

MANOBRAS ORBITAIS DE CONSTELAÇÃO

Gislaine de Felipe - Bolsista PIBIC/CNPq
Universidade de Taubaté - UNITAU
Orientador: Dr. Antonio F. Bertachini de Almeida Prado
Divisão de Mecânica Espacial
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Esse trabalho pretende implementar e testar métodos de manobras orbitais que sejam aplicáveis para manobras com satélites envolvidos em Constelações.

Dentro desse estudo fazem parte a propagação das órbitas de cada satélite individualmente e também a precisão e cálculo das manobras orbitais que devem ser efetuadas pelos satélites com o objetivo de mantê-los dentro de uma configuração que satisfaça os vínculos da missão.

Manobrar um satélite dentro de uma constelação significa alterar a sua órbita de forma a colocá-lo em uma certa posição em relação aos demais. Essa manobra pode ser feita utilizando-se as mesmas técnicas das manobras de *Rendezvous*, (encontro de veículos espaciais de tal forma que o instante da chegada dos dois veículos ocorra em um ponto pré-determinado no espaço e que ambos atinjam esse ponto em um mesmo instante de tempo) aonde o veículo alvo é substituído por um ponto imaginário que representa o ponto desejado da localização do satélite. Na nomenclatura usual, o veículo a ser transferido chama-se *"interceptor"* e o veículo a ser interceptado chama-se *"alvo"*.

Serão vistos aqui, encontro de veículos que estejam inicialmente em órbitas circulares, não coplanares e de raios diferentes, com a restrição de que o veículo alvo esteja orbitando em uma órbita mais alta que a do veículo interceptor.

Há várias maneiras de se completar essa manobra de encontro entre 2 veículos. Analisaremos os três métodos mais promissores, segundo Ball & Osborne; onde a escolha do método a ser aplicado dependerá das circunstâncias particulares envolvidas. Veja fig.1 para maiores detalhes.

Método Direto Interno. Nesse método o veículo alvo encontra-se em uma órbita circular de raio R_{c1} , sendo que a órbita está inclinada de um ângulo $\Delta\alpha$ com relação à órbita do interceptor. Quando o interceptor cruzar a linha dos nodos (intersecção entre dois planos orbitais), este receberá um impulso para girar seu vetor velocidade e colocá-lo no plano da órbita do veículo alvo, de tal forma que ambas as órbitas se tomem coplanares. A fase seguinte inicia-se no ponto A, onde o alvo está adiantado do interceptor de um ângulo pré-determinado θ . É neste ponto que o interceptor recebe um incremento de velocidade, que causa a sua entrada na elipse de transferência (t), a fim de atingir o ponto B no mesmo instante que o alvo. Esta velocidade deve ser aumentada, a fim de possibilitar a entrada na órbita do veículo alvo, igualando assim suas velocidades para completar o *"Rendezvous"*.

Método Direto Externo. Quando o interceptor cruza a linha dos nodos em A, sua velocidade é impulsivamente aumentada para colocá-lo em uma primeira elipse de transferência (t_1) com o apogeu em C. Neste ponto, as órbitas do alvo e do interceptor são alinhadas e a velocidade deste é incrementada para colocá-lo na segunda elipse de transferência (t_2), cujo perigeu é o próprio ponto de *"Rendezvous"* B. Em B, o interceptor é posto na órbita circular final e o *"Rendezvous"* é completado. Quando a manobra é iniciada, o alvo está atrasado com respeito ao interceptor de um ângulo θ .

Método Indireto. O método indireto utiliza uma órbita intermediária entre o alvo e o interceptador, na qual o interceptador permanece até que o alvo se encontre na posição correta para que o "Rendezvous" se inicie. Para colocar o interceptador em uma órbita elíptica de transferência t_1 e no apogeu B é feito um incremento impulsivo de velocidade ao mesmo no ponto A. Em B é feita a correção dos planos e dado um incremento de velocidade para o interceptador entrar em uma órbita circular intermediária, coplanar com a trajetória do alvo. Nesta órbita intermediária o interceptador esperará o veículo alvo até estarem defasados de um ângulo θ , quando então o "Rendezvous" é completado por meio de uma segunda elipse de transferência t_2 , como descrito no Método Direto Interno. O ângulo θ que irá determinar a posição relativa entre o alvo e o interceptador é obtido igualando o tempo gasto pelo interceptador ir de C à D com o tempo gasto pelo alvo ir de E à D. Este método é o mais preciso, pois o "Rendezvous" é associado apenas à segunda fase da transferência entre as duas órbitas, sendo que a órbita intermediária já é coplanar com a órbita alvo. O valor de R_a é escolhido de modo que a precisão do estágio final seja a melhor possível. Os erros introduzidos para atingir a órbita intermediária podem ser avaliados e corrigidos enquanto o interceptador aguarda a posição para entrar na elipse de transferência t_2 (atrasada de um ângulo θ com respeito ao alvo).

Com o objetivo de testar os métodos implementados, foram simuladas manobras de Rendezvous e as aplicações para Constelação que por motivo de espaço não serão mostradas neste resumo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bal, K.J. & Osborne, G.F-"Space Vehicle Dynamics" -Oxford University Press-Oxford-1967

Zanardi, M.C. (1988). Fundamentos da Astronáutica. MVO.21 - Cap. VIII.

Proulx, R.; Kantsiper, B.; Cefola, P. e Drain, J. (1997) "Automated Station-Keeping for satellite Constellations", AIAA paper 97-623. Inc: AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference, Sun Valley, Idaho, 4 -7 August.

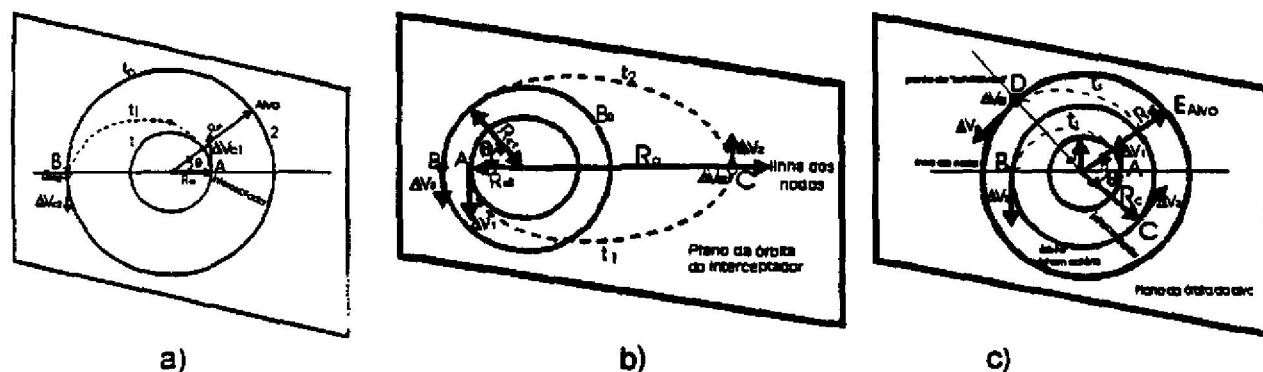


Fig.1 - Métodos de Rendezvous.
 a) Direto interno, b) Direto externo, c) Indireto