

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

ANÁLISE DE CAPTURA DE BINÁRIOS COM VARIAÇÃO DE MASSAS E SEMI-EIXO MAIOR

Erich Monteiro Bailly Andersen Cavalcanti¹; Antônio Delson Conceição de Jesus²

1. Graduando em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, email: erichcavalcanti@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, email: aldjl@gmail.com

PALAVRA-CHAVE: Estabilidade, Satélites Irregulares, Binários

INTRODUÇÃO

Os satélites naturais do sistema solar se dividem em duas categorias, satélites regulares e satélites irregulares. O primeiro grupo é facilmente explicado como acreção de matéria do disco de partículas que rodeava os planetas no período de formação do sistema solar, eles são caracterizados por terem inclinação orbital baixa, excentricidade próxima de zero, pequeno semi-eixo maior e seguem orbitas progressivas. Os satélites irregulares, pelo contrário, não são ainda diretamente explicados pelos processos de formação do sistema solar e tem características distintas da dos satélites regulares: excentricidade alta, grande inclinação da orbita, grande distância do planeta e seguir orbitas retrogradadas; não necessariamente todas estas características juntamente. O estudo da formação de satélites irregulares levou ao estudo dos métodos possíveis para captura gravitacional; por captura gravitacional entende-se que um corpo de órbita aberta começa a ter uma orbita fechada e permanente em torno de um outro corpo. Os dados de Sheppard 2004 sobre satélites irregulares conhecidos trazem a suposição de que os satélites irregulares são formados segundo o mesmo mecanismo de captura o que fortalece a idéia de que a explicação para a formação deles esta diretamente ligada à formação do sistema solar. Porém, análises de Nesvorny sobre alguns dos métodos de captura ou mostraram uma eficiência muito baixa (Nesvorny 2008) para a captura ou uma eficiência além da esperada (Nesvorny 2007), levando à suposição de que a captura pode ter ocorrido devido por diversos métodos distintos e a simetria encontrada por Sheppard seria mera coincidência. Esta suposição parece fortalecer a busca por modelos de captura que não estejam presos à época de formação do sistema solar, podendo ter ocorrido ou não neste período. Um dos modelos introduzidos na literatura que satisfaz esta idéia é a captura devido à ruptura de sistemas de asteróides binários. Neste modelo um asteróide binário começaria a ser influenciado por um planeta gigante e modo a ocorrer uma ruptura de seus componentes; devido à ruptura ocorre uma troca de energia entre os componentes do binário de modo que um deles perde energia o suficiente para não conseguir mais escapar, i.e. sua velocidade passa a ser menor do que a velocidade de escape, o corpo assume uma orbita fechada. Donnison 2010 realizou uma releitura do problema restrito de três corpos, considerando um corpo massivo e dois corpos de massa pequena - o binário. A análise obteve dois resultados principais sobre a estabilidade Hill: 1-mostrou que quando se aumenta a razão da distância entre os componentes do binário em relação à sua distância com o terceiro corpo, um aumento de excentricidade e inclinação é seguido de uma diminuição das regiões de estabilidade; 2-mostrou que uma diminuição da razão das massas diminui a importância da inclinação quanto à estabilidade. Um longo estudo sobre a estabilidade foi também realizado por Vieira Neto 2001 através do uso de um integrador Gauss-Radau, revelando que satélites irregulares

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

retrógrados ainda são estáveis a longas distâncias, enquanto os satélites irregulares progressivos não o são. Um novo olhar sobre a questão dos binários é introduzido em Vieira Neto 2009 ao introduzir o Sol na análise sobre as condições favoráveis para a captura permanente, demonstrando sua importância; dentre outros resultados importantes apresentados por Vieira Neto estão: binários de componentes mais próximos têm maior chance de sofrer uma captura permanente em relação aos de componentes mais afastados, pois a variação de energia durante a ruptura é maior; a probabilidade de o menor componente ser capturado é bem maior do que a do maior componente; a ruptura ocorre preferencialmente quando os componentes dos binários e o planeta estão alinhados, quando o componente menor que está maior próximo as chances de captura permanente aumentam. No presente trabalho é investigada a influência causada na questão da captura gravitacional devido a uma releitura na definição do raio de Hill, comumente utilizado nos modelos que estudam a estabilidade, considerando variações das massas dos corpos envolvidos e do semi-eixo maior do binário.

METODOLOGIA

Para a realização desta investigação introduzimos desvios nas massas dos corpos envolvidos no fenômeno da captura gravitacional na expressão do raio da esfera de influência, o raio de Hill. Para isto, realizamos expansão em série de Taylor, analisando termo a termo e identificando as condições físicas que permitem um novo truncamento da série. Realizamos simulações numéricas dos resultados a fim de extrairmos conclusões sobre a estabilidade do conjunto de corpos estudados.

RESULTADOS

Os resultados foram obtidos a partir da análise da Equação 1, abaixo, que define o raio de Hill,

$$r_{td} = a_B \left(\frac{3M_p}{m_1 + m_2} \right)^{1/3} \quad (1)$$

Esta equação considera as grandezas ideais. Na nossa análise consideramos o problema de forma mais realista. A análise foi realizada em duas etapas. Na primeira, expandimos a expressão em série de Taylor, incluindo variações das massas que formam o binário e o corpo principal e do semi-eixo maior (a_B), e considerando condições físicas que permitam um truncamento nos termos da série. Na segunda fase fizemos simulações numéricas que mostraram que a esfera de influência se estendia ou se contraía para determinadas faixas de variações destas grandezas, comprometendo a estabilidade e as condições de captura gravitacional de elementos que formam o binário.

CONCLUSÃO

Concluimos que a estabilidade do binário é comprometida pela variação dos elementos que definem o raio de Hill. Este fato interfere nos valores das energias que permitem a captura gravitacional de um dos elementos que forma o binário.

REFERÊNCIAS

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

- DONNISON, J.R., 2010. The Hill stability of inclined small mass binary systems in three-body systems with special application to triple star systems, extrasolar planetary systems and Binary Kuiper Belt systems. *Planet. Space Sci.* doi:10.1016/j.pss.2010.04.009
- SHEPPARD, S. and JEWITT, D.: 2004, Irregular Satellites in the context of planet formation. *Space Science Reviews* 114: 407-421.
- VIEIRA NETO, E., WINTER, O.C., 2001. Time analysis for temporary gravitational capture. *A&A* 377, 1119-1127.
- VIEIRA NETO, E., WINTER, O.C., and GASPAR, H.C., 2009. Irregular Satellites of Jupiter: Capture configurations of binary-asteroids.
- NESVORNY, D., VOKROUHLICKY, D. and LEVISON, H. F., 2008. Irregular satellite capture by exchange reactions. *The Astronomical Journal*, 136:1363-1476, 2008 October
- NESVORNY, D., VOKROUHLICKY, D. and MORBIDELLI, A., 2007. Capture of irregular satellites during planetary encounters. *The Astronomical Journal*, 133:1962-1976, 2007 May
- MURRAY C.D., DERMOTT S.F., 1999, *Solar System Dynamics*. Cambridge University Press.