

# CÁLCULO DA VARIAÇÃO DOS ELEMENTOS ORBITAIS DE SATÉLITES LUNARES DEVIDO À DISTRIBUIÇÃO NÃO UNIFORME DE MASSA DA LUA

Maria Lívia G. T. X. da Costa<sup>1</sup> (UNIFESP, bolsista PIBIC/CNPq)  
Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado<sup>2</sup> (ETE/DMC/INPE, Orientador)  
Rodolpho Vilhena de Moraes<sup>3</sup> (UNIFESP, Coorientador)

## RESUMO

Se ignorarmos a existência de perturbações, um veículo espacial, sujeito exclusivamente à atração gravitacional de um corpo central, desenvolve uma trajetória cônica fixa em um plano fixo. Em outras palavras, sua órbita possui elementos keplerianos constantes. Em aplicações reais, quando forças perturbativas são consideradas - para este trabalho, forças que derivam de um potencial gravitacional - os parâmetros que descrevem a órbita são funções do tempo. Através dos polinômios de Legendre e das equações planetárias de Lagrange, podemos descrever o potencial gravitacional e obter as variações temporais de tais parâmetros. Da comparação entre a variação dos elementos angulares de órbitas de satélites artificiais terrestres e lunares, provocada pela distribuição não uniforme de massa dos corpos centrais (Terra e Lua, respectivamente), para o caso terrestre, constata-se que os harmônicos de menor ordem e grau são mais significativos em ordem de grandeza. Consequentemente, para certas aplicações de satélites artificiais terrestres, é suficiente considerar apenas os dois ou três primeiros termos do potencial, para estudarmos, por exemplo, a variação dos elementos angulares. Entretanto, no caso lunar, não existe uma correspondência ordenada entre a ordem dos harmônicos e as suas magnitudes, portanto, também, vários termos do potencial devem ser considerados no cálculo destas variações para uma melhor aproximação. No presente trabalho, o cálculo das variações seculares para o argumento do pericentro ( $\omega$ ), longitude do nodo ascendente ( $\Omega$ ) e anomalia média ( $M$ ) é refinado, analisando, além de  $J_2$  e  $J_4$ , os termos quadráticos envolvendo os harmônicos  $J_2$ ,  $J_4$  e  $J_6$  do potencial perturbador. Verificamos, novamente, que a influência de considerarmos mais harmônicos no cálculo da variação dos elementos orbitais é maior para o caso de satélites lunares do que para satélites artificiais terrestres, obtendo valores cada vez mais relevantes. Simulações são feitas considerando órbitas prógradas e retrógradas, com altas e baixas excentricidades e inclinações. Os casos de órbitas congeladas e heliossíncronas também são analisados.

---

<sup>1</sup> Aluna do curso de Bacharelado em Matemática Computacional - E-mail: [livia.thibes@gmail.com](mailto:livia.thibes@gmail.com)

<sup>2</sup> Pesquisador da Divisão de Mecânica Espacial e Controle - E-mail: [antonio.prado@inpe.br](mailto:antonio.prado@inpe.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de São Paulo - E-mail: [rodolpho.vilhena@gmail.com](mailto:rodolpho.vilhena@gmail.com)