

DINÂMICA AO REDOR DO SISTEMA TRIPLO (153591) 2001 SN263

**XI TALLER DE
CIENCIAS
PLANETARIAS**

GIULIA VALVANO¹ ✉ , O. C. WINTER¹, G. BORDERES-MOTTA² E R. SFAIR^{1 3}

¹GRUPO DE DINÂMICA ORBITAL & PLANETOLOGIA - UNESP-BRASIL

²UNIVERSIDADE CARLOS III DE MADRID, ESPANHA

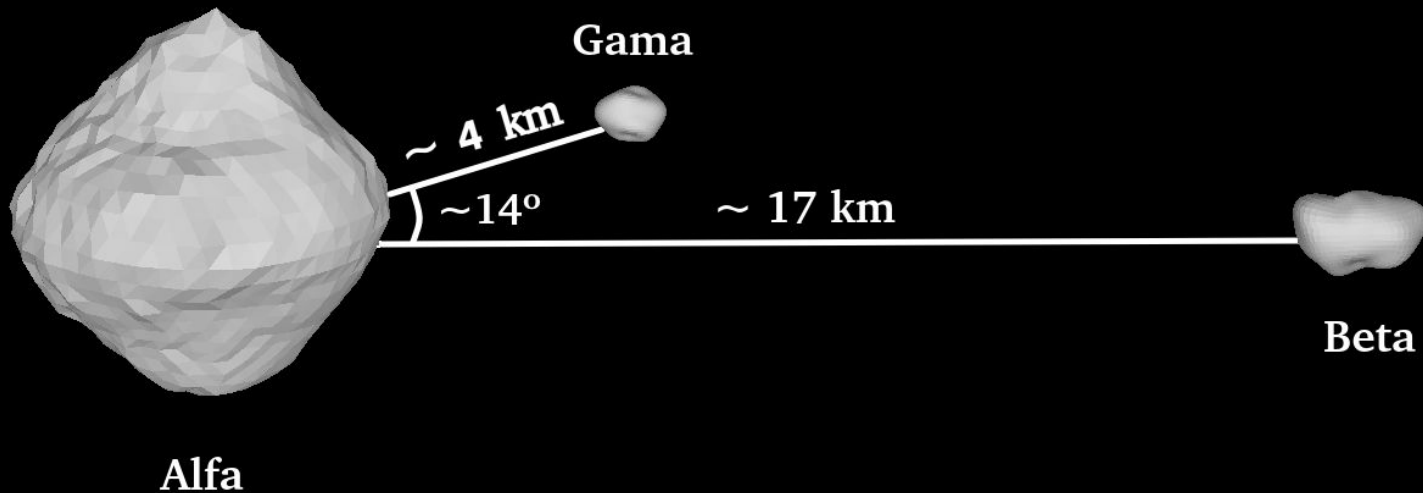
³INSTITUT FÜR ASTRONOMIE UND ASTROPHYSIK, EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN, GERMANY

✉ giulia.valvano@unesp.br



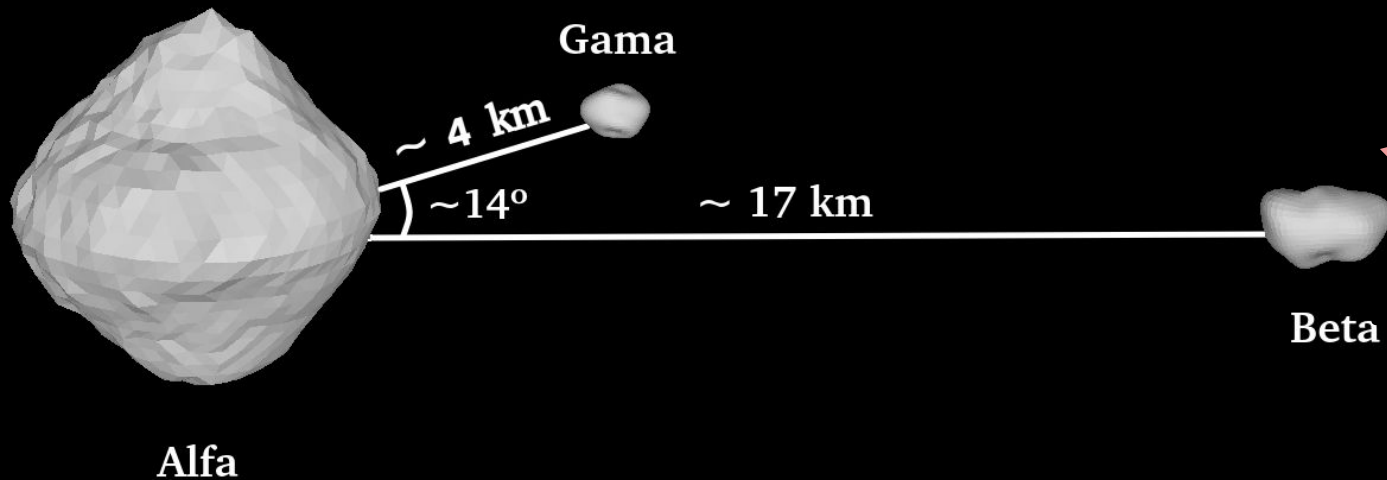
O SISTEMA

- O sistema triplo 2001 SN263 é composto pelos corpos Alpha, Beta e Gamma, sendo Alpha o corpo central e Gamma o menor corpo dentre os três.
- Alpha tem um raio de, aproximadamente, 1,25 km, ao passo que Beta e Gamma possuem, respectivamente, 0,4 km e 0,22 km.
- O corpo central do sistema tem uma massa de $917.466 \cdot 10^{10}$ kg, enquanto que Beta tem 3% de sua massa e Gamma 1%.
- Alpha e Beta possuem uma densidade similar de aproximadamente 1.0 g cm^{-3} , já Gamma tem uma densidade 2.3 vezes maior.




O SISTEMA

- O período rotacional de Alpha é um período baixo (3.4256 h), que pode ter acarretado no seu formato semelhante a um “pião” e por esse motivo Alpha é considerado um corpo do tipo “spinning top”.
- Beta e Gamma tem períodos de rotação de 13.43 h e 16.40 h, respectivamente.
- A figura abaixo mostra uma representação do formato irregular do sistema em proporção de tamanho, bem como as posições de Beta e Gamma em relação ao corpo central.



O sistema foi escolhido como alvo para uma missão brasileira denominada **MISSÃO ASTER**



Winter et al. (2020) apresentaram uma análise da dinâmica na superfície dos corpos do sistema, já neste presente trabalho analisaremos a dinâmica de partículas ao redor do sistema.



- Inicialmente consideramos duas regiões internas ao sistema para analisar a dinâmica de partículas.
 - Região 1: partículas orbitando o corpo central e distribuídas entre Alpha e Gamma;
 - Região 2: partículas orbitando o corpo central e distribuídas entre Gamma e Beta;
- As partículas da região 1 são distribuídas com o semieixo maior variando entre $1.4 \leq a \leq 3.2$ (km) e excentricidade entre $0.0 \leq e \leq 0.5$. Já as partículas da região 2 são distribuídas com o semieixo maior variando entre $4.5 \leq a \leq 13.5$ (km) e com o mesmo intervalo de excentricidade.
 - Para cada par (a, e) foram geradas 100 partículas com elementos angulares diferentes.
- Para avaliar a dinâmica dessas partículas consideramos uma integração por um período de 2 anos, o formato irregular dos objetos e a pressão de radiação solar, em contrapartida ao apresentado em Araujo et al. (2012), que utilizou os corpos massivos e sem a influência da pressão de radiação solar.
- Vale destacar que uma partícula foi considerada ejetada quando atingia a distância de 3.804 km para a região 1 e 16.633 km para a região 2.
- No regime pressão de radiação solar as partículas possuem densidade de 1.0 g cm^{-3} e variam de raio nos valores discretos de 1 cm, 10 cm, 30 cm, 50 cm, 1 m, 1.5 m, 2 m, 4 m, 6 m, 8 m e 10 m para cada simulação.

REGIÃO 1 SEM PRESSÃO DE RADIAÇÃO

- A Fig. 1 representa a taxa de sobrevivência quando o formato dos corpos não é considerada. Há uma grande porcentagem de sobreviventes, sendo que 100% das partículas sobrevivem no par (a, e) marcado com um ponto preto.
- Na Fig. 2 o formato irregular do corpo central é considerado. Não houve sobreviventes e apenas alguns pares de (a, e) atingiram sobrevivência maior que 100 dias.

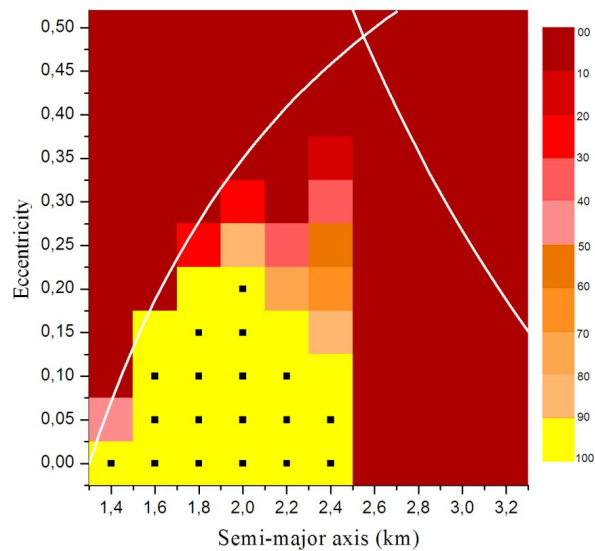


Fig. 1: Diagrama de estabilidade com corpos massivos. Retirado de Araujo et al. (2012). A linha branca a direita representa a linha de colisão com Alpha para um raio de 1,3 km, a esquerda a linha de colisão com Gamma.

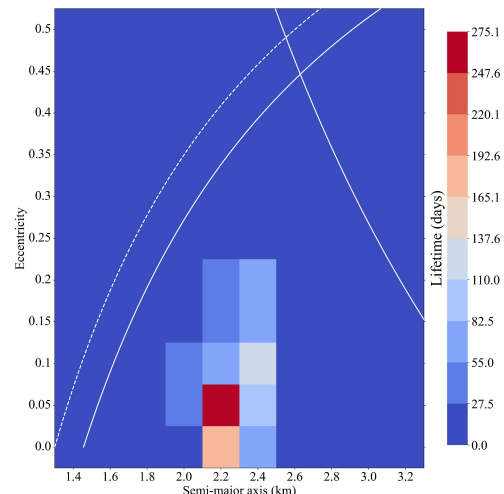


Fig. 2: Mapa do tempo de vida das partículas que colidiram ou ejetaram, considerando o formato irregular do corpo Alpha. As linha branca cheia e tracejada a direita representam as linhas de colisão com Alpha para um raio de 1,3 km e 1,45 km (maior raio calculado), respectivamente, a esquerda a linha de colisão com Gamma.

REGIÃO 1

- Aliando o efeito da pressão de radiação solar ao formato irregular dos corpos, o tempo de vida das partículas variou conforme seu tamanho, mas não houve nenhuma partícula sobrevivente aos dois anos de integração.
- A maioria das partículas tem um tempo de vida abaixo de 100 dias e algumas conseguem alcançar maiores tempos de sobrevivência, conforme constatamos pela Fig. 3 e 4.

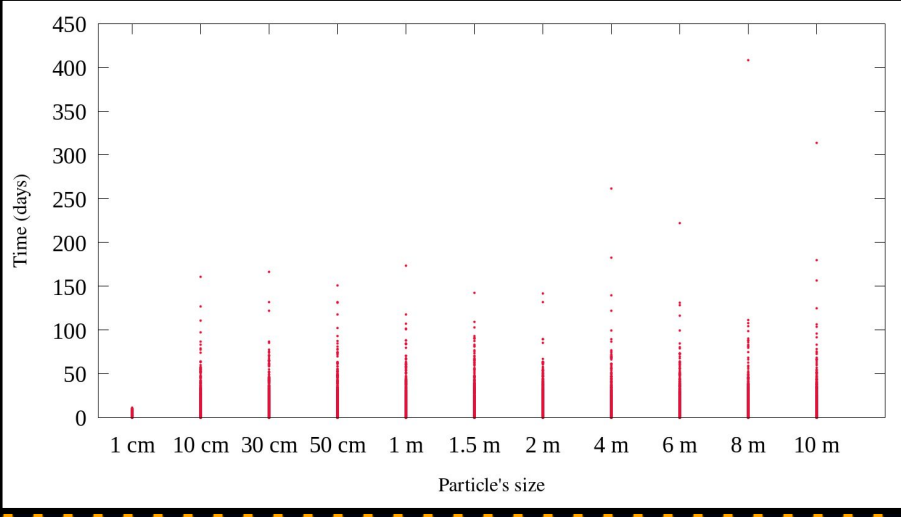


Fig. 3: Dispersão das partículas em função de seu tempo de sobrevivência e tamanho.

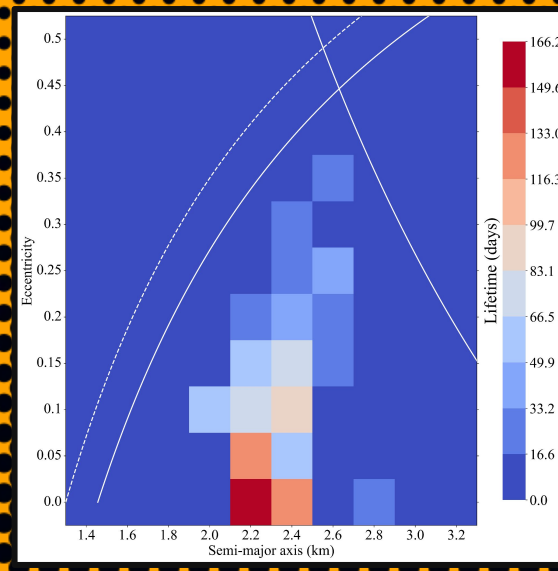


Fig. 4: Mapa do tempo de vida das partículas que colidiram ou ejetaram, considerando o formato irregular do corpo Alpha para partículas de 30 cm.

REGIÃO 2

SEM PRESSÃO DE RADIÇÃO

- A Fig. 5 representa a taxa de sobrevivência quando o formato dos corpos não é considerada. Há uma maior porcentagem de sobreviventes próximo ao semieixo maior de 7.5 km e 9.3 km.
- Na Fig. 6 o formato irregular do corpo central é considerado e a maior porcentagem de sobrevivência ocorre próximo ao semieixo maior de 6.9 km.
- Apenas 6.7% das partículas sobreviveram para a integração utilizando o formato irregular de Alpha e Beta. Enquanto que para o caso de corpos massivos, 20% das partículas sobreviveram. Ou seja, uma diminuição de 65% no número de sobreviventes.

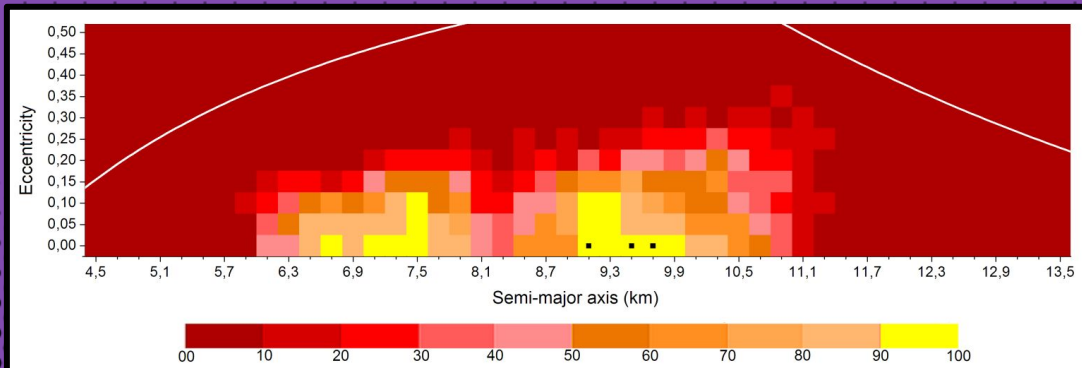


Fig. 5: Diagrama de estabilidade com corpos massivos. As regiões com um ponto preto representam 100% de sobrevivência. Retirado de Araujo et al. (2012). A linha branca a direita representa a linha de colisão com Gamma e a esquerda a linha de colisão com Beta.

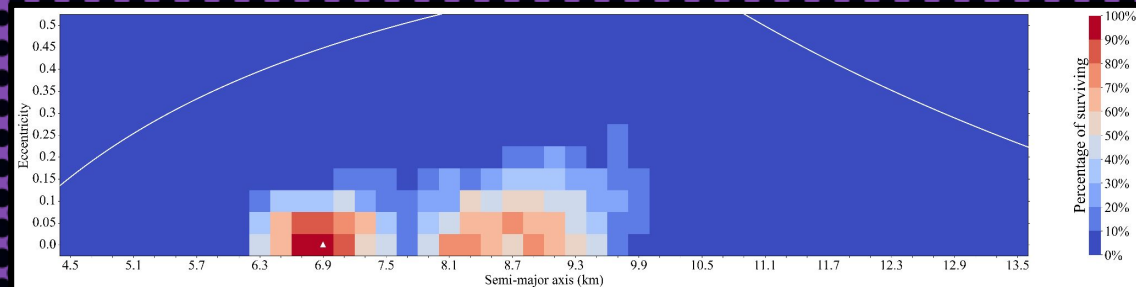


Fig. 6: Diagrama de estabilidade considerando o formato irregular do corpo Alpha e Beta. A região com um triângulo representa 100% de sobrevivência. A linha branca a direita representa a linha de colisão com Gamma e a esquerda a linha de colisão com Beta.

REGIÃO 2

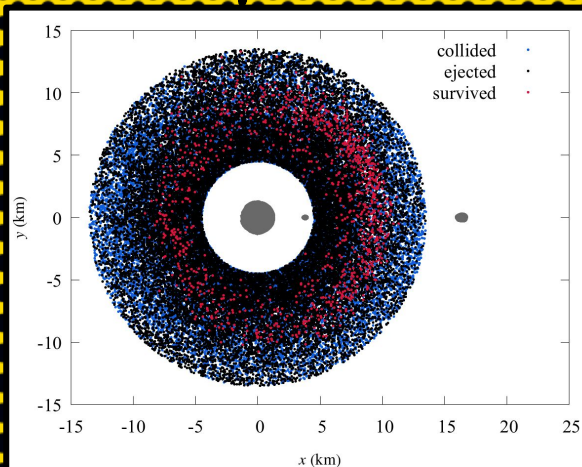


Fig. 8: Condição inicial das partículas coloridas de acordo com a condição final de: ejetada, colidida e sobrevivente para as partículas de 30 cm.

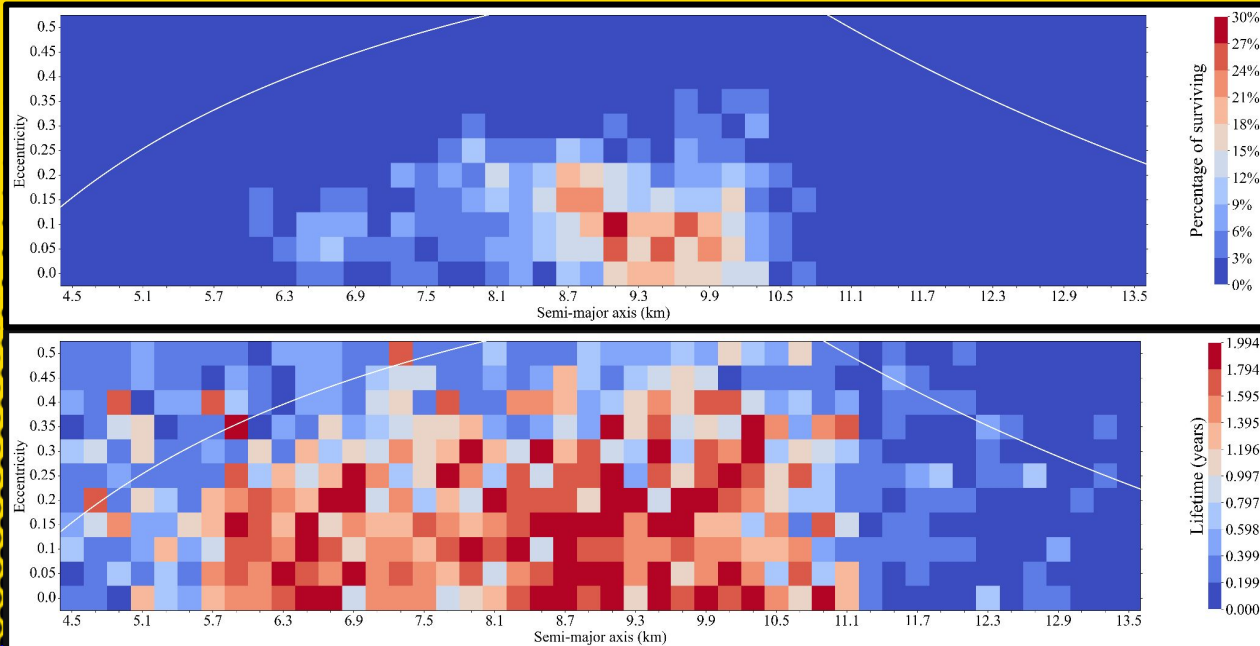


Fig. 7: Diagrama de estabilidade (superior) e mapa do tempo de vida das partículas que colidiram ou ejetaram (inferior) considerando o formato irregular do corpo Alpha e Beta para partículas de 30 cm.

- Com a inclusão da pressão de radiação encontramos uma região de partículas sobreviventes considerando um raio de 30 cm (Fig. 7 e 8).
- A maior porcentagem de sobrevivência encontra-se próximo ao semieixo maior de 9.3 km.
- Grande parte das partículas que colidiram ou ejetaram sobrevivem por mais de um ano e meio.



REFERÊNCIAS

Araujo, RAN de, et al. "Stability regions around the components of the triple system 2001 SN263." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 423.4 (2012): 3058–3073.

Winter, O. C., et al. "Asteroid triple-system 2001 SN263: surface characteristics and dynamical environment." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 492.3 (2020): 4437–4455.

COMENTÁRIOS FINAIS

- O formato irregular dos corpos afetam diretamente a estabilidade das regiões.
- A região 1 não é uma região estável por 2 anos, mas algumas partículas sobrevivem por pelo menos 100 dias mesmo considerando os efeitos da pressão de radiação solar.
- A região 2 possui porcentagem de sobrevivência com e sem a adição da pressão de radiação solar.
 - Sem a pressão de radiação solar a maior porcentagem de sobrevivência ocorre próximo ao semieixo maior de 6.9 km.
 - Com a inclusão da radiação solar a maior porcentagem de sobrevivência ocorre próximo ao semieixo maior de 9.3km, mas nenhum par (a , e) obtém 100% de sobrevivência. O máximo obtido é 30%.
 - Embora a região ainda apresente alta taxa de ejeção e colisão, grande parte das partículas sobrevive por pelo menos um ano e meio.



PRÓXIMAS ETAPAS

- Expandir a análise para a região ao redor do corpo Beta e ao redor do sistema por completo;
- Incluir a perturbação da Maré Solar no sistema;
- Analisar mais profundamente a estabilidade e as órbitas em cada região;