palhada	41,70	71,19
Pastagem	65,21	61,62
Solo exposto	73,64	48,99
Corpos d'água	2,67	3,12
Área Urbana	23,17	38,55

A partir das matrizes de confusão entre as classificações no WFI e o mapa verdade, foram calculados os valores dos erros de inclusão, erros de omissão, exatidão global e índice Kappa dos mapas classificados.

Os valores dos erros de inclusão e omissão para ambas as imagens, com a classificação MAXVER e *Bhattacharya* são apresentados respectivamente nas **Figuras 5 e 6**.



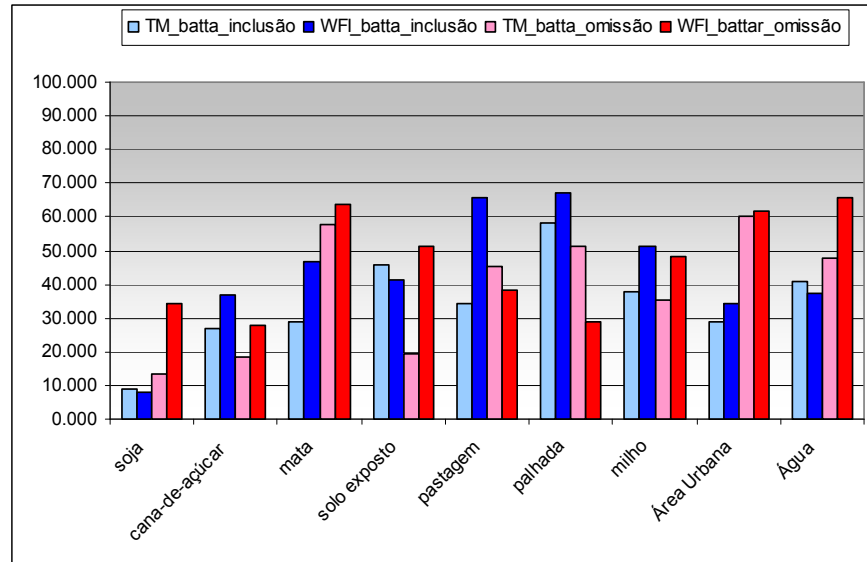
**Figura 5** - Erros de inclusão e exclusão na classificação MAXVER.

Nota-se que as classes foram dispostas nos gráficos em ordem decrescente, relativo ao tamanho da área que ocupam na região de estudo. Na classificação MAXVER pode-se observar uma clara tendência de aumento dos erros, tanto de inclusão quanto de omissão, com a diminuição da área ocupada pela classe. Esta tendência, no entanto, não foi observada na classificação *Bhattacharya*.

O incremento dos erros de uma imagem para outra foi maior em áreas muito fragmentadas, ou de formas mais lineares, como foi o caso da classe mata.

Apesar de que de modo geral, tanto os erros de inclusão, como os de omissão aumentaram nas classificações das imagens WFI, pode-se observar que o erro de certas classes foi menor para a imagem simulada. Este fato foi observado principalmente em classes pouco fragmentadas, como soja e solo exposto.

A **Tabela 4** mostra os valores de exatidão global e os valores de índice Kappa encontrados.



**Figura 6** - Erros de inclusão e exclusão na classificação *Bhattacharya*.

**Tabela 4** - Exatidão global e índice Kappa das imagens ETM+ e WFI simulado em ambas classificações

	Exatidão Global (%)	Kappa
ETM+(maxver)	73.196	0.6552
WFI(maxver)	66.287	0.5637
ETM+( <i>Bhatta.</i> )	73.993	0.6611
WFI( <i>Bhatta.</i> )	61.879	0.5164

A classificação da imagem ETM+ obteve exatidões globais semelhantes nas duas classificações testadas, no entanto para a imagem simulada a classificação MAXVER foi significativamente melhor do que a *Bhattacharya*. Porém, quando analisados os valores de índice Kappa, segundo classificação proposta por Altman, 1991, a concordância de ambas as classificações das imagens simuladas são consideradas “moderadas”, e da imagem ETM+ consideradas como concordância “boa”.

## 5. Conclusões

A simulação de uma imagem do sensor WFI do CBERS-3 apresentou-se bastante coerente em termos de áreas agrícolas. Obteve-se boa separabilidade entre as principais culturas nesta área de estudo: soja, cana-de-açúcar e milho. A degradação da resolução espacial da imagem implica em erros de classificação principalmente nas áreas de feições fragmentadas, lineares, ou com pouca definição espectral, como ocorreu com a mata, corpos d'água e área urbana.

Os tipos de classificação empregados na análise exerceram um importante papel nos resultados encontrados em alguns usos da terra, sobretudo nas classes de palhada e solo exposto, sendo a primeira mais resolvível pela classificação *Bhattacharya* e a segunda pela MAXVER. Em compensação áreas de pastagem obtiveram uma aceitação regular em ambas

classificações. Na análise dos erros percebeu-se que o *Bhattacharya* apresentou uma regularidade maior que o MAXVER, sendo este mais suscetível a erros à medida que a área das classes diminui, porém, obtendo ao final uma maior exatidão global.

Desta forma, o WFI além de sua interessante resolução espacial, também apresentou uma boa qualificação de resolução espacial para a identificação de usos agrícolas de média escala. Recomenda-se o uso do classificador MAXVER para fins de identificação agrícola, não obstante para identificações mais específicas o *Bhattacharya* é mais adequado.

## Referências

- Altman, D. G. **Practical statistics for medical research**. New York: Chapman and Hall; 1991. 616 p.
- Banon, G. J. F. Simulação de imagens de baixa resolução. **SBA: Controle e Automação**, v. 2, n. 3, p. 180-192. 1990.
- Bensebaa, K. **Estimação da resolução espacial da câmera CCD dos satélites CBERS 1&2**. 2005-03-21. 90 p. (INPE-13597-TDI/1036). Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005.
- Boggione, G. A., Fonseca L.M.G. Restoration of Landsat-7 Images. **National institute for space research**, p.1-4, [s.d.]
- Doraiswamy, P. C.; Hatfield, J.L.; Jackson, T.J.; Akhmedov, B.; Prueger, J.; Stern, A. Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v.92, p.548–559, 2004.
- Doraiswamy, P. C.; Sinclair, T. R.; Hollinger, S.; Akhmedov, B.; Stern, A.; Prueger, John. Application of MODIS derived parameters for regional crop yield assessment. **Remote Sensing of Environment**, v.97, p.192–202, 2005.
- Fonseca, L. M. G. Banon G. J. F. Duas técnicas de filtragem espacial para simular a resolução espacial ao nadir do satélite de sensoriamento remoto brasileiro (SSR). **Instituto nacional de pesquisas espaciais**. p. 69-76 [s.d.]
- Formaggio, A. R.; Martins, S. P.; Gurtler, S.; Campos, R. C.; Fiorio, P. R.; Lemos, C. Avaliação de Dados MODIS 250m para Áreas de Agricultura Intensa. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., abr. 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 135-142. (ISBN 85-17-00018-8). Publicado como: (INPE-12579-PRE/7872).
- King, M.D.; Greenstone, R. **EOS reference handbook**. Greenbelt, NASA, 1999. 361p.
- Luiz, A. J. B. **Estatísticas agrícolas por amostragem auxiliadas pelo sensoriamento remoto**. 107 p. Tese (Doutorado em sensoriamento remoto) – INPE, São José dos Campos, 2003
- Mascarenhas, N. D. A.; Velasco R. D. **Processamento digital de imagens**. 2ª ed. Buenos Aires: Kapelusz, 1989.
- Miranda, F. G. **A avaliação dos efeitos da resolução espacial na estimativa de áreas desflorestadas em três padrões distintos de paisagem**. 17 de março de 2005. 74 p. Dissertação (Mestrado em sensoriamento remoto) – INPE, São José dos Campos, março de 2005
- Ponzoni, J P., Rezende A. C. P., Influência da resolução espacial de imagens orbitais na identificação de elementos da paisagem em Altamira-PA. **Sociedade de investigações florestais**, v. 26. n. 4, p. 403-410, 2002.
- Selingard, M.L.; Matos, J.D.; Araujo, J.C.; Lopes Filho, A.; Bertolino, M.; Muraoka, J. **Wide Field Imager (WFICAM) with Five Bands for CBERS 3 & 4 - Feasibility Study**, INPE, São José dos Campos, dez. 2003 (doc. RBM-ITRP-0021)
- Soares, D. de M. **Áreas agrícolas em sensores com resolução espacial de 30 m estimadas a partir de dados originais e simulados MODIS e métricas da paisagem**. 152 p. Dissertação (Mestrado em sensoriamento remoto) – INPE, São José dos Campos, 2006