

## Análise da Magnitude das Perturbações Orbitais Lunares

GONÇALVES, L. D.<sup>1</sup>, ROCCO, E. M.<sup>1</sup>, DE MORAES, R. V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil  
Aluna de Doutorado do curso de Engenharia e Tecnologia Espaciais - CMC.

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, SP, Brasil

lianadgon@gmail.com

**Resumo.** *O presente trabalho objetiva analisar a influência de forças perturbativas, de origem gravitacional e não gravitacional, em satélites artificiais lunares, tais como a não homogeneidade do campo gravitacional lunar, a atração gravitacional devido ao terceiro corpo para os casos da Terra e do Sol, o albedo lunar e a pressão de radiação solar. Diferentes órbitas são simuladas com o objetivo de caracterizar a maior e menor influência de cada força perturbadora.*

**Palavras-chave:** Perturbações orbitais; Lua; Satélites artificiais; Astrodinâmica.

### 1. Introdução

Para estudar as principais perturbações que atuam sobre o movimento orbital de um satélite artificial lunar, os modelos das perturbações devido ao potencial gravitacional lunar, albedo lunar, atração gravitacional da Terra e do Sol e pressão de radiação solar são inseridos no simulador de trajetória Spacecraft Trajectory Simulator-STRS, Rocco (2008), para que seja feita a análise da magnitude de tais forças em órbitas pré-determinadas.

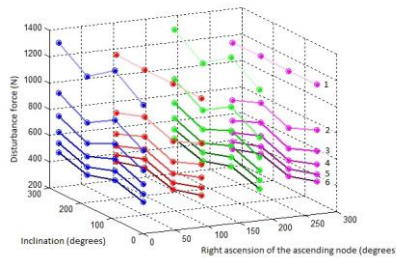
### 2. Metodologia

A dinâmica do movimento orbital pode ser determinada resolvendo a equação de Kepler a cada passo definido como parâmetro de entrada no simulador (STRS). Dados um estado inicial e um intervalo de tempo, resolvendo o problema inverso de posicionamento de um satélite, é possível determinar os elementos keplerianos da órbita (Chobotov, 1991). Utilizando a equação de Kepler obtêm-se os elementos propagados para o intervalo de tempo considerado como entrada para a simulação. A partir dos novos elementos keplerianos, é possível obter o estado propagado resolvendo o problema direto de posicionamento de um satélite (Chobotov, 1991).

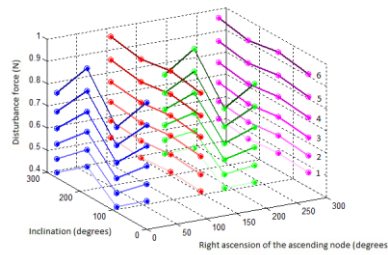
### 3. Resultados e Discussão

Com o objetivo de analisar a magnitude de cada força perturbativa na órbita de um satélite artificial lunar, foram simuladas órbitas variando os três seguintes parâmetros: altitude do satélite, entre 15 e 515 km, de 100 em 100 km; ascensão reta do nodo ascendente entre os valores 0°, 90°, 180° e 270°; e inclinação entre os valores 0°, 90°, 180° e 270°. Os resultados estão apresentados nas Figuras 1 a 5.

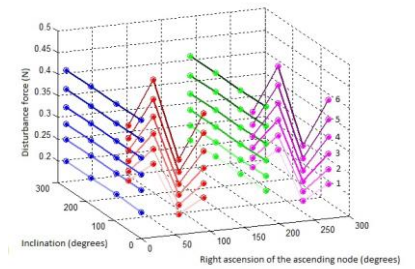
Uma discussão detalhada do estudo apresentado pode ser encontrada em Gonçalves 2014.



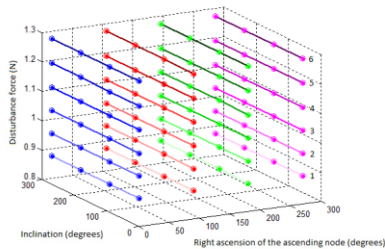
**Figura 1. Soma da força perturbativa devido ao potencial gravitacional lunar.**



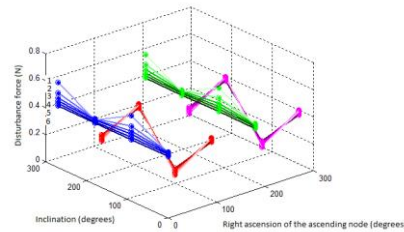
**Figura 2. Soma da força perturbativa devido à atração gravitacional da Terra.**



**Figura 3. Soma da força perturbativa devido à atração gravitacional do Sol.**



**Figura 4. Soma da força perturbativa devido à pressão de radiação solar.**



**Figura 4. Soma da força perturbativa devido ao albedo lunar.**

#### 4. Conclusão

Para o estudo quantitativo das principais perturbações que atuam sobre um satélite artificial lunar foi encontrado um domínio da perturbação devido ao potencial gravitacional lunar para todos os tipos de órbitas estudadas.

Porém, também foi observada uma contribuição significativa das forças de origem não gravitacional, onde podemos concluir que o albedo lunar e a pressão de radiação solar não tem magnitudes insignificantes para negligenciadas.

*Agradecimentos:* Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPESP (processo 2012/21023-6) e da CNPQ (processo 3085922/2014-0).

#### Referências

- Chobotov, V. A. (1991), *Orbital Mechanics*, Washington, DC: American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- Gonçalves, L. D. (2014) “Analysis of the Influence of the Orbital Disturbance Applied to an Artificial Lunar Satellite”, In: *Colóquio Brasileiro de Dinâmica Orbital*, Águas de Lindóia, Brasil.
- Rocco, E. M. (2008) “Perturbed Orbital Motion with a PID Control System for the Trajectory”, In: *Colóquio Brasileiro de Dinâmica Orbital*, Águas de Lindóia, Brasil.