

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

---

# Estudo de manobras rendezvous em missões interplanetárias utilizando algoritmo genético

Guilherme Marcos Neves <sup>1</sup>

UNESP - Universidade Estadual Paulista - São João da Boa Vista - SP

Denilson Paulo Souza dos Santos <sup>2</sup>

UNESP - Universidade Estadual Paulista - São João da Boa Vista - SP

Jorge Kennety Silva Formiga <sup>3</sup>

UNESP - Universidade Estadual Paulista, Inst. Ciência e Tecnologia, São José dos Campos - SP

## 1 Introdução e motivação

Algoritmos genéticos são uma classe particular de algoritmos evolutivos que usam técnicas inspiradas pela biologia evolutiva como hereditariedade, mutação, seleção natural e recombinação. Também podem ser definidos como algoritmos de otimização global e modelam uma solução para um problema específico.

O presente trabalho visa a utilização desse método para otimizar o consumo de combustível em manobras Rendezvous em missões interplanetárias em um contexto onde se deseja enviar uma sonda até um asteroide para estudá-lo.

## 2 Modelo matemático

O modelo matemático implementado foi uma manobra Rendezvous impulsiva [2, 3] usando a formulação do "Problema de Lambert" [1] para calcular cada impulso.

As variáveis aleatórias do algoritmo são a data Juliana do lançamento e o tempo de voo, elas variam dentro de um intervalo pré estabelecido dentro da simulação e com base nesses valores a função *Fitness* retorna a soma dos módulos dos dois impulsos da manobra ( $\Delta V_{total}$ ).

$$\Delta V_{total} = \Delta V_1 + \Delta V_2 \quad (1)$$

sendo  $\Delta V_1$  and  $\Delta V_2$  os módulos dos impulsos inicial e final da manobras respectivamente.

Busca-se para o problema uma órbita de transferência da Terra para os asteroides que gaste o menor consumo de combustível, ou seja, o menor  $\Delta V_{total}$  chamado de  $\Delta V_{total}$  otimizado pelo procedimento do algoritmo genético (G.A).

---

<sup>1</sup>guilherme.neves@unesp.br

<sup>2</sup>denilson.santos@unesp.br

<sup>3</sup>jorge.formiga@unesp.br

Na figura 1 pode-se ver o fluxograma do algoritmo, nele nota-se que o algoritmo começa criando aleatoriamente uma população de indivíduos, onde cada indivíduo carrega um valor de uma data juliana e um tempo de voo aleatórios.

Essa população é submetida à uma função *Fitness* onde é calculado um  $\Delta V_{total}$  para cada indivíduo e após isso ocorre uma reprodução por meio da função cruzamento, com probabilidade de ocorrer crossover e de ocorrer mutações durante o processo.

Após a reprodução a população é submetida à função *fitness* para que apenas os indivíduos que retornem os menores  $\Delta V_{total}$  sobrevivam, assim com o passar das gerações a população converge para a melhor solução medido pela função *Fitness* (Min  $\Delta V_{total}$ ).

### Função fitness

Sendo  $M$  a anomalia média,  $n$  o movimento médio,  $\tau$  a época,  $\lambda_0$  a longitude média na época,  $\varpi$  a longitude no periapsis,  $E$  a anomalia excêntrica e  $e$  a excentricidade da órbita temos

$$M = n(t - \tau) \quad \text{ou} \quad M = nt - \lambda_0 - \varpi \quad (2)$$

$$M = E - e \operatorname{sen} E \quad (3)$$

Desse modo calcula-se uma posição no espaço dado uma data juliana de lançamento.

A função *Fitness* calcula o  $\Delta V_{total}$  para um indivíduo da seguinte forma. Dado uma data juliana de lançamento, utilizando as equações para o tempo de voo [1] (equações 2 e 3) obtêm-se a posição inicial e final da órbita de transferência e utilizando essas posições conjuntamente com o tempo de voo da manobra pelo "Problema de Lambert" têm-se os impulsos inicial e final da manobra e logo pela equação 1 calcula-se o impulso total .

### Agradecimentos

Projeto vinculado à FAPESP, processos 2018/18811-9 e 2017/04643-4.

### Referências

- [1] S. S. Fernandes, M. C. F. P. S. Zanardi, *Fundamentos de astronáutica e suas aplicações*. São Bernardo do Campo - SP: Editora UFABC, 2018. p.499 v. 1.
- [2] A. F. B. A. Prado, *Trajelórias espaciais e manobras assistidas por gravidade*. São José dos Campos: INPE, 2001. p.169.
- [3] D. P. S. Santos, J. K. S. Formiga, Application of a genetic algorithm in orbital maneuvers. *Comp. Appl. Math.* v.34: p.437. 2015. <https://doi.org/10.1007/s40314-014-0151-x>

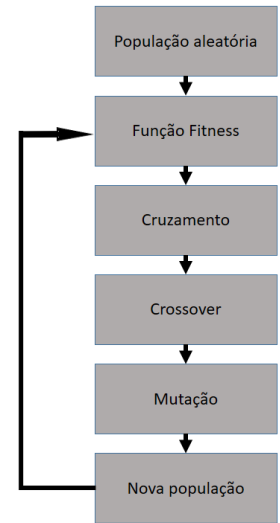


Figura 1: Fluxograma do algoritmo genético