

CBERS-3/4: características e potencialidades

José Carlos Neves Epiphânio
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
epiphânio@dsr.inpe.br

Abstract. This paper describes the CBERS Program (China-Brazil Earth Resources Satellite), especially the new family of Earth observation satellites to be launched and operated during this decade – CBERS-3 and 4. This new family is a result of an agreement signed by Brazilian and Chinese governments in 2002 to follow-up the first CBERS series. CBERS-3 is being prepared to be launched this year. It is a more than 2,000 kg satellite designed to operate in a polar, circular, sun-synchronous, 26 days repetitive orbit. The payload comprises four imaging cameras. When taken altogether, the imaging payloads provide spatial resolutions ranging from 5 to 64 meters, temporal revisits from 5 to 52 days in the equator, spectral coverage from blue to thermal infrared wavebands, off-nadir viewing capability, onboard recording. In addition to other features, CBERS-3/4 can attend extended demands when compared to their predecessors – CBERS-1, 2 and 2B. The data policy established for CBERS-3/4 is the same as that applied for CBERS-2 and 2B, which means that all current and new users will have free access to data. It is expected that CBERS-3/4 can fulfill the requirements of many current and new users. According to the policies currently adopted to extend the CBERS data accessibility to other countries – especially in Africa -, CBERS-3/4 will contribute to strengthen its impact on remote sensing science and development around the world.

Palavras-chave: space program, remote sensing satellite, imaging cameras, earth observation, space data policy

1. Introdução

A obtenção de dados sobre a superfície terrestre tem-se tornado cada vez mais necessária. Isso pode ser atestado pelo aumento sistemático das publicações científicas nessa área do conhecimento, dos sistemas espaciais, de empresas e de usuários. O início da aquisição de dados a partir do espaço de uma forma sistemática, rotineira e abrangente com o programa Landsat, em 1972. A partir de então, o lançamento de satélites de observação da Terra expandiu-se e, atualmente, mais de uma dezena de países possuem sistemas espaciais de sensoriamento remoto, como Alemanha, Argélia, Argentina, Canadá, Estados Unidos, França, Israel, Itália, Japão, Rússia, e outros. O Brasil e a China fazem parte desse grupo. O fato de possuir um sistema de observação da Terra próprio traz mais autonomia ao país no que diz respeito à observação do seu território e uma posição estratégica para a observação global da superfície terrestre.

A inserção do Brasil num programa autônomo de imageamento a partir do espaço deu-se com o estabelecimento do Programa CBERS – China Brazil Earth Resources Satellite. É um programa de longo prazo estabelecido entre o Brasil e a China para o projeto, construção, lançamento e operação de satélites de sensoriamento remoto. Teve início em 1988 e previa a construção de dois satélites – CBERS-1 e 2. Posteriormente, em 2004, assinou-se um acordo complementar e especial para a construção do CBERS-2B. Não obstante, já em 2002 havia sido assinado o acordo para construção dos CBERS-3/4 (Epiphânio, 2009). Portanto, o acordo para o CBERS-2B deu-se em vista de uma provável interrupção na aquisição de dados em função de o CBERS-3 ainda não estar em operação ao final das operações do CBERS-2. Apesar desse acordo e da real construção e operação do CBERS-2B, não se conseguiu evitar a interrupção das aquisições de dados, uma vez que o CBERS-3 tem previsão de lançamento para fins de 2011, enquanto o CBERS-2B encerrou suas operações no primeiro semestre de 2010.

Os CBERS-3/4 são sucessores dos três primeiros satélites da série. Tal sucessão dá-se em duas direções principais. A primeira é assegurar a continuidade dos imageamentos que vinham acontecendo. A segunda é melhorar o desempenho e ampliar o escopo dos

imageamentos em relação à família CBERS anterior. Para tanto, fez-se um novo projeto e conjunto de câmeras. O objetivo deste artigo é o de detalhar a missão CBERS-3/4 sob a perspectiva do usuário e discutir como o satélite e sua carga útil poderão atender às múltiplas necessidades dos usuários.

2. Características dos CBERS-3/4

Os CBERS-3/4 têm como principal missão coletar dados que permitam o monitoramento e estudo de fenômenos naturais e antrópicos que ocorram na superfície terrestre.

Faz parte da missão dos CBERS-3/4:

- a) adquirir imagens pancromáticas de alta resolução da superfície terrestre;
- b) adquirir imagens de média resolução nas bandas do visível, infravermelho próximo, infravermelho de ondas curtas e infravermelho termal;
- c) adquirir imagens da superfície terrestre com grande frequência;
- d) receber e retransmitir dados de estações terrenas de coleta de dados;
- e) monitorar o ambiente do satélite quanto à irradiação por partículas;

Os itens a, b e c são conseguidos por meio de câmeras imageadoras e serão mais detidamente analisados neste artigo. Os dois últimos itens não se configuram em imageadores. As principais características da plataforma do CBERS-3/4 podem ser sintetizadas como tendo massa total de 2.000kg; potência elétrica de 2.500 w; 2 baterias de NiCd de 50 Ah cada; dimensões de 1,8 x 2,0 x 2,2 m; painéis solares com dimensões de 6,3 m x 2,6 m; 16 propulsores de hidrazina de 1 N e 2 de 20 N; vida útil de 3 anos para uma confiabilidade de 60%; controle de atitude baseado em três eixos estabilizados apontando para a Terra; e serviço de comunicação em banda S.

Os CBERS-3/4 operam numa órbita sol-síncrona, recorrente e congelada, com os seguintes parâmetros nominais:

- a) Semi-eixo principal (média): 7148,865 km
- b) Inclinação: 98,504 graus
- c) Excentricidade: $1,1 \times 10^{-3}$
- d) Erro de excentricidade: $< 0,0001$
- e) Argumento do perigeu: 90°
- f) Erro do argumento do perigeu: $< 5^\circ$
- g) Hora local no nodo descendente: 10:30 a.m.
- h) Estabilidade da hora local no nodo descendente: ± 10 minutos
- i) Período orbital: 100,26 minutos
- j) Repetição do ciclo: 26 dias
- k) Revoluções/dia: $14 + 9/26$
- l) Distância inter-faixas no equador: 106,25 km
- m) Intervalo entre faixas adjacentes: 3 dias
- n) Estabilidade do traço no equador: ± 5 km
- o) Altitude: 778 km

Embora todas as características descritas sejam de importância para a consecução da missão, algumas devem ser destacadas para o sensoriamento remoto. A primeira é a sol-sincronicidade do CBERS-3/4, que assegura uma uniformidade de iluminação durante o imageamento, pois o ângulo entre o plano da órbita e a linha que une o centro da Terra ao Sol é mantido constante durante toda a missão. Outra importante característica é a quase circularidade da órbita, que mantém uma regularidade na escala do imageamento, fazendo com que objetos da cena em quaisquer posições da órbita sejam intercomparáveis em suas dimensões. A hora local para o cruzamento do equador foi fixada em 10:30, o que estabelece uma relação de compromisso entre um valor satisfatório de irradiância solar, contraste entre

alvos, e presença de nuvens. A repetição do ciclo fixado em 26 dias, associada à sua característica de ser quase polar, assegura ao usuário uma regularidade previsível de aquisição de imagens e também um recobrimento potencial de quase todo o globo, com exceção dos polos. A distância fixada entre faixas no equador visa garantir uma sobreposição entre as faixas de dois dos imageadores que serão descritos adiante, de modo a que sejam evitados riscos de ausência de imageamento em algum ponto da superfície terrestre. O intervalo de três dias entre faixas adjacentes mantém o mesmo padrão de imageamento dos CBERS anteriores, e permite que fenômenos que ocorram em áreas contíguas a duas faixas de imageamento possam ser visualizados num curto intervalo de tempo. Embora seja um parâmetro operacional, fixou-se em cinco quilômetros o intervalo máximo aceitável para que o satélite se afaste da faixa de imageamento prevista, o que vai garantir a regularidade e consistência do imageamento de todas as faixas de imageamento.

Durante a fase de operação de rotina, o satélite é caracterizado pela operação de todos os subsistemas. Há basicamente dois modos de operação. No modo normal, as seguintes funções estarão em operação: as cargas úteis, os dispositivos de envio de telemetrias, os receptores de telecomandos, os sistemas de determinação e controle de atitude, o sistema de fornecimento de energia e o sistema de controle térmico. No modo de manutenção de órbita, cuja finalidade é fazer as correções dos elementos orbitais para manterem os parâmetros orbitais dentro dos limites estabelecidos, todas as funções anteriores são preservadas, exceto a operação das cargas úteis.

3. As cargas úteis

As cargas úteis do CBERS-3/4 compõem-se de todos os instrumentos diretamente relacionados com a aquisição dos dados científicos ou relacionados à missão do satélite (CBERS 3&4, 2005; 2010). São:

- a) Câmera Pancromática e Multiespectral (PAN),
- b) Câmera Multiespectral Regular (MUX),
- c) Imageador Multiespectral e Termal (IRS),
- d) Câmera de Campo Largo (WFI),
- e) Dois Transmissores de Dados de Imagem (MWT para a MUX e WFI, e PIT para o PAN e IRS),
- f) Gravador de Dados Digital (DDR),
- g) Sistema de Coleta de Dados (DCS), e
- h) Monitor do Ambiente Espacial (SEM).

Como o maior interesse recai sobre os sistemas imageadores, é sobre esses que se discorrerá a seguir. A Tabela 1 apresenta as principais características de cada um dos quatro sistemas imageadores a bordo dos CBERS-3/4.

Pela Tabela 1, vê-se que há uma divisão de responsabilidade entre o Brasil e China para a construção dos imageadores. O Brasil é responsável pelas câmeras MUX e WFI, enquanto a China é responsável pelos IRS e PAN. Essa divisão de responsabilidade estende-se aos demais sistemas e também aos custos de toda a missão, que é de 50% para cada país.

Os quatro imageadores conferem aos CBERS-3/4 uma complexidade em termos de imageamento. Ao mesmo tempo, esses imageadores complementam-se e fornecem aos usuários uma gama de atributos muito interessante.

O primeiro sensor é a câmera brasileira MUX. Sua principal função é manter a continuidade dos imageamentos feitos pelos três CBERS anteriores. É o sensor que assegura o recobrimento global do CBERS numa resolução espacial padrão a cada 26 dias. Com um campo de visada estreito (Tabela 2), há pouca alteração no tamanho do pixel nas bordas da imagem. As aplicações dessa câmera são as já desenvolvidas para os satélites que possuem câmeras nessa classe de resolução. Ao contrário da sua congênere a bordo dos CBERS

anteriores, a MUX não possui capacidade de visada lateral. Essa capacidade foi transferida para a câmera PAN.

Tabela 1 – Carga útil imageadora a bordo dos CBERS-3/4.

	MUX	PAN	IRS	WFI
Responsável	Brasil	China	China	Brasil
Faixa	120 km	60 km	120 km	866 km
Revisita no equador	26 dias	52 dias (podendo chegar a três dias)	26 dias	5 dias
Bandas	4 (B, G, R, NIR)	4 (G, R, NIR, PAN)	4 (PAN, 2 SWIR, TIR)	4 (B, G, R, NIR)
Bits	8	8	8	10
Gravação a bordo	Sim	Sim	sim	sim
Visada lateral	Não	sim ($\pm 32^\circ$)	não	não
GIFOV (altitude de 778 km)	20 m	5 m (Pan), 10 m (Multiespectral)	40 m (80 no TIR)	64 m

Tabela 2 – Características complementares da MUX.

Distância focal efetiva	505,8 mm
Abertura relativa	4,5
Campo de visada	$\pm 4^\circ$
Período de amostragem da linha	2,972 ms
Distorção global da imagem	<0,1%
MTF (frequência de Nyquist)	>0,23 para as bandas 1, 2 e 3 >0,18 para a banda 4
Fatores de ganho	1; 1,59; 2,53 e 4
Sensibilidade à polarização	<7%
Confiabilidade	0,955

A segunda câmera imageadora a bordo dos CBERS-3/4 é a PAN. Essa câmera tem uma faixa de imageamento de 60 km. Essa faixa estreita faz com que a PAN tenha um tempo de revisita no equador prejudicado em relação aos outros imageadores. Como importante consequência está o fato de que o padrão orbital com ciclo de 26 dias não lhe permite cobrir totalmente o equador. Para sanar esse inconveniente, esse imageador é dotado de um espelho de visada lateral, desenvolvido para cobrir faixas adjacentes ao percurso sub-satélite. Para que se cubra totalmente o equador serão necessários dois ciclos de 26 dias, levando a resolução temporal regular do PAN para 52 dias. A adoção de um sistema de operação à semelhança daquela adotada para a câmera HRC do CBERS-2B do satélite pode vir a assegurar recobrimentos territoriais globais regulares a cada 52 dias. A Tabela 3 apresenta dados complementares para a PAN. Esta câmera é de melhor resolução espacial a bordo dos CBERS-3/4, com 5 metros na banda pancromática e 10 metros nas multiespectrais. A PAN

trará dois importantes aportes aos CBERS-3/4. Primeiro, uma resolução pancromática de 5m, dando continuidade aos imageamentos de alta resolução iniciados com a câmera HRC/CBERS-2B. Assim, poderá haver uma ampliação dos estudos que necessitem de imageamentos de detalhes. Em segundo lugar, a possibilidade de ter imageamento multiespectral com resolução de 10 metros abre nova perspectiva para as aplicações no país. Se somarmos a isso os processamentos digitais de imagens que promovem a fusão dessas imagens, haverá certamente um ganho significativo ao se juntar a alta resolução da banda pancromática à multiespectralidade em 10 metros das outras bandas. A expectativa é de que o ganho com esses procedimentos mais do que compensarão a baixa resolução temporal desta câmera.

Tabela 3 – Características complementares da PAN.

Distância focal efetiva	1.010 mm
Abertura relativa	3,5
Campo de visada	±4,4°
Tempo de amostragem da linha	Pan-Banda 1: 0,748 ms XS-Bandas 2-4: 1,496 ms
Peso	<264,5 kg
MTF (frequência de Nyquist)	>0,18 para as bandas 1 e 4 >0,22 para as bandas 2 e 3
Ganho	Controle separado por banda Ajustes em 1,25n (n=0, 1, 2, 3 e 4)
Erro de registro entre bandas	<0,3 pixels (ou 4 µm)
S/N (relação sinal/ruído)	B1: 48-max; 25 min; B2: 47 max; 26 min; B3: 45 max; 21 min; B4: 46 max; 20 min
Confiabilidade	0,945
Vida útil	3 anos em órbita

O próximo sensor imageador a bordo dos CBERS-3/4 é o IRS (Imageador Multiespectral e Termal). Na tabela 4 estão mostradas algumas de suas características complementares. Esse sensor é de varredura mecânica e teve uma significativa melhoria em relação ao seu predecessor presente nos CBERS-1/2. Sua resolução espacial passa para 40 metros nas bandas pancromática e do SWIR (infravermelho de ondas curtas) e para 80 metros na banda termal. Há uma expectativa de que a disponibilidade de bandas na região do SWIR venha trazer um grande interesse para uso deste sensor. Agora, que está com uma resolução espacial muito melhorada e próxima daquela do TM/Landsat, é esperado que as aplicações típicas do Landsat passem a utilizar também imagens do IRS. Apesar de estarem em sensores diferentes, é plausível que se busquem soluções para a fusão de imagens do IRS com as da MUX ou mesmo da PAN, com a intenção de aproveitar a alta capacidade discriminativa das bandas do SWIR. Com seu campo de visada de 120 km, acompanha o ciclo de 26 dias para fazer o recobrimento global.

O quarto sensor imageador a bordo dos CBERS-3/4 é a WFI (Câmera de Campo Largo). Esta câmera tem a propriedade de fazer rápidas revisitas a certa área – em geral em menos de cinco dias. Com isso, atividades de monitoramento e vigilância podem ser mais apropriadamente executadas. Tem a característica de funcionar como complemento tanto a outros sensores de mais capacidade de revisita (p.ex. AVHRR/NOAA ou MODIS/Terra e

Aqua) como a sensores com menor capacidade de revista, como o TM/Landsat ou as próprias câmeras dos CBERS-3/4. Além disso, a WFI/CBERS-3/4 teve uma sensível melhoria em suas características em relação às WFI a bordo dos CBERS anteriores. Passou a ter um verdadeiro caráter multiespectral e sua resolução passou para 64 metros no nadir, sem perder a capacidade de rápida revisita, pois manteve um grande campo de visada. Com isso, a WFI/CBERS-3/4 passa ter um grande potencial de uso e inclusão de novos usuários e aplicações.

Tabela 4 – Características complementares do IRS.

Distância focal efetiva	1.400 mm (B1, B2 e B3) 700 mm (B4)
Ângulo de varredura	2,204°
Campo de visada efetivo	8,817°
Campo de visada instantâneo no terreno	B1, B2, B3: 0,05 mrad B4: 0,1 mrad
Eficiência óptica total	30%
Tamanho do plano focal primário	8 mm
MTF do sistema	>0,3
Taxa de varredura	Frequência de varredura: 5,2510 Hz \pm 0,03% Linearidade da varredura: <0,5%
Linha de varredura	Comprimento: 76176 μ m Erro: <5 μ m (rms) (sobre 100 varreduras)
Número de pixels/varredura	3.000 (B1, B2, B3) 1.500 (B4)

Tabela 5 – Características complementares da WFI.

Distância focal efetiva	149,85 mm
Abertura relativa	5,9
Campo de visada	\pm 28,63°
Período de amostragem da linha	9,51 ms
Distorção global da imagem	<3%
MTF (frequência de Nyquist)	>0,23 para as bandas 1, 2 e 3 >0,18 para a banda 4
Fatores de ganho	1; 1,59; 2,53 e 4
Sensibilidade à polarização	<7%
Confiabilidade	0,943

4. Potencialidades dos CBERS-3/4

Os CBERS-3/4 terão um potencial de causar grande impacto na comunidade de sensoriamento remoto, por vários motivos. Primeiramente, seus dados encontrarão uma comunidade usuária ampla e amadurecida no uso de dados de satélite. Atualmente, são mais

de 40.000 usuários de dados CBERS, pertencentes a mais de 5.000 instituições diferentes. Tal comunidade já tem familiaridade com o sistema de catálogo CBERS.

As características de resolução dos CBERS-3/4 são significativamente melhores do que a de seus predecessores e também mais abrangentes, pois se terá resolução espacial indo de 5 metros até 64, bandas espectrais indo do azul até o infravermelho termal, frequências de revisita desde 3-5 dias até 52 dias. Com essas características é esperado que aplicações ambientais sejam ampliadas, desde aquelas que necessitam de grande revisita (por exemplo, programas de monitoramento de desmatamento) até as que necessitem de detalhes, como aquelas envolvendo reserva legal e área de proteção permanente. Como se terá um sensor com alta resolução espacial, mas com satisfatória largura de faixa de imageamento – num bom compromisso entre resolução espacial e temporal – as aplicações que exigem detalhe, mesmo muitas aplicações urbanas serão beneficiadas. No campo das florestas, os CBERS-3/4 poderão ampliar e facilitar as aplicações hoje existentes. Por exemplo, o programa DETER, que avalia o surgimento de novos focos de desmatamento poderá se beneficiar da nova câmera WFI, que agora tem resolução espacial mais refinada e também multiespectralidade real.

No campo da agricultura, diversas aplicações serão beneficiadas com os CBERS-3/4. Por exemplo, as aplicações que exigem alta frequência de revisita, como o mapeamento de culturas poderão se beneficiar da câmera WFI, que agora tem resolução espacial com bom grau de atendimento desse tipo de demanda. A característica de o IRS ter bandas no SWIR e ter melhorado sua resolução espacial permitirá a realização mais eficaz de trabalhos que exigem discriminação de culturas, por exemplo. Poderá haver uma potencialização dos sensores caso sejam desenvolvidos produtos híbridos, que integrem a capacidade espectral e espacial dos diversos sensores. A presença da banda do infravermelho termal no IRS poderá abrir a possibilidade de inserção desse tipo de dados em modelos de produtividade, por exemplo, em que se buscam estimativas de evapotranspiração e aproveitamento da água pelas culturas.

As aplicações no campo marinho e costeiro também serão beneficiadas pelas características dos novos sensores a bordo dos CBERS-3/4. Como a câmera WFI possui resolução de 64 metros, mas não perdeu sua capacidade de ter amplo campo de visada, poderá contribuir para programas de monitoramento ambiental da costa na região de exploração de petróleo. As outras câmeras de média a altas resoluções espaciais contribuirão para monitoramentos costeiros que exijam maior detalhe.

O segmento de cartografia poderá se beneficiar da capacidade de estereoscopia propiciada pela câmera PAN, cujas imagens podem ser adquiridas em concomitância com a câmera multiespectral para auxiliar na identificação de alvo e extração de informação de interesse cartográfico. Neste sentido, os serviços que exijam medição de área seguramente farão uso das imagens PAN. Os CBERS-3/4 têm uma característica importante que é o escalonamento de resoluções, pois todos os sensores poderão operar ao mesmo tempo, com grande benefício para o usuário.

Outro aspecto relevante é a capacidade de gravação a bordo. É possível a gravação simultânea dos imageamentos de todos os quatro sensores. Com essa característica, o Brasil poderá ampliar significativamente sua base de dados de territórios fora dos seus limites. Ao mesmo tempo, poderá ser um forte provedor de dados para outros países, notadamente aqueles com os quais se deseja ter uma forte relação de trocas. Dadas essas capacidades dos CBERS-3/4, a sua inserção em programas internacionais como o Charter para Desastres poderá ser feita em bases muito mais consistentes do que as atuais.

5. Conclusões

Os CBERS-3/4, como uma nova família de satélites na cooperação Brasil/China, possuem sensores sensivelmente melhorados em relação aos seus predecessores. Seus sensores

possuem uma gama considerável de propriedades que os tornam muito abrangentes em termos de potências de aplicação e pesquisa. As resoluções espaciais vão de 5 m a 64 m, as resoluções temporais vão de 3-5 dias até 52 dias, todas as principais faixas espectrais da região óptica são contempladas. Essas características fazem com que haja uma continuidade das aplicações até então executadas com os CBERS anteriores e uma sensível ampliação de aplicações.

A atual política de dados será mantida, de modo que o acesso aos dados do CBERS-3/4 continuará sendo facilitado. Ao mesmo tempo, como já há uma infraestrutura de recepção montada ou em fase final de montagem em outros países, é de se esperar que os CBERS-3/4 tenham uma penetração internacional muito maior do que a que se obteve até o presente com os outros CBERS.

Dadas as características de multirresoluções apresentadas pelo conjunto de sensores dos CBERS-3/4, é de se supor que haja uma ampliação significativa no rol de produtos híbridos à disposição dos usuários, com a finalidade de atender a objetivos específicos. Prevê-se que novas aplicações ou aplicações que não eram susceptíveis de serem desenvolvidas com os CBERS anteriores possam ser agora efetivadas.

Referências

Epiphany, J.C.N. CBERS: estado atual e futuro. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14, 2009., Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE. p. 2001-2008. On-line. Disponível em: < <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.12.46/doc/2001-2008.pdf> >. Acesso em 6 nov. 2010.

China Brazil Earth Resources Satellite (CBERS 3&4). **CBERS 3&4 satellite specification.** São José dos Campos, INPE, 2005. (RB-HDS-0023/01).

China Brazil Earth Resources Satellite (CBERS 3&4). **Critical design review data package. Chapter 03 – satellite mission requirements.** São José dos Campos, INPE, 2010. (RB-REV-026/00).