

## Comportamento do sensor de estrelas a bordo do satélite CBERS-2B na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS).

Jeferson de Souza Arcanjo<sup>1</sup>  
Nuno Cesar da Rocha Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{jeferson, nuno}@dpi.inpe.br

**Abstract.** This work outlines, based on CBERS-2B satellite auxiliary temporal data series, the systematic lack of a valid solution for the satellite attitude determination for the star sensor onboard satellite CBERS-2B over the South Atlantic Anomaly (SAA) area, suggesting the terrestrial magnetic anomaly present in this area as the objective cause for such observed behavior.

**Palavras-chave:** CBERS-2B, AMAS, SAA, Anomalia Magnética do Atlântico Sul, Sensor de Estrelas.

### 1. Introdução

O programa sino-brasileiro CBERS (*China Brazil Earth Resources Satellite*) de cooperação na área espacial, contempla o desenvolvimento de satélites para observação da Terra. Três satélites da família CBERS já foram lançados com sucesso: o satélite CBERS-1 lançado em outubro de 1999 e que não se encontra mais em operação, o satélite CBERS-2 lançado em outubro de 2003 e operacional até hoje, e o satélite CBERS-2B, ora em operação, lançado em Outubro de 2007; estão ainda previstos os lançamentos dos satélites CBERS-3 e CBERS-4, no curso do programa [INPE 2008].

O satélite CBERS-2B conta com alguns mecanismos e instrumentos extras em relação aos seus predecessores. A substituição da antiga câmara IRMSS (*InfraRed Multi Spectral Scanner*), de 80m de resolução, pelo sensor HRC (*High Resolution Camera*), um sensor pancromático com 2,5m de resolução, é um exemplo; outro, estritamente relacionado a este trabalho, é a adição de dois sensores de estrelas ao aparato do satélite.

Os sensores de estrelas são dispositivos digitais que têm por objetivo prover dados para a avaliação da atitude de um satélite - composta por três ângulos de rotação (*roll, pitch e yaw*). A observação temporal de dados auxiliares enviados pelo satélite CBERS-2B, mostra a falta sistemática de uma solução válida para determinação de atitude, por parte do sensor de estrelas a bordo deste satélite, em boa parte do território nacional. A representação geográfica da região de tais ocorrências sugere que o problema esteja fortemente relacionado à área de manifestação mais intensa (menores valores do campo magnético, figura 2) da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) que se sobrepõe a esta região.

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento do sensor de estrelas a bordo do satélite CBERS-2B, na região de maior pronunciamento da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (na altura orbital média do satélite CBERS-2B, 776 km), inferindo esta anomalia como causa para a sistemática falta de solução válida para determinação de atitude, por parte deste dispositivo, nesta região; relacionaremos dados do sensor de estrelas a dados

geográficos das cenas produzidas a partir do processamento dos dados brutos de imagem numa área que cubra a área de maior depressão da AMAS, gerando um mapa que evidencie a sobreposição entre a área de ocorrência das incoerências e a área de maior depressão da AMAS.

## **2. A fenomenologia envolvida**

### **2.1 O magnetismo terrestre**

O campo magnético terrestre tem origem no núcleo externo da Terra onde interações geológicas do magma (composto basicamente de Níquel e Ferro na forma líquida) promovem dois movimentos predominantes deste sistema fluido: o primeiro, com ênfase vertical, é provocado pelo gradiente de temperatura existente na camada do núcleo externo, fazendo com que a massa líquida suba ao topo dessa camada, resfriando-se ao longo desse trajeto e, conseqüentemente, adensando-se, até precipitar-se em descida num processo cíclico; o segundo, com ênfase horizontal, origina-se da rotação da Terra (força de Coriolis) apresentando movimentos cíclicos[Saboia e Marques, 2005].

O sistema fluido compõe um conjunto de correntes térmicas no meio níquel-ferro (correntes de convecção térmicas) com uma tendência maior de giro no sentido de rotação da Terra, integrando uma corrente efetiva que dá origem ao campo magnético terrestre e sua magnetosfera. A magnetosfera funciona como uma blindagem que impede a penetração de partículas do vento solar (veja no item 2.2) nas partes mais profundas da atmosfera [Angelo Leithold, 2008].

### **2.2 O vento solar**

Plasma, no espaço, são gases rarefeitos constituídos de partículas ionizadas (carregadas). O Vento Solar é um fluxo contínuo de plasma (partículas carregadas) que parte da coroa solar (campo magnético solar) em direção (radial) ao espaço interplanetário.

O vento solar, por sua interação com o campo magnético da Terra, é responsável pela forma aproximada da magnetosfera terrestre; suas flutuações em velocidade, direção e densidade (entre outras propriedades físicas) afetam o ambiente espacial local da Terra.

A Terra é bastante protegida do vento solar por seu campo magnético (magnetosfera) que deflete a maior parte do fluxo incidente de partículas carregadas. Entretanto, uma parcela pequena deste fluxo é aprisionada (devido à dinâmica de interação entre o fluxo e a magnetosfera por ele "deformada"), dirigindo-se, como numa linha de transmissão de energia eletromagnética (linhas de campo), para a alta atmosfera e ionosfera terrestres [Guimarães e Silva, 2002].

### **2.3 A interação do vento solar com a magnetosfera**

A precipitação de partículas carregadas, através da magnetosfera, esta relacionada à estrutura do campo magnético terrestre local (magnetosfera). De acordo com a geometria local da magnetosfera (pólos) ou a intensidade do campo magnético (anomalias magnéticas), é possível observar a precipitação, na magnetosfera, de partículas provenientes do vento solar [Pinto e Drummond, 2004].

Nas regiões polares (altas latitudes) onde as linhas de força do campo magnético são perpendiculares à superfície terrestre, as partículas carregadas do vento solar penetram facilmente até a atmosfera superior ou ionosfera inferior (60 a 100 Km de altitude),

conduzidas pelas próprias linhas de campo, resultando num fenômeno há muito conhecido por aurora boreal.

Uma outra ocorrência da penetração do fluxo de partículas carregadas (vento solar) em camadas da atmosfera terrestre, é observada em regiões de depressão das linhas do campo magnético terrestre (anomalias magnéticas) - onde a intensidade do campo é reduzida, permitindo a precipitação do fluxo.

Equipamentos eletrônicos em terra, redes de energia elétrica, sistemas de transmissão que dependam de camadas da alta atmosfera e da magnetosfera para plena operação, bem como satélites, sondas e sistemas espaciais de um modo geral, que dependem de condições eletromagnéticas relativamente estáveis na ionosfera, quando submetidos a uma forte precipitação de partículas carregadas, estarão sujeitos a mau funcionamento ou mesmo comprometimento total de sua utilidade.

#### 2.4 A Anomalia Magnética do Atlântico Sul

A Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) é uma região onde o efeito de proteção da magnetosfera perde parte de sua eficiência (onde o cinturão de Van Allen - regiões (da magnetosfera) de partículas carregadas, de alta energia, aprisionadas pelo campo da magnetosfera - tem a máxima aproximação em relação à superfície da terra). O fenômeno está relacionado ao deslocamento excêntrico do centro do campo magnético da Terra em relação a seu centro geográfico. Trata-se de uma área (presentemente no Atlântico sul e parte do continente sul americano) em que a intensidade magnética é cerca de metade da esperada para regiões desta latitude, absorvendo mais partículas do vento solar do que outras localidades. A anomalia abrange, presentemente, a região situada entre  $-90^\circ$  e  $+40^\circ$  de longitude e  $-50^\circ$  até a linha do Equador.

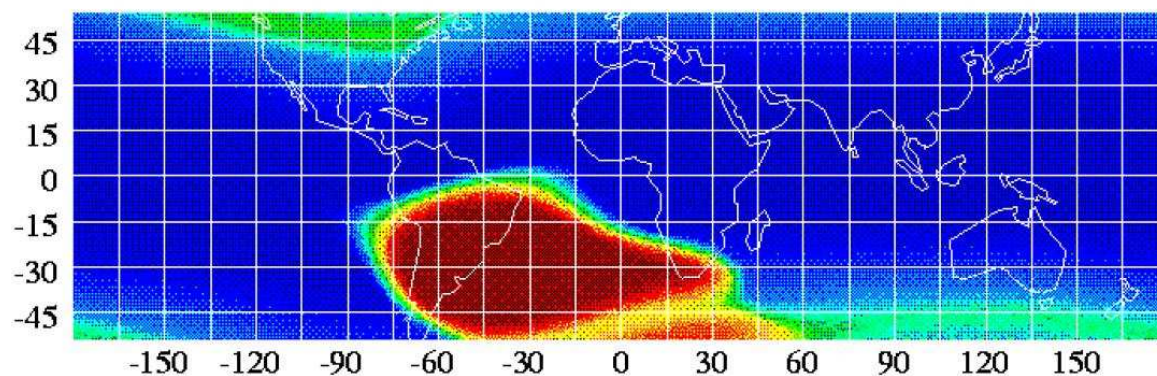


Figura 1. Área de abrangência da AMAS [Guimarães e Silva 2003]

Esta anomalia tem uma dinâmica geológica temporal da ordem de 1000 anos, observando um deslocamento anual para oeste da ordem de  $0.3^\circ$ . Presentemente o Brasil está quase que completamente dentro da área de abrangência da anomalia, cujo centro encontra-se em território paraguaio. Há 400 anos a AMAS estava localizada no Sul do continente africano e apresentava intensidades maiores.

Abaixo mostramos a região de abrangência da AMAS e as isolinhas do campo magnético terrestre avaliadas a uma altitude de 778 km, bem próxima à altitude orbital média do satélite CBERS-2B (776 km).

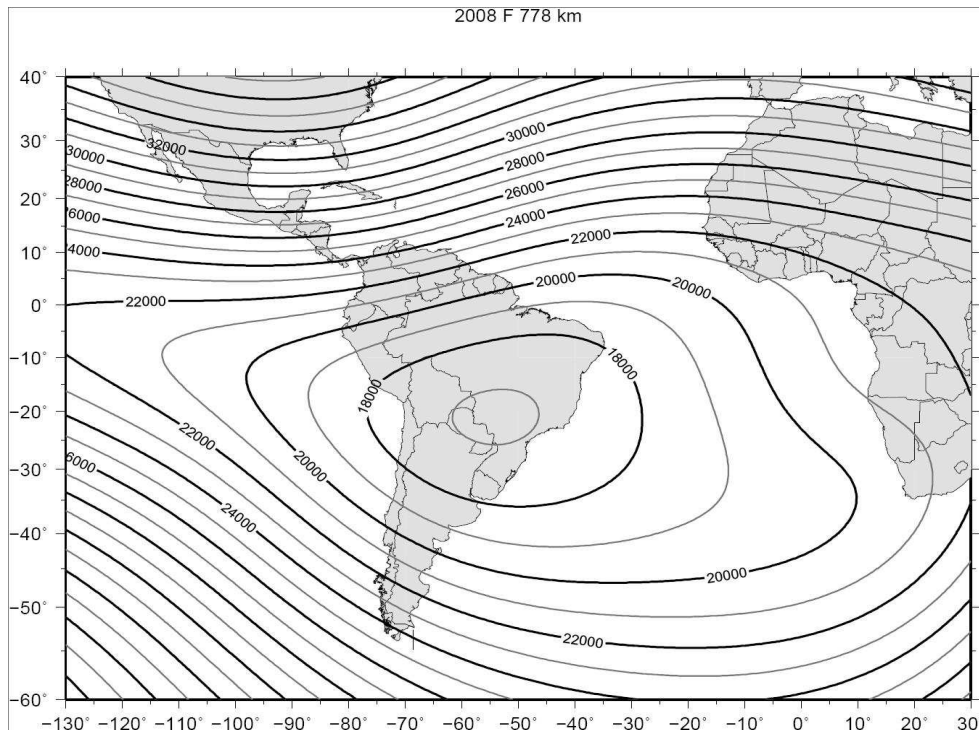


Figura 2. Intensidade de campo magnético (nT) [IAGA, 2008]

### 3. Ferramentas e Procedimentos

No desenvolvimento deste trabalho utilizou-se o aplicativo de visualização e análise de dados geográficos TerraView para a análise e geração dos dados, além de *scripts* e códigos escritos na linguagem PHP para extração e formatação de dados armazenados em um banco de dados (BD) relacional cujo Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) é o software MySQL.

A seguir estão ordenados os passos do desenvolvimento do trabalho:

- a) Geração de dados (PHP/BD)
  - . Geração de lista de cenas CCD/CBERS-2B contendo:
    - . Path (órbita de referência da cena);
    - . Row (ponto de referência da cena);
    - . Latitude e Longitude do centro das cenas;
    - . Número de cenas adquiridas;
    - . Número de cenas com dados do sensor de estrelas;
    - . Relação (número de cenas com dados do sensor estrelas) / (total de cenas adquiridas);

- b) Importação dos Dados

. criação de uma base contendo o mapa mundi para a representação dos dados (georreferenciados) gerados no passo anterior;

c) Representação gráfica dos resultados.

- . representação (plotagem) das isolinhas do campo magnético terrestre (AMAS);
- . representação do índice (num. cenas c/ dados do sensor de estrelas/num. cenas adquiridas p/ cada path/row);
- . fatiamento do índice, evidenciando o comportamento do sensor de estrelas na área de maior depressão da AMAS;

### 3.1 Resultados

A Figura 3 apresenta o índice (georreferenciado) de ocorrência de cenas, do satélite CBERS-2B, com dados válidos do sensor de estrelas na região de abrangência da estação de recepção do INPE em Cuiabá - MT e as isolinhas do campo magnético terrestre na região de pronunciamento da AMAS (na altitude de 778 km). Grande parte da área de alcance da estação de recepção de Cuiabá esta incluída no domínio de manifestação da AMAS. Os índices de incidência de cenas variam de 0.05 a 1.00 (correspondente a 100%). As cores mais frias representam maiores índices. A inexistência de pontos representativos significa ausência de dados válidos do sensor de estrelas nesses pontos (regiões). As isolinhas correspondentes às cores mais frias representam maiores valores para a intensidade do campo magnético.

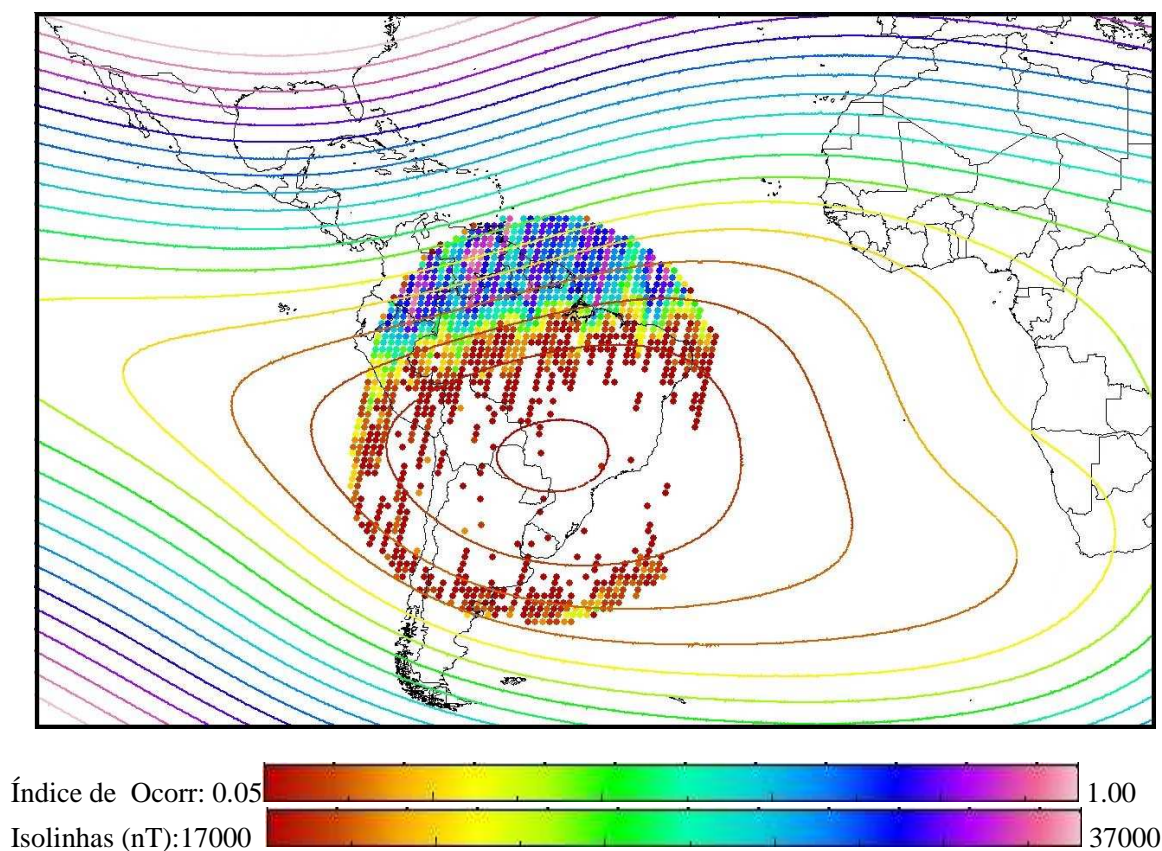


Figura 3 – Ocorrência de cenas com dados de sensor de estrelas e isolinhas da AMAS.

#### **4. Conclusões**

A análise dos resultados sugere forte correlação entre a área de maior pronunciamento (maior depressão do campo magnético) da Anomalia Magnética do Atlântico Sul, na altitude orbital do satélite CBERS-2B, e as posições geográficas onde se tem registrado a falta sistemática de uma solução válida para determinação de atitude, por parte do sensor de estrelas, a bordo deste satélite.

Refinamentos futuros, quer no sentido de uma blindagem extra do sensor de estrelas ou na incorporação de algoritmos de detecção e correção de erros a seus sistemas de operação e controle, poderão ser pertinentes, na medida em que mais evidências venham corroborar as observações ora registradas na área de maior depressão do campo magnético da AMAS (na altitude orbital do satélite), validando assim, a inferência postulada neste trabalho.

#### **Agradecimentos**

Ao colega Eng. Ricardo Cartaxo, coordenador do programa CBERS do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, ao Dr. Adenilson Roberto da Silva da Divisão de Sistemas Espaciais e ao Dr. Marcelo Banik de Pádua da Divisão de Geofísica Espacial pelas gentis sugestões e explicações de natureza técnica pertinentes a este trabalho.

## Referências

- Guimarães, R. C.; Silva, C. E.. Anomalia Magnética do Atlântico Sul: Origem Interna e Visão Espacial - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.geocities.com/unibem\\_palmas/2\\_AMAS\\_Origem\\_Interna\\_Visao\\_Espacial.pdf](http://www.geocities.com/unibem_palmas/2_AMAS_Origem_Interna_Visao_Espacial.pdf)> Acesso em: 10 nov. 2008.
- Leithold, Ângelo Antônio - Anomalia Magnética do Atlântico Sul - Um pequeno resumo, UNIBEM. Disponível em: <<http://anomalia.magnetica.atlantico.sul.googlepages.com/home>> Acesso em: 28 out. 2008.
- Pinto, L.M.V.G. ; Drummond, M. A. - Um Novo Olhar sobre a Segurança de Sistemas Elétricos. Disponível em: <<http://www.mantenimentomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/olhar.pdf>> Acesso em: 25 out. 2008.
- Saboia, A. M. ; Marques, G. C. , Anomalia Magnética do Atlântico Sul, Universidade de Brasília, Instituto de Geociências. Disponível em: <[http://www.geocities.com/unibem\\_palmas/5\\_Anomalia\\_Magnetica\\_Atlantico\\_Sul.pdf](http://www.geocities.com/unibem_palmas/5_Anomalia_Magnetica_Atlantico_Sul.pdf)>. Acesso em: 04 jul. 2008.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Satélite Sino Brasileiro de recursos terrestres. Site apresenta informações sobre o satélite CBERS. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br>>. Acesso em: 08 ago. 2008.
- Wikipédia – Anomalia do Atlântico Sul. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Anomalia\\_do\\_Atlantico\\_Sul](http://pt.wikipedia.org/wiki/Anomalia_do_Atlantico_Sul)>. Acesso em: 04 ago. 2008.
- International Association of Geomagnetism & Aeronomy - International Geomagnetic Reference Field – Disponível em <<http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html>> Acesso em: 26 out. 2008.
- TerraView – Aplicativo para visualização, consulta e análise de dados geográficos – Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php>> Acesso em: 12 jul. 2008.