

CBERS: estado atual e futuro

José Carlos Neves Epiphanyo
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Cx.P. 515, 12.201-970 – São José dos Campos, SP, Brasil
epiphanyo@dsr.inpe.br

Abstract. CBERS Program – China-Brazil Earth Resources Satellite – is a cooperation between Brazil and China for making and operating remote sensing satellites. The program has begun in 1988 and three satellites were already launched – two still operating as in October 2008. The imaging cameras operate in the visible and near infrared portions of the electromagnetic spectrum, the ground instantaneous field of views are 2.7 m (panchromatic), 20 m (multispectral, from blue to near infrared), and 260 m (two bands – red and near infrared). The satellites operate in a 26 days sun-synchronous, phased orbit. Currently, two new satellites are under development, and a new satellite family is under consideration. CBERS remote sensing data are directly acquired by three Chinese ground receiving stations and by one in Brazil. The images are freely distributed inside both countries. CBERS satellites are able to record image data onboard. All the images acquired by Brazil can be accessed by everyone all over the world, in a free of charge basis. New ground receiving stations around the world are under consideration.

Palavras-chave: programa espacial, remote sensing, earth observation, satélite, sensoriamento remoto, observação da Terra

1. Introdução

Há uma crescente necessidade de observação da Terra de forma sistemática, em larga escala, e de forma repetitiva. O uso de imageamento por satélite é uma das únicas alternativas viáveis a atender tais necessidades nos campos da agricultura, meio ambiente, costas marítimas, florestas, etc. Tanto o Brasil como a China têm territórios extensos, com diversas fisionomias e problemas passíveis de serem observados e analisados por dados orbitais de sensores remotos. Embora haja uma diversidade de sistemas espaciais de sensoriamento remoto em operação, ambos os países têm procurado assegurar uma regularidade no abastecimento e disponibilidade de tais dados. Para tanto, é desejável a posse e controle de satélites de sensoriamento remoto. Além dos aspectos finais voltados à aplicação dos dados de sensoriamento remoto, a construção de sistemas de sensoriamento remoto está muito relacionada aos desenvolvimentos tecnológicos e industriais envolvidos neste campo.

Essas considerações levaram o Brasil e a China a estabelecer um programa de desenvolvimento de satélites de sensoriamento remoto, que teve início em 1988. Neste acordo inicial, foram previstas a construção, lançamento e operação de dois satélites de sensoriamento remoto, segundo uma divisão de trabalho e custos de 30% para o Brasil e 70% para a China. Posteriormente, para os satélites seguintes à primeira família, esta partição passou a ser equitativa. O controle da operação dos satélites também seria compartilhada, com parte do tempo sob a responsabilidade brasileira e parte sob o controle chinês. As políticas de distribuição das imagens adquiridas pelas estações de cada país seriam de responsabilidade e autonomia de cada um. A internacionalização da recepção dos dados do CBERS seria estabelecida em comum acordo.

Grosso modo, os satélites de observação da Terra podem ser divididos em duas grandes categorias: de inovação e de continuidade. Os de *inovação* visam testar ou introduzir novos sensores e concepções, e em geral caracterizam-se por constituírem

missões únicas, sem repetição. Os de *continuidade* têm por princípio a sucessão de missões que guardam características básicas entre si, notadamente as características das suas cargas úteis principais, garantindo uma semelhança de produtos ao longo das missões subsequentes. Os CBERS enquadram-se na categoria dos satélites de continuidade. Mas têm como princípio básico a “continuidade com avanços”. Ou seja, busca-se a cada satélite ou família de satélites CBERS assegurar aos usuários a continuidade no fornecimento de dados de uma certa classe de características presentes no satélite ou família anterior, de tal forma que seus trabalhos e atividades possam ter continuidade com os diversos satélites da série. Porém, também buscam-se, para cada satélite, aprimoramentos nos sistemas a bordo, na qualidade geral do satélite, e melhorias e avanços na concepção e características das cargas úteis.

Este trabalho visa traçar um panorama dos satélites CBERS, destacando suas principais características e impactos no sensoriamento remoto do País, a sua expansão para outros países, e apresentar o estado atual e futuro do Programa.

2. Satélites CBERS-1, 2 e 2B

O primeiro satélite da série CBERS foi lançado em 1999, e esteve operacional por 45 meses, até julho de 2003. O CBERS-2 foi lançado em outubro de 2003 e ainda está em operação, ainda que limitada, após mais de cinco anos em órbita. O CBERS-2B, fruto de acordo bilateral de 2004, foi lançado em setembro de 2007 e está plenamente operacional. A decisão de construir o CBERS-2B foi motivada pela possibilidade de ocorrer uma interrupção no fornecimento de dados entre o final das operações do CBERS-2 e o início das operações do CBERS-3, cujo lançamento estava programado para 2010.

Os três primeiros satélites da série possuem características muito semelhantes, particularmente os CBERS-1 e 2. Operam em órbita circular, quase polar, Sol-síncrona, altitude de 778 km, com cruzamento do equador às 10:30, e com órbita em recorrência de 26 dias. Dois sensores imageadores estão presentes nos três satélites: a câmera imageadora de alta resolução (CCD), com largura do campo de visada de 113 km, campo de visada instantâneo no terreno (GIFOV) de 20 m, cinco bandas espectrais (azul, verde, vermelho, infravermelho próximo, e uma banda pancromática), com possibilidade de visada lateral de $\pm 32^\circ$; e a câmera imageadora de amplo campo de visada (WFI), com largura do campo de visada de 890 km, campo de visada instantâneo (IFOV) de 260 m no nadir, e duas bandas espectrais (vermelho e infravermelho próximo).

Quanto ao terceiro sensor imageador, houve uma alteração significativa entre os CBERS-1 e 2, e o 2B. Enquanto os dois primeiros possuem um imageador infravermelho por varredura mecânica (IRMSS), o CBERS-2B passou a contar com uma câmera imageadora de alta resolução pancromática (HRC). O IRMSS opera com largura do campo de visada de 120 km, quatro bandas espectrais (duas no infravermelho de ondas curtas – 1,55-1,75 μm , 2,08-2,35 μm -, uma no infravermelho termal, e uma banda pancromática), e campo de visada instantâneo no terreno (GIFOV) de 160 m na banda do infravermelho termal e 80 m nas restantes. A HRC tem campo de visada de 27 km, uma única banda pancromática, e campo de visada instantâneo no terreno (GIFOV) de 2,7 m.

O sistema de detecção da câmera HRC é apresentado esquematicamente na Figura 1. Consiste de três conjuntos de detectores, cada um contendo 4096 elementos. O sistema de imageamento é denominado “time delay integration - TDI”, que pode operar em três

estágios. Para a operação do TDI, o satélite, ao se deslocar na sua órbita, tem que promover um movimento de giro lateral em relação ao movimento de rotação da Terra a fim de que os diversos elementos dos detectores do TDI possam promover a integração do sinal para cada pixel. Esse movimento lateral (deriva) ocorre à medida que o satélite desloca-se para o Sul (S na Figura 1), no sentido da órbita. Observa-se que a matriz de detectores de número 2 tem um deslocamento espacial em relação às duas matrizes laterais. Isso implica em que o movimento lateral do satélite tem que ser conjugado ao movimento longitudinal descendente do satélite de modo a que as três matrizes possam ser justapostas durante a construção da imagem real.

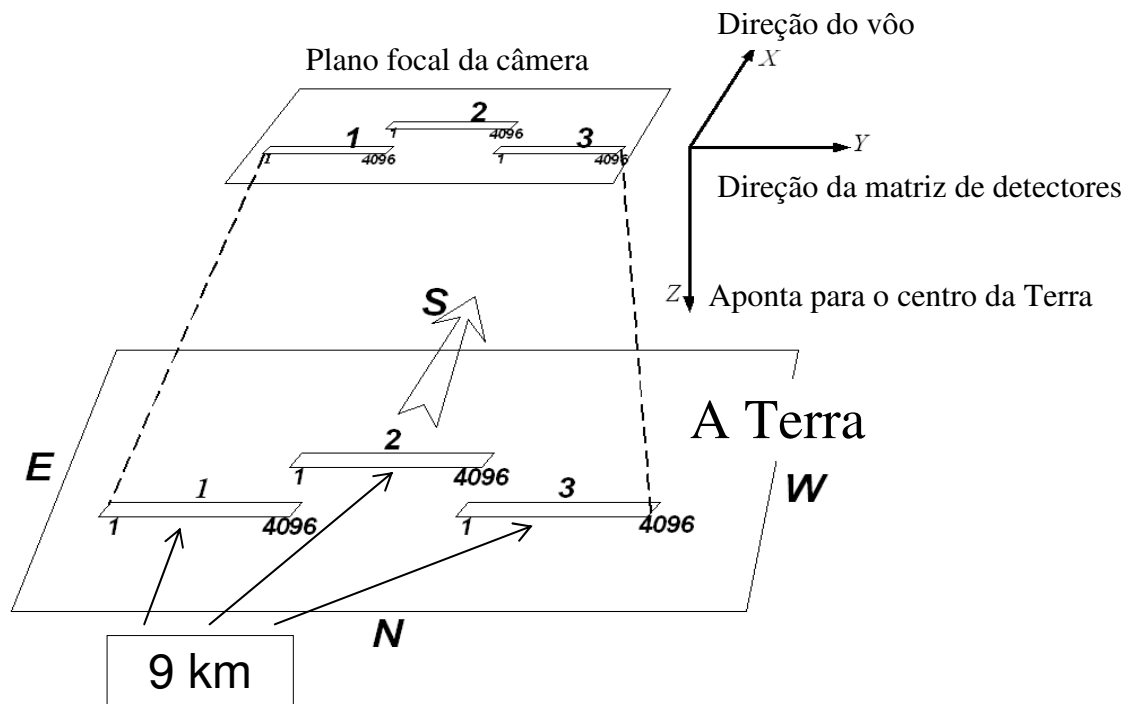


Figura 1. Delineamento da composição do plano focal da câmera HRC – CBERS-2B.

A operação do satélite CBERS-2B teve que ser remodelada em relação à operação dos dois primeiros CBERS, a fim de adaptar-se à sua nova carga útil – câmera HRC.

A fim de que a câmera HRC pudesse ter a característica de imageamento global, ou seja que fosse capaz de cobrir todo o território compreendido entre as latitudes $\pm 80^\circ$, teve que haver uma alteração no modo de operação do CBERS-2B. O fato de a órbita do CBERS-2B ser cíclica em 26 dias, e ajustada à cobertura global da câmera CCD faz com que a cada 26 a câmera CCD tenha capacidade de recobrir todo o território dentro das latitudes mencionadas. Porém, em condições fixas de operação esse padrão de operação faria com que apenas uma faixa de 27 km de extensão (largura do *swath* da HRC) fosse recoberta pela HRC, ficando o restante das áreas (em relação à largura da faixa de cobertura da CCD) sem recobrimento pela HRC. A fim de sanar esse problema e ampliar a capacidade de cobertura territorial pela HRC, o CBERS-2B foi dotado de um

movimento em *roll* (rolamento) de $\pm 4^\circ$. Com essa capacidade, o satélite pode mover-se em relação ao eixo longitudinal de vôo (direção da órbita) por até esses limites angulares.

A Figura 2 mostra como foi definido o sistema de operação para o CBERS-2B. Iniciando-se no ciclo 1, em que se aplica ao satélite um movimento em *roll*, o satélite e conseqüentemente a visada da câmera HRC desloca-se para a posição extrema em relação ao imageamento da CCD. Se nenhum movimento fosse aplicado à CCD, sua visada também seria deslocada. Porém, a fim de manter o imageamento da CCD na posição do nadir, aplica-se um movimento ao seu espelho de visada lateral de modo que a CCD imageie o ponto sub-satélite. Estas posições do satélite e do espelho da CCD são mantidas durante 26 dias, até que se complete todo o ciclo C1 de imageamento global. Ao final deste ciclo, tem-se um recobrimento completo pela CCD e uma faixa de 27 km recoberta pela HRC. Então, aplica-se novo movimento de rolamento ao satélite de modo que a HRC passe a imagear um região adjacente à anterior, e aplica-se novo movimento ao espelho de visada lateral da CCD de modo que ela continue a imagear a faixa sub-satélite (ciclo C2). A cada 26 dias, novo ciclo se inicia seguindo o mesmo procedimento, até que toda a área equivalente da CCD seja recoberta também pela HRC, o que se dá após cinco ciclos de 26 dias, ou seja, a cada 130 dias. Com esse procedimento, a cada 130 dias tem-se um recobrimento de todo o território brasileiro em alta resolução pela HRC.

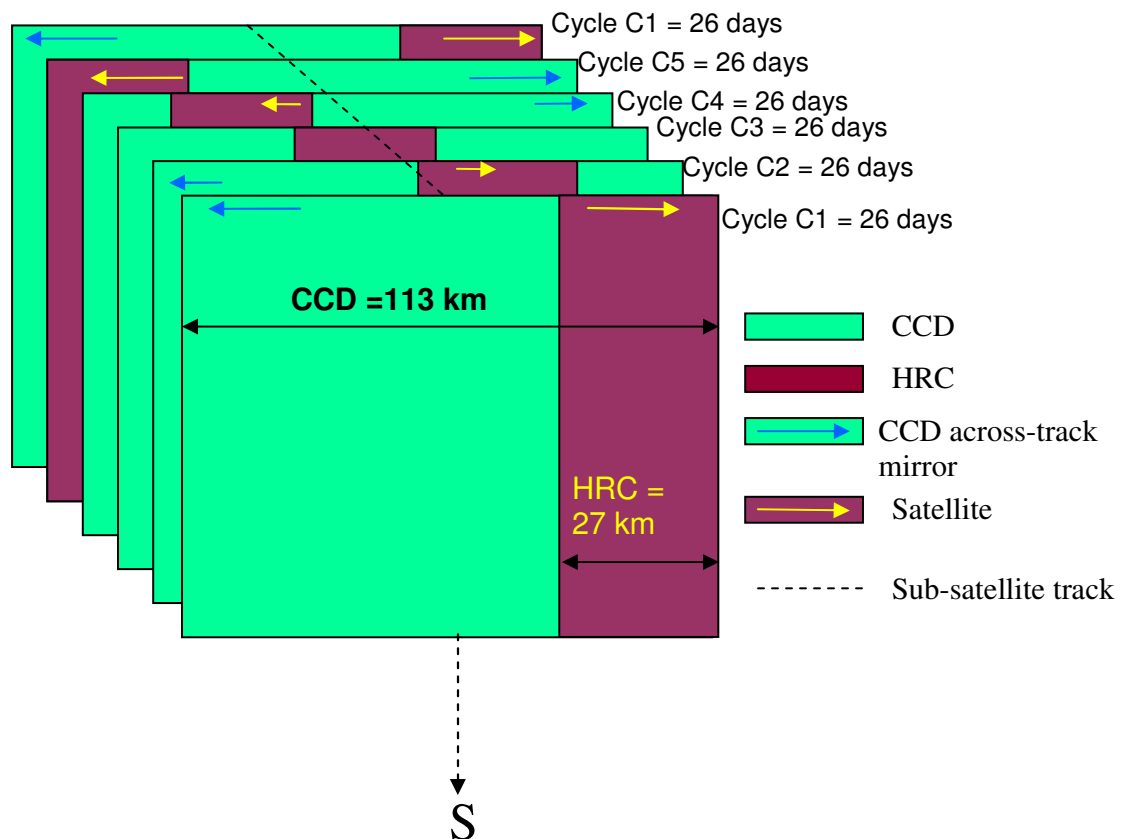


Figura 2. Sistema de operação do CBERS-2B, destacando a câmera HRC.

3. Distribuição dos dados CBERS

A distribuição dos dados CBERS é feita preferencialmente via *download* direto a partir do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>). O procedimento de busca e aquisição de dados CBERS tem permitido que um grande número de usuários possa ter acesso sem custo aos dados CBERS, de todos os sensores. Atualmente, há mais de 20.000 usuários diretos das imagens CBERS, e um número superior a 3.500 instituições. Um retrato do impacto dessa política de distribuição de dados pode ser vista no relatório de Silva e Epiphanyo (2008). A Figura 3 expressa bem a importância que o CBERS tem para o país. Mostra-se a distribuição das imagens CCD solicitadas num determinado mês do ano. Vê-se que praticamente todas as cenas que recobrem o Brasil são solicitadas no mês. Isso indica que há uma necessidade de que todo o país seja recoberto periodicamente, pois há interesse em todas as imagens todo mês. Esse padrão repete-se quase que igualmente para qualquer mês do ano.

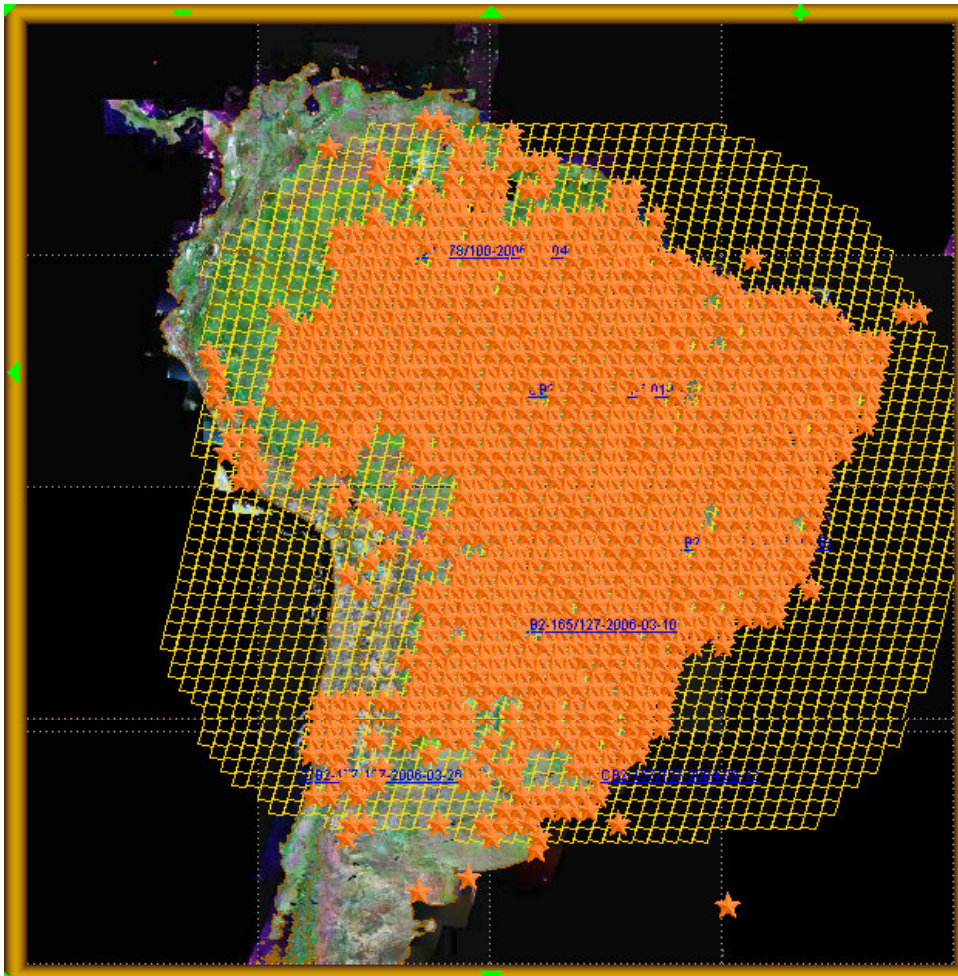


Figura 3. Distribuição das cenas CCD/CBERS solicitadas pelos usuários num mês qualquer.

Num segundo momento de distribuição de dados CBERS, eles passaram a ficar disponíveis para os países vizinhos, cujos territórios são cobertos pela antena de recepção de Cuiabá. Num terceiro momento, qualquer usuário, de qualquer parte do mundo passou a ter acesso ao acervo de dados CBERS.

Como parte de uma estratégia de prover a África com dados orbitais, tem sido feita uma grande campanha de aquisição de dados CBERS sobre aquele continente usando o gravador a bordo do satélite, com posterior transmissão para a estação de Cuiabá. Com isso, tem aumentado muito o interesse da comunidade internacional pelo CBERS. O CBERS-2B é dotado de dois gravadores de estado sólido a bordo: um para as imagens HRC e outro para as imagens HRC e WFI. Cada um deles tem capacidade superior a 45 Gbits, o que equivale a pelo menos 15 minutos de gravação/playback por órbita. Como consolidação do CBERS na África, pelo menos duas estações passarão a ter capacidade de receber dados CBERS de forma direta: África do Sul e Ilhas Canárias.

4. CBERS-3 e 4

A definição pela continuidade da missão CBERS, em seqüência aos CBERS-1 e 2 deu-se em 2002 - antes, portanto, da definição da construção do CBERS-2B, que ocorreu em 2004.

Os CBERS-3 e 4 constituem-se em nova família de satélites, uma vez que houve uma nova divisão de trabalho, uma nova concepção de sensores, e um novo arranjo na partição de custos entre o Brasil e a China, que agora é à base de 50% para cada país, contra 70%/30% para China e Brasil, respectivamente, para os primeiros três CBERS.

Os CBERS são caracterizados como satélites de continuidade, e não apenas provas tecnológicas. Ou seja, privilegia-se a continuidade no fornecimento de dados de certa natureza ao longo dos diversos satélites, de modo que o usuário não tenha interrupções nas suas atividades em função de uma troca abrupta de sensores. Porém, a *continuidade* acompanha-se da inovação e melhorias. Os CBERS-3 e 4 seguem esse princípio. Embora tenham sensores com novas características, preservam-se características importantes presentes nos satélites anteriores. A Tabela 1 apresenta as principais características de órbita dos CBERS-3 e 4. A Tabela 2 apresenta as principais características dos sensores que estarão a bordo dos satélites CBERS-3 e 4, a serem lançados em 2011 e 2014, respectivamente. Ambos os satélites possuem capacidade de gravação a bordo, o que permitirá a aquisição de dados de todos os sensores em qualquer parte do mundo. A política de distribuição de dados dos CBERS-3 e 4 seguirá a mesma adotada para os CBERS-2 e 2B.

5. Futuro do Programa

A série CBERS terá continuidade com a construção dos satélites CBERS-5 e 6, cujos acordos estão em vias de assinatura. As especificações desses dois satélites estão em fase final, e seguem a mesma linha adotada até aqui, que é de continuidade com melhorias. O foco será na melhoria das resoluções temporais, com pouco sacrifício da resolução espacial. Ao mesmo tempo, busca-se a inserção da banda do SWIR (infravermelho de ondas curtas) num mesmo sensor, de modo a melhorar a capacidade do satélite para fins de monitoramento de vegetação. Diversas outras melhorias no que respeita aos subsistemas também foram introduzidas.

Tabela 1. características orbitais dos satélites CBERS-3/4.

Órbita Sol-síncrona, recorrente e congelada	
Semi-eixo maior (média)	7148,865 km
Inclinação	98,504 deg
Excentricidade	$1,1 \times 10^{-3}$
Erro da excentricidade	< 0,0001
Argumento do perigeu	90 deg
Erro do argumento do perigeu	< 5 deg
Hora local no nó descendente	10:30 a.m.
Estabilidade da hora local no nó descendente	+10 min
Período orbital	100,26 min.
Ciclo de repetição	26 days
Revoluções/Dia	14 + 9/26
Distância Inter-track na linha do equador	106,25 km
Intervalo de tempo entre tracks adjacentes	3 days
Estabilidade do traço orbital no equador	+ 5 km

Outro foco do programa é a consolidação da distribuição internacional, para que o CBERS passe a ser um dos principais sistemas orbitais de sensoriamento remoto. Especificamente no caso brasileiro, o CBERS tem a função de trazer fluxo de demanda para avanços tecnológicos da indústria nacional de alta tecnologia. Além, obviamente de consolidar e ampliar a área de pesquisa e indústria de serviços de sensoriamento remoto, com o desenvolvimento de novas aplicações.

6. Conclusões

O Programa CBERS tem-se consolidado cada vez mais, notadamente pelos seus três lançamentos com sucesso, e com o desenvolvimento de uma significativa comunidade de usuários. Dois satélites (em novembro de 2008) estão em operação. Há dois satélites em construção, para lançamentos em 2011 e 2014, e dois outros em fase de especificação e negociação. A distribuição dos dados tem-se ampliado para todo o raio de cobertura da antena de Cuiabá; e hoje já atinge a África, com dados gravados, mas em breve com pelo menos duas estações de recepção direta.

Referências

- INPE. CBERS 3&4 satellite specification. São José dos Campos, INPE, 2005. 28p. (relatório interno, RB-HDS-023/01).
- Silva, L.T.; Epiphany, J.C.N. Perfil dos usuários CBERS: 1ª pesquisa – 2007. São José dos Campos, INPE, 2008. 116p.
<http://www.dgi.inpe.br/pesquisa2007/galeria/fscommand/RPQ-PesqUsuCBERS2007.pdf>

Tabela 2. características dos sensores imageadores a bordo dos CBERS-3 e 4.

Câmera PAN	Bandas espectrais (μm)	GIFOV	Swath (km)	Registro inter-bandas (pixel)	Rad. Max.	Rad. Min.	Res. Radiom.	S/N à rad. máx.	S/R à rad. min.	Reflect. Max.	Reflect. Min.	MTF
B01	0,51 a 0,85	5	60	<0,3	227	18	0,84	48	27	0,6	0,05	>0,18
B02	0,52 a 0,59	10			339	38	0,80	44	25	0,7		>0,20
B03	0,63 a 0,69	10			328	27	1,00	43	21	0,8	0,10	>0,20
B04	0,77 a 0,89	10			251	16	0,80	45	21	0,9		>0,18
Câmera MUX												
B05	0,45 a 0,52	20	120	<0,3	344,4	35,3	0,7	>47	>31	0,6	0,02	>0,23
B06	0,52 a 0,59				361,8	25,7	0,6	>49	>29	0,7	0,04	>0,23
B07	0,63 a 0,69				352,3	12,9	0,6	>49	>23	0,8	0,02	>0,23
B08	0,77 a 0,89				275	8,9	0,5	>49	>24	0,9	0,04	>0,18
Escâner IR												
B09	0,50 a 0,90	40	120	<0,3	233	20	<0,4	49,5	28,0	0,90	0,20	>0,30
B10	1,55 a 1,75	40			44,5	4,2	<1,0	40,0	19,0	0,90	0,20	>0,30
B11	2,08 a 2,35	40			18,5	1,8	<2,0	34,0	14,0	0,90	0,20	>0,30
B12	10,4 a 12,5	80			-	-	<1,2 K (300 K)	-	-	-	-	>0,30
Câmera WFI												
B13	0,45 a 0,52	64	866	<0,3	343,4	35,3	0,6	>48	>32	0,6	0,02	>0,23
B14	0,52 a 0,59				361,2	25,7	0,5	>48	>31	0,7	0,04	>0,23
B15	0,63 a 0,69				306,9	12,9	0,5	>47	>25	0,7	0,02	>0,23
B16	0,77 a 0,89				243,4	8,9	0,4	>47	>26	0,8	0,04	>0,18

GIFOV = campo instantâneo de visada no terreno, em m; Rad. Max. = radiância máxima, em $\text{W.m}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$; Rad. Min. = radiância mínima, em $\text{W.m}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$; Res. Radiom. = resolução radiométrica ($\text{NE}\Delta\rho$) ou sensibilidade de temperatura ($\text{NE}\Delta t$), em % ou K; Reflect. Max. = reflectância máxima, em %; MTF = função de transferência de modulação.