

RELATO DAS PESQUISAS REALIZADAS NO CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA/UFRGS COM DADOS DOS PROGRAMAS CBERS (SATÉLITE SINO-BRASILEIRO DE RECURSOS TERRESTRES)

Silvia Beatriz Alves Rolim¹, Rafael Pereira Zanard², Sérgio Florêncio de Souza¹

¹ *Departamento de Geodésia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS – Brasil {silvia.rolim@ufrgs.br}; {sergio.florencio@ufrgs.br}*
Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia – CEPSRM, Porto Alegre, RS - Brasil

² *Petrobrás – Petróleo Brasileiro, {rafael_zanardi@yahoo.com.br}*

RESUMO: A utilização do Sensoriamento Remoto em diferentes campos do conhecimento cresce dia a dia graças ao desenvolvimento de pesquisas nas áreas de Sistemas de Informações Geográficas, Cartografia, Processamento Digital de Imagens, entre outras. A extração de informações geométricas de imagens espaciais, tais como, distâncias, orientações de direções, avaliação de superfícies, requer o conhecimento das relações matemáticas entre os espaços imagem e objeto. A extração de feições em imagens digitais para a geração ou atualização de mapas pode ser feita quando a localização dos detalhes presentes na imagem é determinada em algum sistema de referência selecionado. O programa CBERS é um projeto conjunto entre o Brasil e a China para a construção de uma Família de satélites de sensoriamento remoto. Iniciado em 1988, trata-se de modelo de cooperação e intercâmbio tecnológico entre países em desenvolvimento. Atualmente, está em operação o CBERS-2B, e está previsto o lançamento do CBERS-3 para 2010 e do CBERS-4 para 2011. As imagens obtidas desses satélites estão sujeitas a uma série de distorções espaciais não possuindo, portanto, precisão cartográfica. Nesse artigo serão relatadas algumas experiências de pesquisas realizadas pelo curso de engenharia cartográfica da UFRGS com dados provenientes dos satélites CBERS, visando avaliar e modelar essas distorções.

Palavras chaves: CBERS, CCD, Engenharia Cartográfica.

1. O PROGRAMA CBERS

Notáveis avanços em sensoriamento remoto marcaram a última década do Século XX. Sensores de alto desempenho foram desenvolvidos e lançados com diferentes resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal. Estes novos sensores permitiram a observação diferenciada de feições de superfície, bem como o mapeamento de recursos naturais, em escalas regional e de detalhe.

No Brasil, a necessidade comum de aquisição eficiente de dados e de autonomia no monitoramento de recursos naturais, aliada ao consagrado conhecimento científico na área espacial, fomentou a criação de uma parceria entre as agências espaciais brasileiras e chinesas, num investimento superior a US\$ 300 milhões num sistema de responsabilidades divididas (30% brasileiro e 70% chinês). A experiência chinesa na construção de satélites e foguetes lançadores tornou-se a grande aliada estratégica para o governo brasileiro. Em contrapartida, o Brasil trazia em sua bagagem a familiaridade com a alta tecnologia e um parque industrial mais moderno que o existente no parceiro. O objetivo principal deste projeto foi o domínio total da tecnologia espacial para monitoramento de grandes

áreas despovoadas, de recursos naturais, além dos grandes potenciais agrícolas e ambientais de ambos os países.

Formado em 1988, o programa de cooperação sino-brasileiro denominado CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) lançou seu primeiro satélite CBERS-1, em outubro de 1999 e, posteriormente, o CBERS-2, em outubro de 2003. Os satélites CBERS-1 e 2 são idênticos em termos de estrutura técnica, missão espacial e carga útil. Em setembro de 2007 foi lançado com êxito o CBERS-2B como uma substituição para CBERS-2, inicialmente fornecendo dados experimentais em 2008. Atualmente, estão programadas duas outras plataformas, com amplas melhorias nos sistemas de imageamento - CBERS-3 em 2009 e CBERS-4 em 2011. Projetados para cobertura global, os satélites CBERS-1 e 2 possuem órbita heliosíncrona a uma altitude de 778 km e inclinação de 98,504° em relação ao Equador, cruzando o Equador às 10:30 É (horário solar local) e completando 14 revoluções por dia.

2. CARACTERÍSTICAS DOS SATÉLITES CBERS-1 E 2

O primeiro satélite desenvolvido, CBERS-1, foi lançado pelo foguete chinês Longa Marcha 4B, do Centro de Lançamento de Taiyuan em 14 de outubro de 1999. O CBERS-2, tecnicamente idêntico ao primeiro, foi lançado no dia 21 de outubro de 2003. São compostos por dois módulos:

- “Carga útil”, onde são acomodadas as três câmeras (HR CCD – *High Resolution Charge Coupled Device*, IRMSS – *Infrared Multi Spectral Scanner* e WFI – *Wide Field Imager*) e o Repetidor para o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais.

- “Serviço”, que contém os equipamentos que asseguram o suprimento de energia, os controles, as telecomunicações e demais funções necessárias.

Os 1100W de potência elétrica necessária para o funcionamento dos equipamentos de bordo são obtidos através de painéis solares que se mantêm orientados na direção do sol por controle automático. O satélite dispõe ainda de um sistema de controle de atitude, complementado por um conjunto de propulsores a hidrazina que também auxilia nas eventuais manobras de correção da sua órbita nominal (Figura 1).

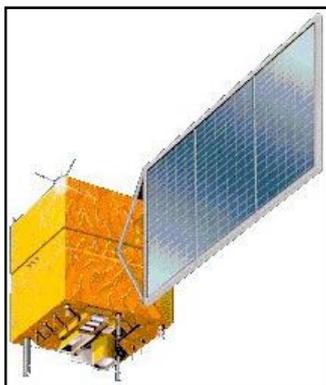


Figura 1 - Protótipo dos satélites CBERS 1 e 2.
Fonte:INPE 2008.

2.1 AS CÂMERAS DOS SATÉLITES CBERS-1 E 2

Uma característica dos satélites CBERS é a diversidade de câmeras com diferentes resoluções espaciais e temporais para observações ópticas de todo o globo terrestre (Figura 2), além de um sistema de coleta de dados ambientais.

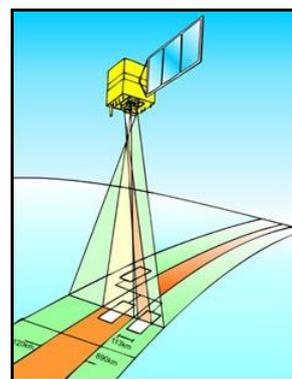


Figura 2 - Faixas de imageamento das câmeras dos satélites CBERS. Fonte:INPE 2008.

2.2 IMAGEADOR DE AMPLO CAMPO DE VISADA (WFI)

O WFI produz imagens de uma faixa de 890 km de largura, permitindo a obtenção de cartas-imagem com resolução espacial de 260 m (Tabela 1). No período aproximado de cinco dias, obtém-se uma cobertura completa do globo.

Tabela 1 - Características do Imageador WFI.

Bandas espectrais	0,63-0,69 μm (Verm)
	0,77 - 0,89 μm (IVP)
Campo de Visada	60°
Resolução espacial	260 x 260 m
Largura da faixa imageada	890 km
Resolução temporal	5 dias
Frequência da portadora de RF	8203,35 MHz
Taxa de dados da imagem	1,1 Mbit/s
Potência Efetiva Isotrópica Irradiada	31,8 dBm

Entre suas aplicações, podem ser mencionadas:

- Geração de mosaicos nacionais ou estaduais;
- Geração de índices de vegetação para fins de monitoramento;
- Monitoramento de fenômenos dinâmicos; como safras agrícolas, queimadas persistentes;
- Sistema de alerta, em que a imagem WFI serve como indicativo para a aquisição de imagens de mais alta resolução da CCD ou do IRMSS;
- Acoplamento a outros sistemas mundiais de coleta de dados de baixa a média resolução.

2.3 CÂMERA IMAGEADORA DE ALTA RESOLUÇÃO (HR CCD)

A câmera CCD fornece imagens de uma faixa de 113 km de largura, com uma resolução de 20 m. Esta câmera tem capacidade de orientar seu campo de visada dentro de $\pm 32^\circ$, possibilitando a obtenção de imagens estereoscópicas (Figura 3). Além disso, qualquer fenômeno detectado pelo WFI pode ser

registrado pela Câmera CCD, para estudos mais detalhados, no máximo, a cada três dias.

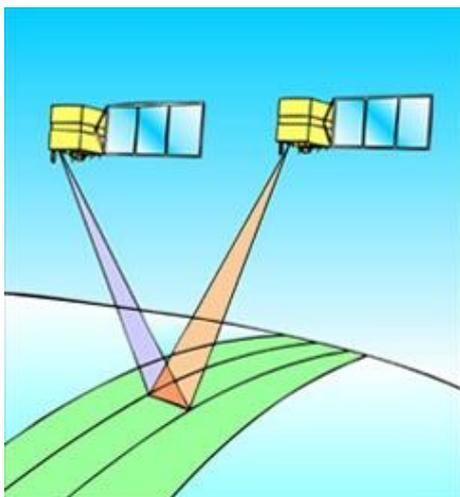


Figura 3 - Esquema representativo da obtenção de pares estereoscópicos através da visada lateral.
Fonte: INPE 2008.

A Câmera CCD opera em 5 faixas espectrais incluindo uma faixa pancromática de 0,51 a 0,73 μm (Tabela 2). As duas faixas espectrais do WFI são também empregadas na câmera CCD para permitir a combinação dos dados obtidos pelas duas câmeras. São necessários 26 dias para uma cobertura completa da Terra.

Tabela 2: Características da Câmera CCD

Bandas espectrais	0,51 - 0,73 μm (pan)
	0,45 - 0,52 μm (azul)
	0,52 - 0,59 μm (verde)
	0,63 - 0,69 μm (verm)
	0,77 - 0,89 μm (IVP)
Campo de Visada	8,3°
Resolução espacial	20 x 20 m
Largura da faixa imageada	113 km
Capacidade de apontamento do espelho	$\pm 32^\circ$
Resolução temporal	26 dias com visada vertical
	(3 dias com visada lateral)
Frequência da portadora de RF	8103 MHz e 8321 MHz
Taxa de dados da imagem	2 x 53 Mbit/s
Potência Efetiva Isotrópica Irradiada	43 dBm

Destacam-se como aplicações potenciais da CCD:

- Vegetação: identificação de áreas de florestas, alterações florestais em parques, reservas,

florestas nativas ou implantadas, quantificações de áreas, sinais de queimadas recentes;

- Agricultura: identificação de campos agrícolas, quantificação de áreas, monitoramento do desenvolvimento e da expansão agrícola, quantificação de pivôs centrais, auxílio em previsão de safras, fiscalizações diversas;

- Meio ambiente: identificação de anomalias antrópicas ao longo de cursos d'água, reservatórios, florestas, cercanias urbanas, estradas; análise de eventos episódicos naturais compatíveis com a resolução da Câmera, mapeamento de uso do solo, expansões urbanas;

- Água: identificação de limites continente-água, estudos e gerenciamento costeiros, monitoramento de reservatórios;

- Cartografia: dada a sua característica de permitir visadas laterais de até 32°, possibilita a obtenção de pares estereoscópicos e a conseqüente análise cartográfica altimétrica;

- Geologia e solos: apoio a levantamentos de solos e geológicos;

- Educação: geração de material de apoio a atividades educacionais em geografia, meio ambiente, e outras disciplinas.

2.4 IMAGEADOR POR VARREDURA DE MÉDIA RESOLUÇÃO (IRMSS)

A câmera de varredura IRMSS tem 4 faixas espectrais e estende o espectro de observação do CBERS até o infravermelho termal (Tabela 3). O IRMSS produz imagens de uma faixa de 120 km de largura com uma resolução de 80 m (160 m no canal termal). Em 26 dias obtém-se uma cobertura completa da Terra que pode ser correlacionada com aquela obtida através da câmera CCD.

Tabela 3 - Características do Imageador IRMSS

Bandas espectrais	0,50 - 1,10 μm (pancromática)
	1,55 - 1,75 μm (IV médio)
	2,08 - 2,35 μm (IV médio)
	10,40 - 12,50 μm (IV termal)
Campo de Visada	8,8°
Resolução espacial	80 x 80 m (160 x 160 m IV termal)
Largura da faixa imageada	120 km
Resolução temporal	26 dias
Frequência da portadora de RF	8216,84 MHz
Taxa de dados da imagem	6,13 Mbit/s
Potência Efetiva Isotrópica Irradiada	39,2 dBm

Suas aplicações são as mesmas do sensor CCD, com as devidas adaptações. Outras aplicações são:

- Análise de fenômenos de alterações na temperatura da superfície;
- Geração de mosaicos estaduais;
- Geração de carta-imagens.

2.5 SISTEMA BRASILEIRO DE COLETA DE DADOS AMBIENTAIS

Os satélites CBERS-1 e CBERS-2 fazem parte do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais que, baseado na utilização de satélites e mais de 600 Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) distribuídas pelo território nacional, objetiva fornecer ao país dados ambientais diários coletados nas diferentes regiões do território nacional. Esses dados são utilizados em diversas aplicações, tais como a previsão de tempo do CPTEC, estudos sobre correntes oceânicas, marés, química da atmosfera, planejamento agrícola, entre outras.

3. PESQUISA COM IMAGENS CBERS NO DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA DA UFRGS

A partir de 2000, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) disponibilizou imagens do CBERS-1, incentivando a comunidade científica a realizar pesquisa de avaliação dos produtos gerados pelos sensores a bordo, nas suas diversas aplicações. Nesta época, o Curso de Engenharia Cartográfica iniciava seu terceiro ano de existência, com previsão de formar a primeira turma de profissionais em 2002.

Neste contexto, a pesquisa envolvendo os produtos do Programa CBERS iniciou em 2001 na UFRGS, com o Grupo de Pesquisa coordenado pela Geóloga Silvia Beatriz Alves Rolim, professora do Departamento de Geodésia. Dentro da Linha de Pesquisa “Desempenho de Sensores”, o primeiro projeto de pesquisa desenvolvido intitulou-se: Análise do processamento e georreferenciamento em imagens do satélite CBERS. Este trabalho foi desenvolvido pelos alunos Rafael Pereira Zanardi, Cláudio Bielenki Júnior e Carlos Aluísio Mesquita de Almeida, como o Trabalho Final de Conclusão de Curso de Graduação da primeira turma de Engenharia Cartográfica da UFRGS, sob a orientação da Professora Silvia Rolim (Almeida et al 2002).

Neste trabalho, foi analisada a qualidade das informações do satélite CBERS-1 na busca de parâmetros quantitativos que definissem a precisão do seu georreferenciamento. Em termos gerais, realizou-se um levantamento topográfico com GPS diferencial para a aquisição de pontos de controle espacialmente bem distribuídos por toda a área de estudo, a região metropolitana de Porto Alegre, RS. Foram efetuados testes com diferentes quantidades de pontos amostrais e diversos métodos de transformação geométrica e amostragem durante o georreferenciamento. Esses resultados foram estatisticamente analisados para se

determinar o melhor método para georreferenciar as imagens do CBERS-1. Os autores verificaram que a transformação polinomial de primeiro grau com reamostragem por vizinho mais próximo apresentou os melhores resultados, chegando a uma precisão de 18,52 metros (Zanardi et al 2005 e Zanardi et al 2007).

Posteriormente, a pesquisa evoluiu para a extração de informações altimétricas de um par estereoscópico adquirido pela câmera de alta resolução CCD (Charge Coupled Device) do CBERS-2, segundo satélite do Programa CBERS, através de técnicas fotogramétricas digitais. A câmera CCD, além de fornecer imagens com 113 km de largura e 20 m de resolução espacial, possui uma capacidade de apontamento fora do nadir de ± 32 graus, possibilitando a aquisição de imagens estereoscópicas. Adicionalmente, foi avaliada a precisão quantitativa e analisada a acurácia da informação altimétrica. Testes mostraram um valor de Erro Médio Quadrático (EMQ) de 38 metros no Modelo Digital de Terreno (MDT) computado em contraste com pontos-teste extraídos de dados de MDT existentes. A correção deste bias decresceu o valor de EMQ para 27 m. Considerando o Padrão de Exatidão Cartográfica Brasileiro (Brasil, 1984), esta informação altimétrica pode ser utilizada para documentos cartográficos de classe A em escalas até 1:250000. Este trabalho foi resultado da Dissertação de Mestrado de Rafael Pereira Zanardi, em continuidade ao seu Trabalho Final de Conclusão de Curso de Graduação da primeira turma de Engenharia Cartográfica da UFRGS, também sob a orientação dos professores Silvia Rolim e Sérgio Florêncio de Sousa (Zanardi, 2006). Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR) do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM) da UFRGS.

Recentemente, foi desenvolvido o trabalho “Ortorretificação de Imagens CBERS-2 Através da Transformação DLT e do Modelo APM” pela ex aluna Paula Debiasi, do Curso de Engenharia Cartográfica (Turma de 2007). O projeto é fruto de sua dissertação de mestrado, orientada pelo Professor Sérgio Florêncio de Souza, do Departamento de Geodésia da UFRGS. Debiasi (2007) avaliou a potencialidade da geração de ortoimagens do sensor CCD do CBERS-2 produzidas através de um modelo matemático generalizado - Transformação Linear Direta (DLT), implementado na linguagem Delphi 4.0 por alunos de pós-graduação da Universidade Federal do Paraná (UFPR), sendo gerado um utilitário para adaptar a leitura do Modelo Digital de Elevação (MDE) do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) no programa computacional. A área utilizada como teste é uma região de relevo variando de plano a acidentado (até 700m de altura), localizada no Centro Oriental Paranaense e abrangendo o cânion do Guartelá. Para a geração das ortoimagens utilizou-se de duas fontes de informação altimétrica, um MDE gerado pela missão SRTM e outro MDE gerado por curvas de nível e pontos contados de cartas topográficas na escala 1:50.000.

Foi realizado o processo de ortorretificação de um recorte da cena CBERS utilizando os diferentes MDE's, sendo as ortoimagens analisadas por testes estatísticos e classificadas pelo Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) com o uso de pontos de verificação. Para a avaliação da necessidade de ortorretificação da cena CCD CBERS 2 o mesmo recorte foi também corrigido geometricamente por um polinômio de 2°. Os resíduos planimétricos gerados pela simples correção através do polinômio de 2° demonstram que há necessidade do processo de ortorretificação, ou seja, correção de erros devido à topografia do relevo nesta cena. A comparação entre as ortoimagens geradas pelos diferentes MDE's demonstrou que é satisfatória a utilização do MDE do SRTM na ortorretificação de imagens advindas do sensor CCD do CBERS-2.

4. PANORAMA ATUAL

Não há dúvidas sobre a importância do desenvolvimento de programas de satélites orbitais no Brasil, cuja extensão territorial demanda estudos e monitoramentos constantes para tomadas de decisões estratégicas de um país emergente. A comunidade científica nacional está ciente de sua responsabilidade social e vem prestado um serviço imprescindível, avaliando o desempenho dos produtos gerados pelo Programa CBERS. Neste aspecto, a UFRGS, representada pelos pesquisadores docentes e discentes do Departamento de Geodésia, certamente vem desenvolvendo papel relevante neste avanço científico, desenvolvendo pesquisa na área de sensoriamento remoto e formando profissionais de alto nível.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.M.A., BIELENKI JÚNIOR, ZANARDI, R.P. 2002. Análise do Processamento e Georreferenciamento em Imagens do Satélite CBERS. **Trabalho de conclusão de curso de graduação de Engenharia Cartográfica**, Depto de Geodésia, UFRGS.

BRASIL. 1884. **DECRETO LEI 89.817 - Padrão de Exatidão Cartográfica.**

DEBIASI, P. 2007. Ortorectificação de Imagens CBERS-2 Através da Transformação DLT e do Modelo APM. **Dissertação de Mestrado**, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Porto Alegre, RS.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), O Programa CBERS. Disponível *online* em: <http://www.cbbers.inpe.br> (acesso em 17/05/2008).

ZANARDI, R.P., ROLIM, S.B.A., BIELENKI JÚNIOR, C., ALMEIDA, C.A. 2005 Avaliação de Desempenho no Georreferenciamento de Imagens do

Sensor HR CCD (*High Resolution Charge-Coupled Device*) do Satélite CBERS-1. **Rev.. Pesquisas Em Geociências: 32(2):81-87.**

ZANARDI, R.P., 2006, Geração de modelo digital de terreno a partir de par estereoscópico do sensor CCD do satélite CBERS-2 e controle de qualidade das informações altimétricas. **Dissertação de Mestrado**, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Porto Alegre, RS. 94p.

ZANARDI, R.P., ROLIM, S.B.A., SOUZA, S.F.; SOUSA FILHO, C.R. 2008. DTM Generation from a Stereo Pair acquired by the China-Brazilian Earth Resources Satellite (CBERS-2) & Quality Control of the Altimetric Information. **International Journal of Remote Sensing. No prelo.**