

# Avaliação da qualidade radiométrica das imagens do satélite CBERS-2B

Érica Josiane Coelho Gouvêa  
Leila Maria Garcia Fonseca

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{erica, leila}@dpi.inpe.br

**Abstract.** The satellite CBERS-2B (China-Brazil Earth Resources Satellite) was launched in 2007 and carries three on-board sensors: a Wide Field Imager (WFI), a Medium Resolution Camera (CCD) and a High Resolution Camera (HRC). Before and after the satellite launch, the performance evaluation tests of the on-board sensors are realized. Parameters, which measure the radiometric and geometric sensor quality, are measured and compared with specific parameters in the sensor project. This work evaluates the radiometric quality of CBERS-2B on board sensor data using the signal/noise relation and still shows the grey level saturation problems in the CCD images. The sensor performance evaluation is essential to assure the interoperability and consistence of the generated products by the data processing station. This task should be priority of CBERS images, which has been freely available and then need measures of useful data for several applications in remote sensing.

**Palavras-chave:** remote sensing, CBERS-2B satellite, radiometric quality, sensoriamento remoto, satélite CBERS-2B, qualidade radiométrica.

## 1. Introdução

Após o lançamento do satélite as imagens sofrem distorções radiométricas e geométricas que são corrigidas através de técnicas de processamento implementadas na estação de processamento dos dados. Faz parte deste processamento uma fase de avaliação da qualidade de imagens, que calcula os parâmetros que medem o desempenho do sensor e compara-os com os parâmetros definidos na especificação do projeto da câmara.

Duas características devem ser consideradas na avaliação da qualidade das imagens: radiométrica e geométrica. A qualidade radiométrica de uma imagem está diretamente ligada ao desempenho do sensor (equipamento, montagem, conformidade com especificações, etc). Quanto mais correta a relação entre a reflectância de um alvo e o nível de cinza de seu pixel referente, melhor é a qualidade radiométrica da imagem (Fonseca et al., 2004).

Geralmente, a avaliação radiométrica das imagens de satélites consiste em calcular alguns parâmetros, tais como (Yong et al., 2006):

1. Relação Sinal/Ruído (S/N): mede o grau de ruído na imagem. Se a intensidade do ruído estiver acima de um limiar especificado, o sinal pode ser inutilizado.
2. Desempenho da MTF (*Modulation Transfer Function*): está relacionado com a resolução espacial do sensor e mede a resposta do sensor em função da frequência espacial da cena.
3. Calibração Relativa: permite determinar os parâmetros de ganho e *offset* de cada detector para corrigir as diferenças nas respostas dos detectores.
4. Calibração Absoluta: fornece coeficientes que permitem a conversão dos valores de nível de cinza para dados físicos, como radiância e reflectância.
5. Ruídos, tais como: perda de linha ou coluna na imagem, saturação dos níveis de cinza, etc.

De acordo com Fonseca et al. (2004), a avaliação da qualidade radiométrica das imagens deve ser realizada antes e após o lançamento do satélite. Os testes antes do lançamento são realizados em laboratório e consistem em avaliar se as especificações de projeto foram atendidas e também obter os parâmetros de correção a serem usados na estação de processamento de imagens. Após o lançamento, as imagens são corrigidas usando os

parâmetros obtidos em laboratório e avaliadas. Durante o tempo de vida operacional do satélite, os testes de avaliação devem ser realizados periodicamente e, quando necessário, os parâmetros de correção devem ser atualizados.

Portanto, o objetivo desse trabalho é avaliar a qualidade radiométrica das imagens dos sensores a bordo do satélite CBERS-2B, em termos da relação sinal/ruído e saturação dos níveis de cinza das imagens.

## 2. Metodologia

Esta seção descreve a metodologia utilizada para o cálculo do parâmetro da relação sinal/ruído e ainda discute os problemas de saturação encontrados na banda 4 das imagens CCD/CBERS-2B.

### 2.1 Relação sinal/ruído

A relação sinal/ruído é uma medida de grande importância na avaliação da qualidade radiométrica das imagens. Quanto maior for a relação sinal/ruído das imagens, menor é a interferência do ruído no sinal.

A Tabela 1 apresenta os valores da relação sinal/ruído, para cada sensor do satélite CBERS-2B, medidos em laboratório antes do lançamento do satélite.

Tabela 1. Características radiométricas do CBERS-2B.

	Bandas Espectrais ( $\mu\text{m}$ )	Radiância - min ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{sr}$ )	Radiância - max ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{sr}$ )	SNR - min (dB)	SNR - max (dB)
CCD	0,45 – 0,52	4,6	28,7	32	48
	0,52 – 0,59	3,7	30,1	31	50
	0,63 – 0,69	2,4	25,9	26	48
	0,77 – 0,89	2,7	35,6	29	52
	0,51 – 0,73	9,0	55,6	37	53
HRC	0,50 – 0,80	6,6	84,6	26	47
WFI	0,63 – 0,69	0,02	9,5	18	-
	0,77 – 0,89	0,04	15	24	-

Fonte: Yong et al. (2006).

Para avaliar a relação sinal/ruído e assim verificar se as imagens estão dentro das especificações de projeto, várias regiões de baixo brilho, contendo alvos homogêneos, de cada imagem dos sensores do CBERS-2B foram selecionadas. A Figura 1 mostra um exemplo de três imagens referentes aos sensores CCD, WFI e HRC, onde as áreas testes utilizadas são indicadas com retângulos na Figura 1. Informações sobre todas as regiões analisadas são apresentadas na Tabela 2.

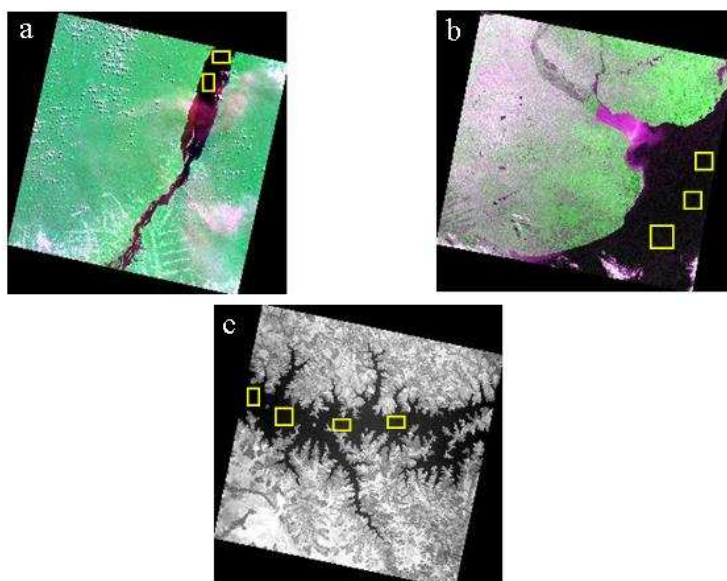


Figura 1. Imagens CBERS-2B utilizadas no experimento. (a) CCD (168/104 – 24/06/2008), (b) WFI (163/140 – 13/06/2008) e (c) HRC (156\_C/121\_5 – 25/08/2008). Os retângulos amarelos representam as áreas de estudo dentro de cada cena.

Tabela 2. Características das imagens selecionadas.

Sensor	Data	Órbita/Ponto	Região
CCD	23/12/2007	212/66	Lago de Louisiana
CCD	26/04/2008	153/127	Oceano Atlântico
CCD	24/06/2008	168/104	Rio Tapajós
CCD	31/07/2008	173/104	Rio Negro
HRC	25/08/2008	156_C/121_5	Rio Araguari
HRC	25/08/2008	156_C/134_2	Oceano Atlântico
HRC	25/08/2008	156_C/134_3	Oceano Atlântico
WFI	23/12/2007	212/084	Lago de Louisiana
WFI	13/06/2008	163/140	Oceano Atlântico
WFI	19/07/2008	151/124	Oceano Atlântico
WFI	22/08/2008	157/140	Oceano Atlântico

A relação sinal/ruído é analisada para vários pontos dentro das áreas homogêneas selecionadas. Para cada banda espectral do sensor são selecionadas várias linhas sequenciais, onde é calculado a média e o desvio-padrão (Equação 1) dessa região:

$$N_p = \sqrt{\frac{1}{nl} \sum_{l=1}^{nl} [D_{lp} - D_{pm}]^2} \quad (1)$$

onde  $D_{lp}$  é o valor do pixel da região selecionada,  $D_{pm}$  o valor médio dos níveis de cinza da linha desta região,  $nl$  o número de linhas selecionadas e  $N_p$  o desvio-padrão.

A relação sinal/ruído é calculada usando a Equação 2:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{cal} = \frac{D_{pm}}{N_p} \quad (2)$$

Segundo Yong et al. (2006), o ruído é aproximadamente constante para todas as imagens. Uma maneira de reduzir o ruído medido nas especificações dos sensores (CCD, WFI e HRC) é calcular novos valores para o sinal e para o ruído a partir da radiância mínima e máxima obtida a partir das especificações dos sensores. O sinal ( $D_{spec}$ ), em condições de especificação, pode ser estimado por (Equação 3):

$$D_{spec} = \frac{L.GF}{R_{radiom}} \quad (3)$$

onde  $L$  é a radiância mínima ou máxima especificado,  $R_{radiom}$  é a resolução radiométrica de cada banda e  $GF$  é o fator de ganho especificado para cada banda do sensor, no caso, este fator equivale a 1,00 para todas as bandas e sensores.

Nestas mesmas condições, o ruído ( $N_{pspec}$ ) pode ser estimado por:

$$N_{pspec}^2 = N_p^2 - \frac{GK}{R_{A/D}} (D_{pm} - D_{spec}) \quad (4)$$

onde  $N_p$  é o desvio-padrão calculado na Equação 1,  $G$  é o ganho inicial do sensor multiplicado pelo fator de ganho especificado,  $K$  é o fator de conversor ( $V/e^-$ ),  $R_{A/D}$  é a resolução do conversor analógico/digital (mV),  $D_{pm}$  é o valor médio da região analisada e  $D_{spec}$  é o sinal especificado (Equação 3).

A relação sinal/ruído, nas condições de especificação do sensor, é calculada usando a seguinte expressão.

$$\left( \frac{S}{N} \right)_{pspec} = \frac{D_{spec}}{N_{pspec}} \quad (5)$$

Esta relação pode ser calculada para todas as regiões de cada banda e de cada sensor da seguinte forma:

$$\left( \frac{S}{N} \right)_{region} = \frac{1}{np} \sum_{p=1}^{np} \left( \frac{S}{N} \right)_{pspec} \quad (6)$$

onde  $np$  é o número de *pixels* da região analisada.

Durante a vida operacional do satélite este procedimento pode ser aplicado e repetido periodicamente com o objetivo de avaliar o desempenho do sensor.

Tabela 3. Valores dos parâmetros utilizados.

	Bandas Espectrais ( $\mu\text{m}$ )	L-min ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{sr}$ )	L-max ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{sr}$ )	G	K ( $\text{V}/e^-$ )	$R_{A/D}$ (mV)
CCD	0,45 – 0,52	4,6	28,7	1,50	1,5 $\mu$	3,906
	0,52 – 0,59	3,7	30,1	0,62		
	0,63 – 0,69	2,4	25,9	1,01		
	0,77 – 0,89	2,7	35,6	1,00		
	0,51 – 0,73	9,0	55,6	0,38		

WFI	0,50 – 0,80	0,02	9,5	1,3	1,4 $\mu$	7,8
	0,63 – 0,69	0,04	15	1,3		

Para o sensor HRC, a relação sinal/ruído é calculada através da Equação 2, devido os valores dos parâmetros especificados em laboratório não estarem disponíveis.

## 2.2 Saturação dos níveis de cinza

A saturação ocorre quando a reflectância máxima do sinal é superior ao valor máximo de reflectância especificado no projeto do sensor. Neste caso, todos os valores de reflectância acima do valor máximo especificado são representados pelo valor de nível de cinza máximo.

De acordo com Fonseca et al. (2004), a banda 4 das imagens CCD do satélite CBERS-2 apresenta valores de brilho e contraste altos que leva à saturação dos valores de nível de cinza da imagem. Esse fenômeno pode ser verificado pela análise do histograma da imagem, que descreve a distribuição estatística dos níveis de cinza. Além disso, o problema de saturação é comum nas imagens de áreas de agricultura e urbanas, que possuem regiões de alta reflectância na banda 4.

Neste trabalho, três imagens CCD/CBERS-2B contendo alvos de urbano, vegetação e agricultura foram selecionadas para analisar o problema de saturação. Para efeito de comparação, imagens do ETM/Landsat-7 da mesma região também foram utilizadas. As imagens CCD são mostradas na Figura 2. Características das imagens CCD e ETM selecionadas são apresentadas na Tabela 4.

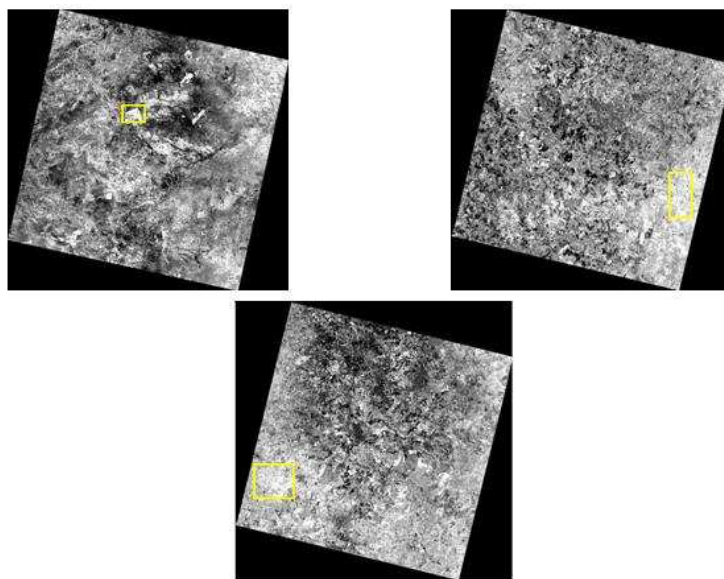


Figura 2. Cenas da banda 4 CCD/CBERS-2B utilizadas no experimento. Os retângulos amarelos representam a área de estudo dentro de cada cena.

Tabela 4. Características das imagens selecionadas.

Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Alvo	Data	Hora Decimal	Elevação Solar
CBERS-2B	CCD	156/124	Urbano	16/10/2008	13:33:21	66,5874°
CBERS-2B	CCD	155/113	Vegetação	11/06/2008	13:26:10	48,8419°
CBERS-2B	CCD	163/125	Agricultura	30/08/2008	14:00:25	50,6131°
Landsat-7	ETM	220/75	Urbano	25/02/2003	12:58:47	53,4810°
Landsat-7	ETM	220/68	Vegetação	17/08/2002	12:55:30	49,4408°
Landsat-7	ETM	224/75	Agricultura	17/11/2002	13:22:53	62,8157°

### 3. Resultados

A Tabela 5 mostra os valores de SNR medidos após lançamento e comparados aos valores especificados no projeto para os sensores CCD, WFI e HRC do satélite CBERS-2B. Podemos observar que os valores obtidos são próximos. Portanto, os valores medidos atendem aos requisitos de especificação do sensor.

Tabela 5. Resultados obtidos para relação sinal/ruído.

	Bandas Espectrais ( $\mu\text{m}$ )	SNR - min (dB) especificado	SNR - max (dB) especificado	SNR - min (dB)	SNR - max (dB)
CCD	0,45 – 0,52	32	48	33	51
	0,52 – 0,59	31	50	35	53
	0,63 – 0,69	26	48	30	41
	0,77 – 0,89	29	52	29	50
	0,51 – 0,73	37	53	34	55
HRC	0,50 – 0,80	26	47	27	48
WFI	0,63 – 0,69	18	-	18	-
	0,77 – 0,89	24	-	25	-

Geralmente, o efeito da saturação é influenciado pelo ângulo solar, pois quanto menor a distância Terra-Sol maior a irradiância, e conseqüentemente, aumenta a chance de ocorrer saturação. No Brasil, o problema de saturação é maior na estação verão, justamente por causa do ângulo solar ser maior nesta época do ano.

Na Figura 2, visualmente podemos observar o problema de saturação nas regiões marcadas com os retângulos. Grande parte dos pixels nestas regiões está saturada em 255. As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam a média e o desvio-padrão para as três imagens analisadas CCD e ETM. Os valores de brilho alto da banda 4 das imagens podem ser um indicativo da presença de saturação. Pelas tabelas, pode-se observar que os valores de brilho da banda 4 das imagens CBERS-2B/CCD é maior do que o das imagens Landsat-7/ETM. O fenômeno de saturação pode ser verificado por meio dos histogramas das imagens apresentados nas Figuras 3, 4 e 5.

Tabela 6. Média e desvio-padrão dos níveis de cinza para imagens com áreas urbanas.

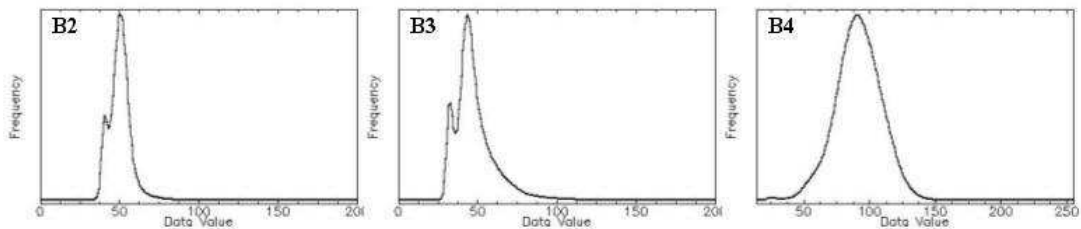
Banda	Banda 2		Banda 3		Banda 4	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Urbano						
CBERS-2B/CCD	52,15	5,98	68,07	15,48	225,98	8,11
Landsat-7/ETM	50,36	6,90	47,90	12,80	112,81	17,07

Tabela 7. Média e desvio-padrão dos níveis de cinza para imagens com áreas de vegetação.

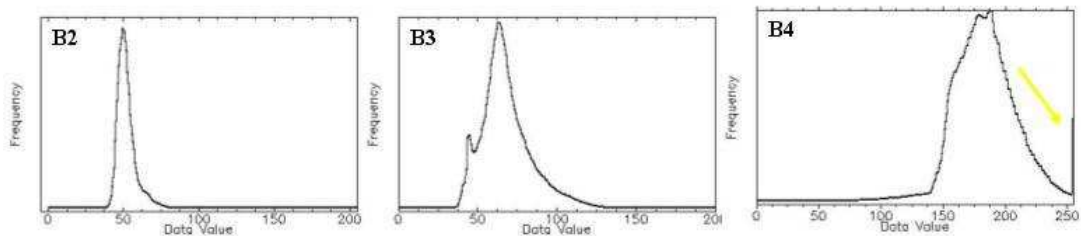
Banda	Banda 2		Banda 3		Banda 4	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Vegetação						
CBERS-2B/CCD	33,75	17,80	35,61	7,17	95,42	8,36
Landsat-7/ETM	66,17	3,10	76,04	26,23	60,43	12,14

Tabela 8. Média e desvio-padrão dos níveis de cinza para imagens com áreas de agricultura.

Banda	Banda 2		Banda 3		Banda 4	
Agricultura	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
CBERS-2B/CCD	43,24	4,84	54,29	11,04	117,55	22,41
Landsat-7/ETM	76,59	10,97	76,13	18,12	86,70	15,67

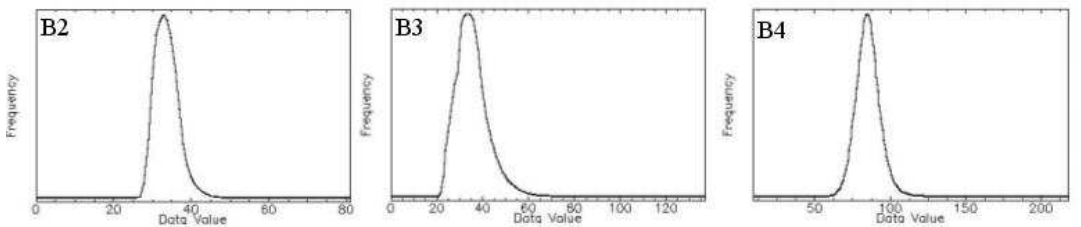


(a) ETM/Landsat-7

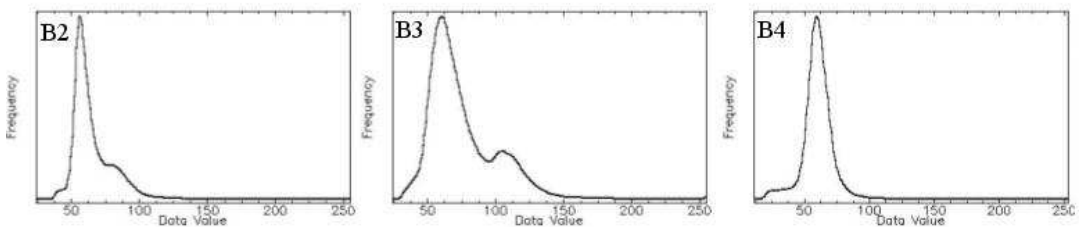


(b) – CCD/CBERS-2B

Figura 3. Histograma da imagem contendo áreas urbanas. (a) ETM (220/75 – 25/02/2003) e (b) CCD (156/124 – 16/10/2008).



(a) ETM/Landsat-7



(b) CCD/CBERS-2B

Figura 4. Histograma da imagem contendo áreas de vegetação (a) ETM (220/68 – 17/08/2002) e (b) CCD (155/113 – 11/06/2008).

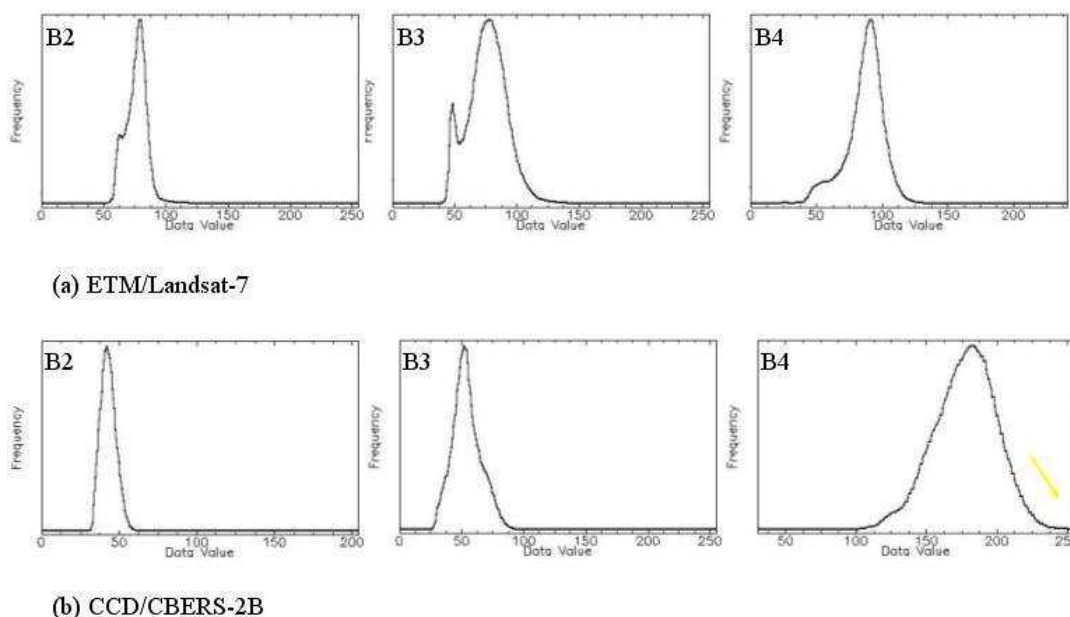


Figura 5. Histograma da imagem contendo áreas agrícolas (a) ETM (224/75 – 17/11/2002) e (b) CCD (163/125 – 30/08/2008).

Assim como para o CBERS-2, os níveis de cinza da banda 4 da câmara CCD/CBERS-2B também possuem valores altos, levando muitas vezes a saturação das imagens, principalmente para imagens contendo áreas urbanas e agrícolas, como indicado pela seta amarela na Figura 3 (b) e Figura 5 (b).

#### 4. Conclusões

A avaliação do desempenho do sensor é essencial para assegurar a interoperabilidade e consistência dos produtos gerados pela estação de processamento. Esta tarefa deve ser prioridade para o CBERS, que tem disponibilizado as imagens gratuitamente e assim, requer medidas de dados úteis para as diversas aplicações em sensoriamento remoto. A análise das avaliações permite, também, identificar os principais problemas e assim definir procedimentos de correção das degradações e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de projeto dos futuros sensores.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte financeiro à execução deste trabalho.

#### Referências

Anjos, C. S.; Epiphanyo, J. C. N.; Fonseca, L. M. G.; Saturação radiométrica da banda 4 da CCD/CBERS-2. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 6307-6314. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.01.46/doc/6307-6314.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2008.

Fonseca, L. M. G.; Ponzoni, F.; Cartaxo, R. **Radiometric quality assessment of CBERS-2**. São José dos Campos: INPE, 2004. 55p. (APPL-06-2004, 1.1).

Yong, Z.; Qiaoyan, F.; Jianyan, X.; Wenyu, W.; Fonseca, L. M. G.; D'Alge, J.; Erthal, G. J.; Matos, J. D.; Maria, S.; Selingardi, M. **Procedures for CBERS-2B radiometric and geometric quality assessment and validation**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006. 26p. (APPL-06-2006, 1.1).