

Um estudo sobre a determinação de órbitas a partir de observações

Higor N. A. Ferreira¹

EEL/USP, Lorena, SP

Paula Cristiane Pinto Mesquita Pardal²

Departamento de Ciências Básicas e Ambientais, EEL/USP, Lorena, SP

Resumo

Na astronomia, um dos primeiros problemas a receber atenção de grandes pensadores foi a previsão da posição e da velocidade de corpos celestes, tais como: planetas; satélites naturais; asteroides; cometas; e, mais atualmente, satélites artificiais. No curso do desenvolvimento da astronomia, vários métodos foram propostos para prever a localização atual e futura desses corpos [1], sendo que o método de determinação de órbitas a partir de observações do corpo, cuja órbita se procura determinar, é o de maior eficiência.

O método de determinação de órbitas a partir de observações é uma das consequências da resolução do famoso problema dos dois corpos da mecânica celeste, que consiste em achar as equações que descrevem o movimento de dois corpos sujeitos ao mesmo campo gravitacional e a uma força central entre eles, conforme a equação a seguir:

$$m_1 \ddot{\mathbf{r}}_1 = - \frac{Gm_1 m_2}{r^2} \frac{P_1 - P_2}{r} \quad (1)$$

Na equação (1), considere os dois corpos P_1 e P_2 , de massa m_1 e m_2 , respectivamente, em um referencial inercial e sujeitos a um campo gravitacional, que se atraem mutuamente de acordo com a Lei da Gravitação Universal, a uma razão inversamente proporcional à distância r entre eles. Assim, a lei de atração dos corpos P_1 e P_2 se relaciona com a segunda lei de Newton, resultando na equação do movimento kepleriano puro, também conhecido como Problema de Dois Corpos [4].

A partir do problema dos dois corpos são obtidos os elementos orbitais, e com base na sua relação com a posição e a velocidade do mesmo corpo, pode-se obter um conjunto de resultados, caso um ou outro estejam disponíveis. Os dois caminhos do método de determinação de órbitas a partir de observações são: (i) determinar a posição e a velocidade a partir dos elementos orbitais, também conhecido como Problema Direto; e (ii) obter os elementos orbitais a partir da velocidade e da posição do satélite, conhecido como Problema Inverso [2].

Neste trabalho, propõe-se simular a órbita de um satélite no espaço, utilizando o método de determinação de órbitas a partir de observações (Problemas Direto e Inverso) para resolver a equação dinâmica, além de outro método de determinação de órbitas, conhecido como método de Laplace, que possibilita determinar as órbitas com no mínimo três observações de épocas distintas entre si. Essas observações são geocêntricas e, como a dinâmica é semelhante a do problema dos

¹higornatatanusp2019.com@usp.br

²paulapardal@usp.br

dois corpos, serão usadas relações da distância geocêntrica do corpo com a distância heliocêntrica para obter um polinômio de oitavo grau, cujas soluções positivas são interpretadas com a posição do satélite [3].

Serão utilizados dados reais de um dos satélites da família CBERS (China Brazil Earth Resouce Satellites), que compreendem um ciclo de orbital. Os algoritmos serão codificados em linguagem Python e os resultados de posição e de velocidade serão comparados, em relação a uma solução de referência (os próprios dados reais), sendo apresentadas as vantagens e desvantagens de cada método.

Referências

- [1] Bate, R. R. and Muller, D. D. and White, J. E. and Saylor, W. W. *Fundamentals of Astrodynamics*, Dover Publications, Inc., New York, 1971.
- [2] Curtis, H. D. *Orbital Mechanics for Engineering Students*. Butterworth - Heinemann, 2013.
- [3] De Oliveira, A. R. Asteroides próximos da Terra: Determinação de Órbitas e Avaliação de Risco de Impacto, Dissertação de Mestrado, Observatório Nacional - ON, 2011.
- [4] Kuga, H. K. and Carrara, V. and Rao, K. R. *Introdução à Mecânica Orbital - 2ª Edição* INPE, São José dos Campos, 2012.