

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Órbitas congeladas para um veículo espacial ao redor de Mercúrio.

Tiago Silva e Silva¹

CETENS - Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade, UFRB, Feira de Santana, BA

Jean Paulo dos Santos Carvalho²

CETENS - Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade, UFRB, Feira de Santana, BA

1 Introdução

Desde 2000, a ESA e o Japão estão trabalhando em uma ambiciosa missão de dupla nave espacial para explorar Mercúrio. A missão é nomeada BepiColombo (em homenagem a Giuseppe "Bepi" Colombo). O seu lançamento ocorreu no dia 19 de outubro de 2018. Esta missão é a motivação dessa pesquisa. Neste trabalho, é feita uma busca por órbitas congeladas (ver [1, 2]) para um veículo espacial em torno do planeta Mercúrio levando em conta no potencial perturbador as forças devido a distribuição não uniforme de massa do planeta e a perturbação gravitacional devido ao efeito do terceiro corpo (Sol). Uma abordagem comparativa que leva em conta as equações de média simples e equações de média dupla para investigar a dinâmica de satélites artificiais é apresentada.

2 Equações e resultados parciais

A equação do movimento da nave espacial é dada por

$$\ddot{\mathbf{r}} = \ddot{\mathbf{r}}_M + \ddot{\mathbf{r}}_{3C} \quad (1)$$

em que $\ddot{\mathbf{r}}_M$ é a força induzida pela não esfericidade de Mercúrio ($J_2 - -J_6$ e C_{22}), o termo $\ddot{\mathbf{r}}_{3C}$ é a resultante da atração gravitacional do terceiro corpo (Sol). Depois de várias manipulações algébricas a equação (1) é escrita em função dos elementos orbitais do veículo espacial. Os termos de curto período são eliminados no processo de média simples (e/ou dupla). As equações devida a não esfericidade de Mercúrio e a perturbação do terceiro corpo no modelo de dupla média podem ser vistas em [2], a equação de média simples será apresentada em outro trabalho. O potencial perturbador é substituído nas equações

¹tiagofsa8@gmail.com

²jeanfeg@gmail.com

planetárias de Lagrange, sistema de equações diferenciais não lineares, e integrado numericamente usando o software Maple. Para as integrações numéricas utilizamos a rotina dsolve do Software Maple com as opções "numeric" e "method=rkf45" (Runge-Kutta-Fehlberg). As condições iniciais para o veículo espacial são: semieixo maior ($a = 2900$ km), inclinação ($i = 90^\circ$), longitude do nodo ascendente ($h = 90^\circ$), argumento do pericentro ($g = 270^\circ$). A Figura 1 mostra um diagrama da excentricidade (e) versus argumento do pericentro (g) considerando o potencial perturbador de média simples, note que as órbitas estão librando em torno do ponto de equilíbrio. A órbita $e=0,06$ é a órbita congelada, isto é, a órbita que apresenta menor amplitude de variação. A Figura 2 mostra uma comparação entre o modelo de média simples e o modelo de média dupla, os valores da excentricidade são os valores com menor variação apresentados na Figura 1. Como mostra a Figura 2, os dois modelos estão de acordo.

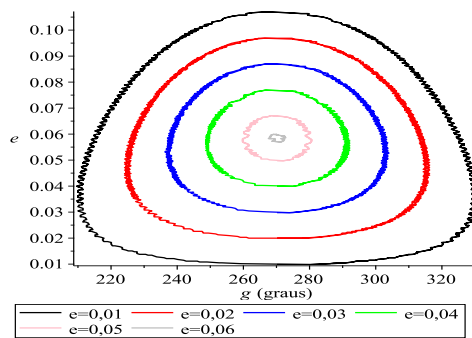


Figura 1: Diagrama e versus g . Condições iniciais: $a = 2900$ km, $i = 90^\circ$, $g = 270^\circ$, $h = 90^\circ$. Potencial de média simples.

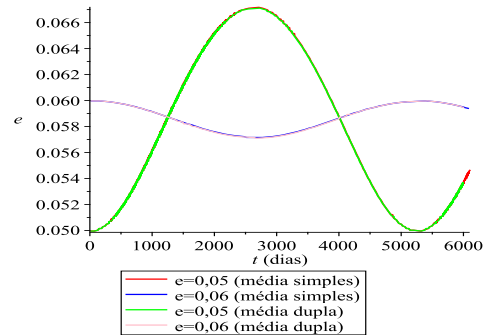


Figura 2: excentricidade (e) versus tempo (t). Condições iniciais: $a = 2900$ km, $i = 90^\circ$, $g = 270^\circ$, $h = 90^\circ$.

Na continuidade desse trabalho, será apresentado o potencial perturbador devido ao terceiro corpo de média simples, será realizado mais simulações para comparar os modelos e também uma comparação com o problema completo (usando o software Mercury).

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESB e ao CNPq (307724/2017-4, 420674/2016-0).

Referências

- [1] J. P. S. Carvalho, R. Vilhena de Moraes, A. F. B. A. Prado. Some orbital characteristics of lunar artificial satellites. *Celest. Mech. Dyn. Astron.*, 108:371-388, 2010.
- [2] E. Tresaco, J. P. S. Carvalho, A. Elipe, A. F. B. A. Prado, R. Vilhena de Moraes. Averaged model to study long-term dynamics of a probe about Mercury, *Celest. Mech. Dyn. Astron.*, 130:1–26, 2018.