

## ÓRBITAS CONGELADAS (“FROZEN ORBITS”)

Paula Cristiane Pinto Raimundo<sup>1</sup> (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)

Dr. Helio Koiti Kuga<sup>2</sup> (DMC/INPE)

Dr. Rodolpho Vilhena de Moraes<sup>3</sup> (FEG/UNESP)

### RESUMO

O principal objetivo deste trabalho, é desenvolver um modelo para obter de forma explícita as expressões de longo período da teoria de Brouwer que fornecem as perturbações devidas ao geopotencial até o termo  $J_5$ , através de um trabalho suplementar, refazendo-se o cálculo e incluindo tal perturbação. Os termos ímpares, que causam efeitos de longo período, dão origem às chamadas órbitas congeladas (“frozen orbits”) cuja teoria está sendo aplicada em missões espaciais, especialmente no satélite CBERS-1 (“China Brazil Earth Resources Satellite”). Tais órbitas mantêm (ou tentam manter) o perigeu e a excentricidade da órbita constantes, de forma que para uma dada latitude o satélite passa sempre com a mesma altitude, beneficiando os usuários através dessa regularidade. O desenvolvimento deste modelo permitirá obter previsões mais precisas para a evolução da órbita do CBERS-1 e de satélites similares (SPOT, Landsat, ERS e IRS). A solução dada por Brouwer em 1959 apresenta expressões analíticas explícitas, como função do tempo, para a variação dos elementos orbitais clássicos ( $a$ ,  $e$ ,  $i$ ,  $\omega$ ,  $\Omega$ ,  $\tau$ ). Isto permite efetuar com certa facilidade, para diversos tipos de órbitas e condições iniciais, a análise sobre o comportamento temporal destes elementos keplerianos, bem como obter ordens de grandeza para as perturbações devidas ao geopotencial. Tais elementos keplerianos não são constantes no tempo devido aos vários efeitos perturbadores (distribuição não uniforme de massa da Terra, arrasto atmosférico, pressão de radiação solar, geopotencial, etc.). Para o desenvolvimento deste projeto foram desenvolvidas as seguintes análises: Determinação de Órbitas (Problema Direto e Problema Inverso); Geopotencial; Introdução ao Problema Restrito de Três Corpos; Método da Variação das Constantes; Equações de Lagrange; Perturbações Seculares, de longo e de curto período; e Noções sobre a Teoria de Brouwer. Neste trabalho, foram desenvolvidos analiticamente os termos das perturbações de longo período até  $J_5$ , através da manipulação algébrica da teoria de Brouwer. Este modelo foi codificado em computador, em linguagem Fortran. O programa foi testado para várias situações sendo confrontado com os dados existentes, fazendo-se, então, um teste da veracidade do desenvolvimento matemático. Pretende-se, após testes extensivos, validar “operacionalmente” o modelo para o satélite CBERS-1, visando tanto previsões orbitais quanto previsão de manobras, no Centro de Controle do INPE.

---

<sup>1</sup> Aluna do Curso de Licenciatura Plena em Física, UNESP/FEG – Campus de Guaratinguetá.  
E-mail: paulacruz@hotmail.com

<sup>2</sup> Orientador, Tecnologista Senior da Divisão de Mecânica Espacial e Controle, INPE.  
E-mail: hkk@dem.inpe.br

<sup>3</sup> Co-orientador, Prof. Dr. da UNESP/FEG – Campus de Guaratinguetá.  
E-Mail: rodolpho@feg.unesp.br