

## Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

---

# Simulações numéricas da variação de excentricidade e inclinação para diferentes área-massa de detritos espaciais

Jackson dos Santos Lima <sup>1</sup>

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

Carine Moreira Gonçalves<sup>2</sup>

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

Jean Paulo dos Santos Carvalho<sup>3</sup>

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

## 1 Introdução

Os detritos espaciais são um problema que ameaça missões espaciais, por conta disso se faz necessário desenvolver soluções para mitigar esse problema. Uma solução que está sendo desenvolvida é o uso de satélites (vela solar) com grandes coeficientes de área-massa para alterar a excentricidade e a inclinação de detritos espaciais. Esse trabalho apresenta análises de simulações do comportamento da excentricidade e da inclinação de objetos com diferentes área-massa, levando em conta as perturbações do corpo perturbador (Lua e Sol), o efeito do termo  $J_2$ , devido a não esfericidade da Terra e a pressão de radiação solar (PRS).

## 2 Resultados parciais

São feitas simulações usando os dados de detritos espaciais monitorados, localizados na órbita geoestacionária (GEO) e retirados do sítio "stuffin.space", que é um mapa 3D em tempo real de objetos na órbita da Terra. A plataforma atualiza diariamente com dados de órbita do Space-Track.org e usa a excelente biblioteca JavaScript satellite.js para calcular as posições dos satélites. As Figuras 1 e 2 mostram a variação da excentricidade e da inclinação da órbita em função do tempo. O objetivo dessa pesquisa é determinar o melhor parâmetro tecnológico  $\alpha = A/m$  para ser utilizado na remoção do detrito espacial

---

<sup>1</sup>jacksonmusico2@gmail.com

<sup>2</sup>carinemoreira.fsa@gmail.com

<sup>3</sup>jeanfeg@gmail.com

da órbita GEO para que em seguida seja incinerado na atmosfera da Terra. Na simulação são usados os dados do corpo de foguete monitorado Titan 3c transtage R/B.

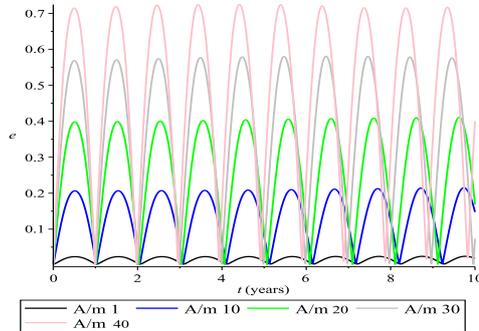


Figura 1: eccentricity ( $e$ ) versus tempo  $t$ . Condições iniciais: excentricidade  $e = 0,0029$ , semieixo maior  $a = 35683$  km e inclinação  $i = 9,45$  graus.

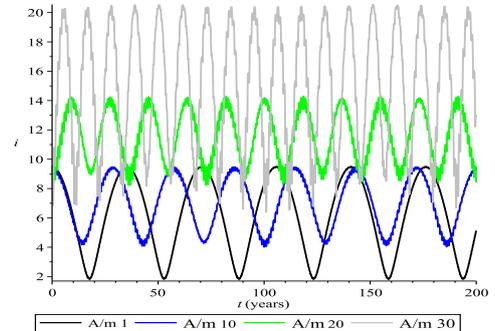


Figura 2: inclinação ( $i$ ) versus tempo  $t$ . Condições iniciais: excentricidade  $e = 0,0029$ , semieixo maior  $a = 35683$  km e inclinação  $i = 9,45$  graus.

Como é possível ver na Figura 1, a excentricidade do detrito aumenta conforme o fator área-massa do detrito aumenta. Essa amplitude é dependente do efeito do termo  $J_2$ , da influência das perturbações do Sol e da Lua, e a pressão da radiação solar. Sendo que a pressão de radiação solar é a perturbação mais importante para satélites tipo balão (grande área e pequena massa), que é o caso dessas simulações com grandes coeficientes de área/massa ([2], [1]). A inclinação também adquire uma amplitude variável que aumenta para maiores coeficientes de  $A/m$  como é possível ver na Figura 2. Dessa forma é possível acoplar uma vela solar ao lixo espacial para amplificar a excentricidade orbital e fazer com que o detrito se aproxime da superfície da Terra. Uma escolha conveniente da área-massa é obtida da combinação da excentricidade e da inclinação da órbita. Na continuidade desse trabalho iremos plotar figuras da excentricidade versus inclinação para analisarmos o comportamento desses parâmetros. Essa análise deve contribuir com a escolha do parâmetro tecnológico  $\alpha = A/m$ .

## Agradecimentos

Os autores são gratos ao CNPq pelos contratos 307724/2017-4, 420674/2016-0.

## Referências

- [1] D. Casanova, A. Petit, A. Lemaître. Long-term evolution of space debris under the  $J_2$  effect, the solar radiation pressure and the solar and lunar perturbations, *Celest Mech Dyn Astr*, 123:223–238, 2015. DOI 10.1007/s10569-015-9644-1.
- [2] R. Vilhena de Moraes, Ação da pressão de radiação solar e do arrasto atmosférico sobre órbitas de satélites artificiais, Tese de Doutorado em Ciências, ITA, 1979.