MODELO DE PRESSÃO DE RADIAÇÃO SOLAR INDIRETA (ALBEDO) PARA O SATÉLITE TOPEX/POSEIDON

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)

Mateus Brizzotti Andrade (FEG/UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: mateusbrizzotti@ig.com.br

Dr. Hélio Koiti Kuga (DMC/INPE, Orientador)
E-mail: hkk@dem.inpe.br

Dr. Rodolpho Vilhena de Moraes (DMA/FEG/UNESP, Co-Orientador)
E-mail: rodolpho@feg.unesp.br

Julho de 2007

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

O satélite TOPEX/Poseidon (Ocean Topography Experiment) foi lançado pelo foguete Ariane no dia 10 de agosto de 1992 e tem como finalidade estudar as circulações oceânicas. O TOPEX/Poseidon (T/P) apresenta órbita circular de 1336 Km de altitude e uma inclinação de 66 graus, concluindo o rastreamento de toda a superfície terrestre em um período de 10 dias.

O T/P requer precisão em sua órbita para atender os requisitos de sua finalidade cientifica. Por esse motivo é importante conhecer as principais forças que causam desvio em sua órbita.

Devido as suas características, a força de pressão de radiação solar é a maior força que age no T/P após a gravitacional, o que torna importante o estudo realizado neste trabalho. No trabalho anterior foram encontradas as forças devido à pressão de radiação solar direta. Neste trabalho, a partir dessas forças foram calculados os desvios na órbita, e por fim, foi mostrado como obter as forças devido à pressão de radiação solar indireta (albedo).

2 MÉTODO PARA OBTER OS DESVIOS NA ÓRBITA DEVIDO À PRESSÃO DE RADIAÇÃO SOLAR DIRETA

Para conhecer os desvios na órbita causados pela radiação solar direta foi desenvolvido um integrador de órbitas. Esse integrador utiliza o método numérico Runge-Kutta 4 (RK4) para realizar as integrações.

Método RK4 (de Cláudio, D. M e Marins, J. M.):

$$x_{n+1} = x_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

onde

$$k_1 = f(t_n, x_n)$$

$$k_2 = f\left(t_n + \frac{h}{2}, x_n + \frac{k_1}{2}\right)$$

$$k_3 = f\left(t_n + \frac{h}{2}, x_n + \frac{k_2}{2}\right)$$

$$k_4 = f(t_n + h, x_n + k_3)$$

O método RK4 é simples, fácil de implementar, produz pequeno erro de truncamento e o tamanho do passo é fácil de ser alterado. É um método bastante utilizado na integração de órbitas.

A partir das acelerações nas direções radial, transversal e normal, desenvolveu-se um integrador pelo método RK4 utilizando o software MatLab. Deste modo foi possível conhecer os desvios nas direções ao longo de várias órbitas.

3 MODELAGEM PARA OBTENÇÃO DAS FORÇAS DEVIDO À PRESSÃO DE RADIAÇÃO SOLAR INDIRETA (ALBEDO)

Anteriormente foram estabelecidas as forças devido à pressão de radiação solar direta, ou seja, as forças atuantes no T/P devido à incidência da radiação do Sol diretamente na estrutura do satélite. Agora será mostrado o método para obtenção das forças da radiação solar que incide na Terra e é refletida ao satélite (albedo).

3.1 DETERMINAÇÃO DA ÁREA DA CALOTA ESFÉRICA TERRESTRE QUE REFLETE RADIAÇÃO SOLAR AO SATÉLITE

A área da superfície da Terra que reflete radiação solar ao satélite depende da altura que o satélite se encontra em relação à superfície terrestre. Como o T/P apresenta órbita circular, a altura H é uma constante (ver figura 3.1.1).

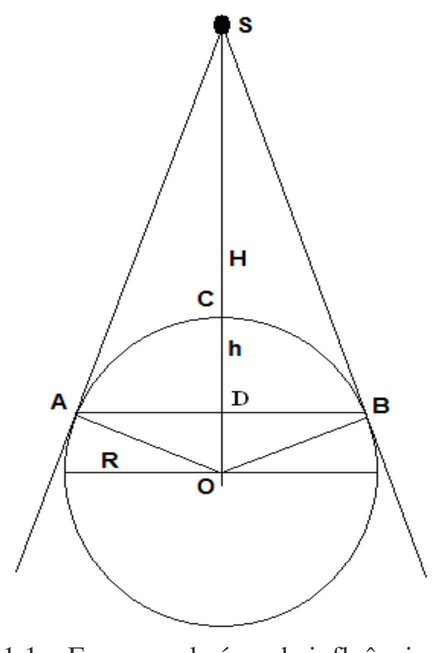

Figura 3.1.1 – Esquema da área de influência ao satélite.

Na figura 3.1.1 **s** representa o satélite e nota-se que a área de influência ao satélite corresponde à calota esférica ABC.

A área dessa calota esférica é dada por:

$$A_c = 2\pi R h \tag{3.1.1}$$

Como h não é conhecido, devemos expressar a área da calota esférica em função da altura H do satélite. Temos que:

$$R^2 = HR - Hh + R^2 - Rh$$

logo

$$h = \frac{HR}{(H+R)} \tag{3.1.2}$$

$$A_c = \frac{2\pi R^2 H}{(H+R)} \tag{3.1.3}$$

De acordo à Marshall and Luthcke, dividiremos a calota esférica em 19 partes. Para facilitar os cálculos iremos dividir as 19 superfícies de modo a obtermos áreas iguais. A figura 3.1.2 mostra como foi realizada essa divisão.

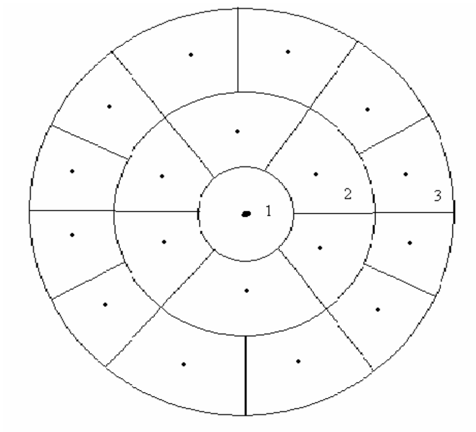

Figura 3.1.2 – Divisão das áreas.

A figura acima ilustra as 19 superfícies que podem refletir luz solar ao satélite. Cada superfície deverá ter área igual à $A_C/19$, portanto $A_i = 2\pi R^2 H/19(H+R)$.

É necessário conhecer a localização do centro de cada superfície. O centro da primeira superfície é o ponto (ponto 1) onde ocorre a intersecção da superfície terrestre com a reta que passa pelo satélite e pelo centro da Terra.

A seguir mostraremos como foi encontrado o ponto central de cada superfície.

As alturas dos pontos centrais das áreas intermediárias serão:

$$A_1 = \frac{2\pi R^2 H}{19(H+R)} \tag{3.1.4}$$

$$A_1 = 2\pi R h_1 \tag{3.1.5}$$

Fazendo (3.1.4) em (3.1.5),

$$h_1 = \frac{RH}{19(H+R)} \tag{3.1.6}$$

$$h_{c1} = R \tag{3.1.7}$$

onde h_1 representa a altura da calota 1 e h_{c1} a altura do ponto centra 1.

Do mesmo modo para a área 2 temos:

$$A_2 = \frac{7x2\pi R^2 H}{19(H+R)} \tag{3.1.8}$$

$$A_2 = 2\pi R h_2 \tag{3.1.9}$$

$$h_2 = \frac{7RH}{19(H+R)} \tag{3.1.10}$$

$$h_{c2} = R - \left[h_1 + \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right) \right] \tag{3.1.11}$$

onde h_2 representa a soma das alturas das calotas 1 e 2, e h_{c2} a altura dos pontos centrais 2.

$$A_3 = \frac{19x2\pi R^2 H}{19(H+R)} \tag{3.1.12}$$

$$A_3 = 2\pi R h_3 \tag{3.1.13}$$

$$h_3 = \frac{19RH}{19(H+R)} \tag{3.1.14}$$

$$h_{c3} = R - \left[h_2 + \left(\frac{h_3 - h_2}{2} \right) \right] \tag{3.1.15}$$

onde h_3 representa a soma das alturas das calotas 1, 2 e 3, e h_{c3} a altura dos pontos centrais 3.

O ponto central de cada área é encontrado utilizando-se dos ângulos de latitude (φ) e longitude (λ).

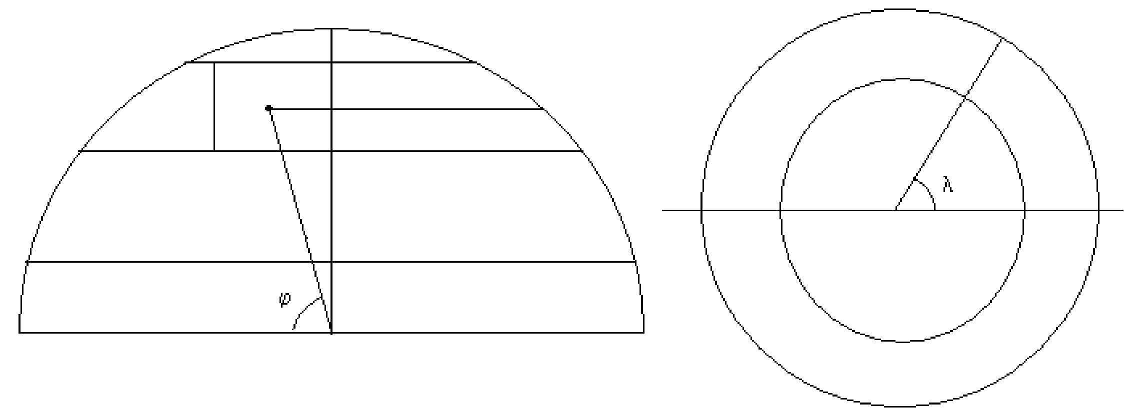

Figura 3.1.3 – Ângulos de latitude e longitude

Para determinar as coordenadas dos 19 pontos centrais, temos que:

$x = R \cos\varphi \cos\lambda$
$y = R \cos\varphi \operatorname{sen}\lambda$
$z = R \operatorname{sen}\varphi$

Tabela 3.1.1 – Coordenadas dos pontos centrais das áreas

Calota	φ(

ERROR: rangecheck
OFFENDING COMMAND: .buildcmap

STACK:

-dictionary-
/WinCharSetFFFF-V2TT3491565Ct
/CMap
-dictionary-
/WinCharSetFFFF-V2TT3491565Ct