

CAPÍTULO 5

COMO MANTER UM SATÉLITE ORIENTADO?

Marcelo Lopes de Oliveira e Souza¹

Walkiria Schulz²

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

¹ e.mail: mlos@dem.inpe.br

² e.mail: walkiria@dem.inpe.br

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	5 - 5
1 INTRODUÇÃO	5 - 7
2. O QUE É A ATITUDE DE UM SATÉLITE?	5 - 7
3 COMO CONTROLAR A ATITUDE DE UM SATÉLITE?	5 - 7
4 O QUE SÃO MANOBRAS DE ATITUDE?	5 - 11
5 CONCLUSÕES	5 - 12

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - A ATITUDE DE UM SATÉLITE NO ESPAÇO	5 - 7
FIGURA 2 - EFEITOS ESTABILIZADORES NATURAIS	5 - 8
FIGURA 3 - A LUA SEMPRE MOSTRA A MESMA FACE PARA NÓS	5 - 8
FIGURA 4 - UM SISTEMA DE CONTROLE DE ATITUDE ATIVO	5 - 9
FIGURA 5 - UM SCA POR ROTAÇÃO E BOBINAS MAGNÉTICAS	5 - 10
FIGURA 6 - UM SCA POR JATOS DE GÁS	5 - 10
FIGURA 7 - MANOBRAS DE ATITUDE DE UM SATÉLITE	5 - 12

1 INTRODUÇÃO

Com base no que foi visto nos Capítulos anteriores e, em especial, no Capítulo 7, neste Capítulo 8 veremos o que é atitude de um satélite, como controlar a atitude de um satélite, e o que são manobras de atitude.

2 O QUE É A ATITUDE DE UM SATÉLITE?

Atitude de um satélite é a sua orientação no espaço medida em relação a uma referência pré-fixada, como a Terra, o Sol, as estrelas, etc. É caracterizada por 3 ângulos e por suas velocidades de rotação (angulares), medidos em relação a este referencial (Figura 1).

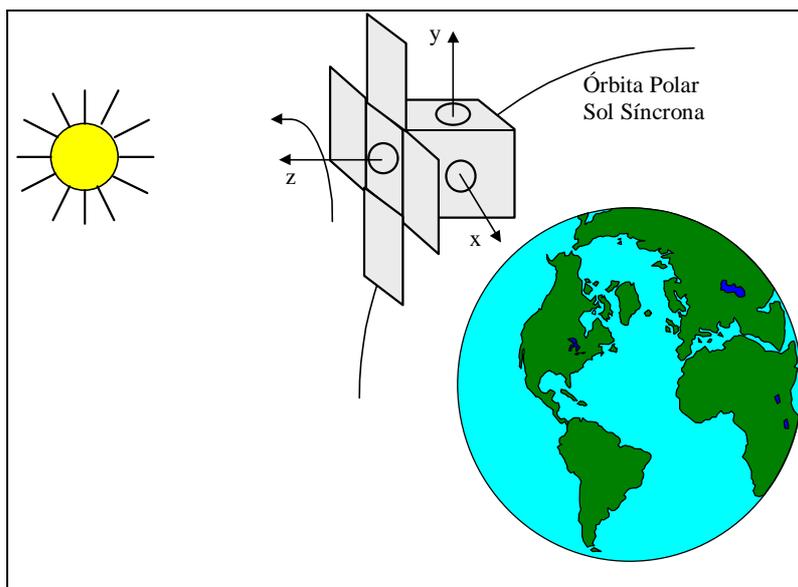


Fig. 1 - A atitude de um satélite no espaço.

FONTE:

3 COMO CONTROLAR A ATITUDE DE UM SATÉLITE?

Atualmente, muitos satélites artificiais são controlados em atitude através de **sistemas de controle de atitude-SCAs**. Dentre eles, os mais simples e confiáveis são estabilizados por rotação cujo controle em intensidade e/ou direção é feito por bobinas

magnéticas, como é o caso dos Satélites de Coleta de Dados (SCD-1 e 2), construídos pelo INPE. Outros exigem um controle mais preciso e complicado, como é o caso dos Satélites Sino-Brasileiros de Recursos Naturais, CBERS-1 e 2, construídos pelo INPE com a China.

Os SCAs podem ser **passivos** ou **ativos**. Um SCA é passivo quando faz uso de efeitos estabilizadores naturais similares ao pêndulo, ao pião, à bússola (Figura 2), sem uso intencional de matéria ou energia. Assim se comporta a Lua em volta da Terra (Figura 3).

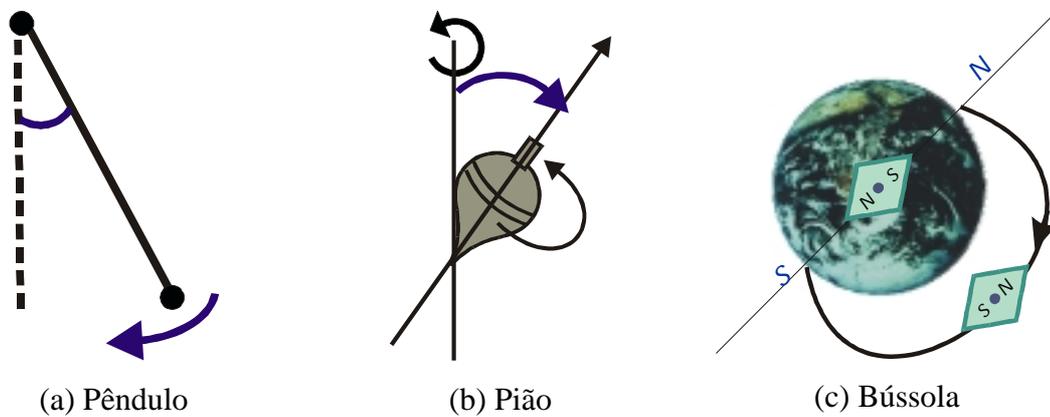


Fig. 2 - Efeitos estabilizadores naturais.

FONTE:



Fig. 3 - A Lua sempre mostra a mesma face para nós.

FONTE:

Um SCA é ativo quando é composto de equipamentos chamados **sensores, controladores e atuadores** (que fazem o papéis semelhantes aos dos nossos olhos, cérebro e mãos quando apanhamos um objeto), com uso intencional de matéria ou energia (Figura 4).

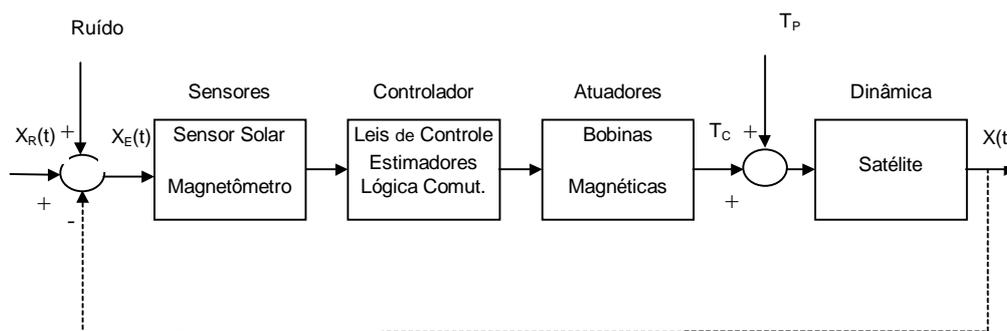


Fig. 4 - Um sistema de controle de atitude ativo.

FONTE:

Os **sensores** medem os ângulos e/ou velocidades de rotação, ou grandezas dependentes destas. Dentre eles destacamos: 1) **sensores solares**, que podem ser colocados no mesmo lado dos painéis solares para medidas do ângulo de apontamento para o Sol; ou no lado oposto dos painéis solares para detecção do Sol no modo de aquisição do Sol e em situações de emergência. 3) **magnetômetro de 3 eixos**, para medidas do campo magnético da Terra e, assim, para a estimação da velocidade de rotação do satélite.

Os **controladores** estimam melhor os ângulos e/ou velocidades de rotação, com base nas medidas fornecidas pelos sensores e tomam decisões de comandar ou não os atuadores. Para sua implementação destacamos: 1) **as leis ou estratégias de controle** implementadas via softwares especiais; 2) **a lógica de comutação**, para escolher uma e só uma lei de controle a cada instante, em função dos ângulos e/ou das velocidades de rotação e do estado do satélite; 3) **o computador de bordo** digital que executará, entre outras funções, o processamento desta lógica de comutação e das leis de controle.

Os **atuadores** geram e aplicam forças ou torques sobre o satélite, sob o comando do controlador. Dentre eles destacamos:

- 1) As **bobinas magnéticas**, por exemplo, nos eixos “x” e “y” para controle da velocidade de rotação; no eixo “z” para se obter o apontamento deste para o Sol, como se o satélite fosse a agulha de uma bússola (Figura 5);

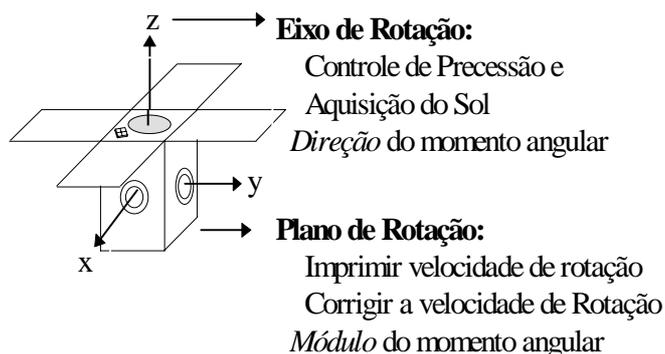


Fig. 5 - Um SCA por rotação e bobinas magnéticas.

FONTE:

- 2) Os **jatos de gás**, que reagem à sua expulsão do satélite, como reagem sobre uma bola elástica que o expulsa (Figura 6)(**Princípio da Ação e Reação ou 3ª Lei de Newton**);

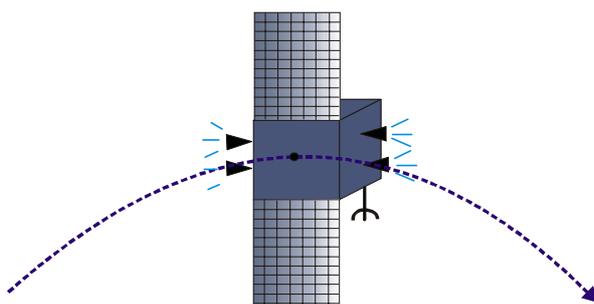


Fig. 6 - Um SCA por jatos de gás.

FONTE:

- 3) As **rodas de reação**, que aplicam torques aos volantes dos seus motores e sofrem a reação destes sobre o satélite (pelo **Princípio da Ação e Reação ou 3ª Lei de Newton**).

4 O QUE SÃO MANOBRAS DE ATITUDE?

Manobras de atitude são as operações que se fazem para levar um satélite de uma atitude inicial para uma atitude final. Tais manobras podem usar vários arranjos de sensores, leis de controle e atuadores, chamados **Modos de Operação do SCA**.

Em satélites controlados por rotação e bobinas magnéticas podem haver manobras, por exemplo, para o **apontamento e manutenção do eixo de rotação na direção desejada**. Nestas, o torque requerido deve ser perpendicular ao eixo de rotação. Para gerá-lo, a bobina do eixo-z (eixo de rotação) proverá um ímã (momento magnético) na mesma direção z. Este, ao tentar se alinhar com o campo magnético terrestre, produzirá o torque desejado.

Já para **imprimir velocidade de rotação ao satélite e realizar a correção desta em torno da velocidade nominal**, o torque deve estar alinhado com o eixo de rotação. Isto pode ser conseguido com o momento magnético no plano de rotação. Para isto, duas bobinas de torque serão colocadas na parte lateral do satélite nos eixos x e y do satélite, respectivamente. O momento magnético resultante, ao tentar se alinhar com o campo magnético terrestre, produzirá o torque desejado. A Figura 5 mostra uma representação esquemática da atuação das bobinas magnéticas relacionadas com os modos de operação e com a rotação do satélite.

Em satélites controlados por jatos de gás e rodas a reação podem haver manobras, por exemplo, para: inicialmente **reduzir a velocidade de rotação** deixada pelo foguete lançador; a seguir, **abrir os painéis solares**; e, após isto, **orientá-los aproximadamente para o Sol, e orientar as câmeras ou mesmo as antenas para a Terra**. A seguir, pode haver o **apontamento preciso destes para o Sol e para a Terra** respectivamente (Figura 7), sob a ação de rodas a reação. Cada roda poderá ter sua velocidade de rotação reduzida após esta atingir seu máximo (**saturação**), **freinando-a com jatos de gás (dessaturação)**.

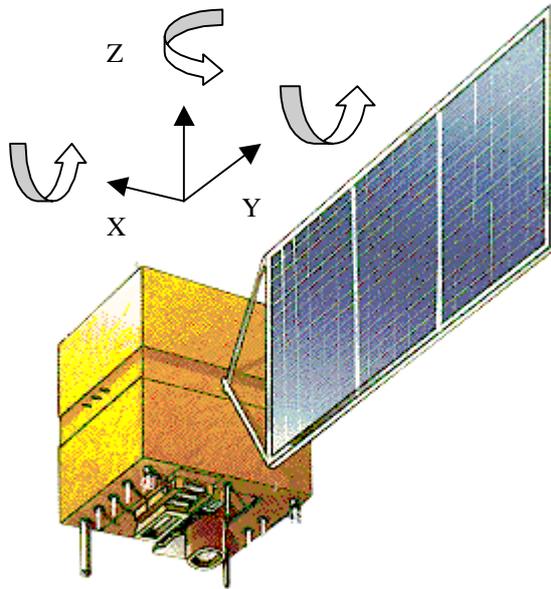


Fig. 7 - Manobras de atitude de um satélite.

FONTE:

Em todos os casos, convém poder **levar o satélite de situações incertas ou até perigosas, para orientações que garantam suas funções vitais:** energia, comunicações, etc. Para isto, o SCA usará um mínimo de componentes extremamente confiáveis no **modo de emergência.** . Convém poder de Terra **verificar o estado do satélite e reiniciar as manobras anteriores após isto,** através dos **modos de espera e reinicialização.**

5 CONCLUSÕES

Este Capítulo apresentou as noções do que é atitude de um satélite, como controlar a atitude de um satélite artificial por meio de um sistema de controle de atitude, e o que são manobras de atitude. Esperamos que tenha estimulado ou até despertado a sua curiosidade e interesse por estes assuntos.