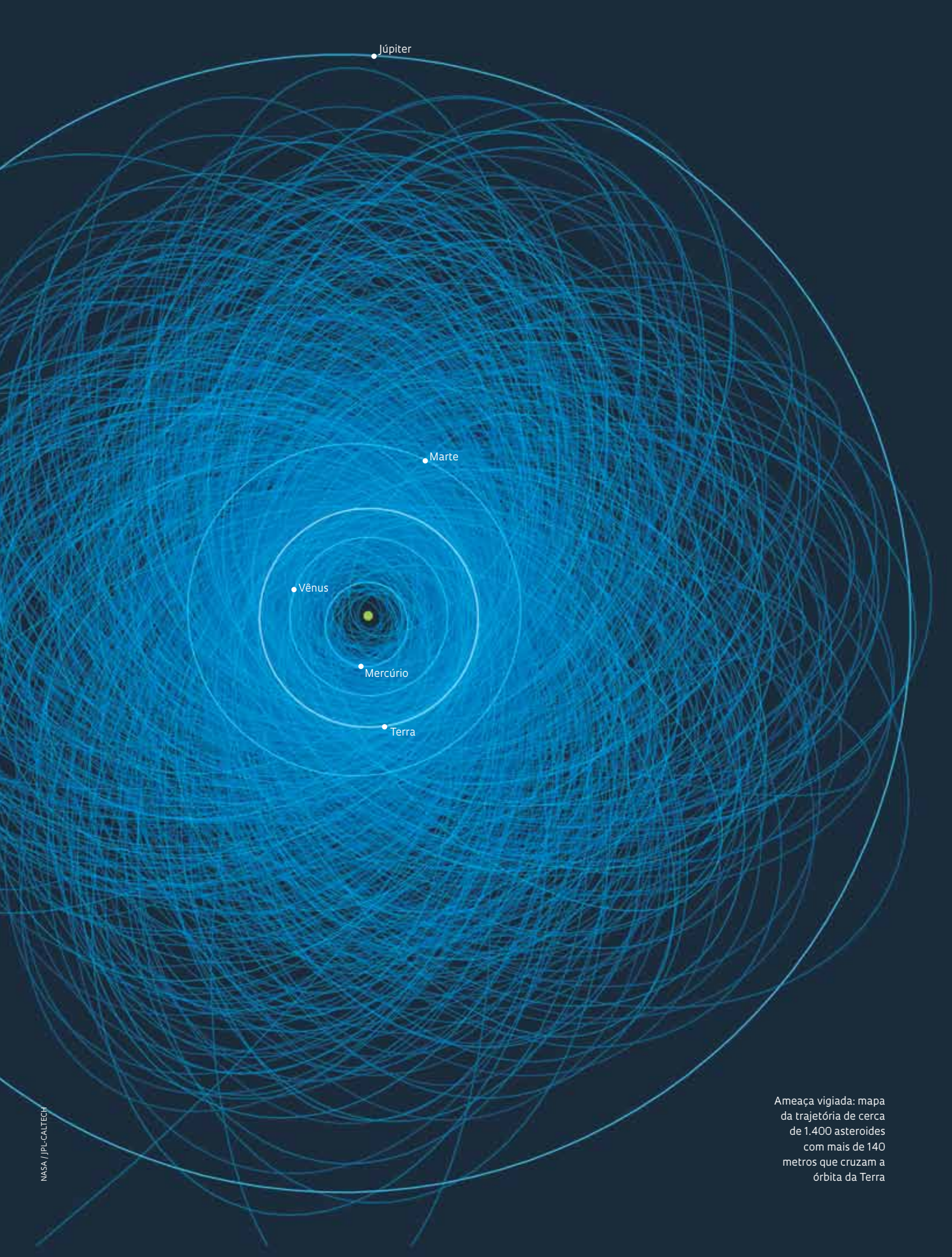


Perigo na vizinhança

Pesquisas brasileiras com asteroides próximos podem ajudar a estimar risco de colisões com a Terra

Igor Zolnerkevic

No último dia 26 de janeiro, o noticiário estampou uma manchete que se repete quase todos os anos: “Asteroide passa perto da Terra”. Naquele dia, um corpo rochoso chamado de 2004 BL86, com 325 metros de comprimento, chegou a cerca de 1,2 milhão de quilômetros (km) de distância do planeta, para depois se afastar e prosseguir sua órbita ao redor do Sol. Os astrônomos jamais haviam observado um asteroide desse tamanho se aproximar tanto, ainda que essa distância fosse três vezes maior do que a que separa a Terra da Lua. Parece uma distância segura, mas não é. Todo asteroide com mais de 150 metros de comprimento que chega a menos de 7,5 milhões de km da órbita da Terra é catalogado pela União Astronômica Internacional como “potencialmente perigoso”. O termo soa alarmante, mas não é motivo para pânico. Significa apenas que há algum risco, ainda que pequeno, de esses objetos colidirem com a Terra nas próximas centenas de anos. Uma equipe de astrônomos da Universidade Estadual Paulista (Unesp) vem realizando cálculos e observações inéditas para descobrir de que são feitos esses asteroides próximos e quanto tempo ficam na vizinhança da Terra.



Júpiter

Marte

Vênus

Mercúrio

Terra

Ameaça vigiada: mapa da trajetória de cerca de 1.400 asteroides com mais de 140 metros que cruzam a órbita da Terra

O impacto de um asteroide com o tamanho do 2004 BL86 liberaria uma energia equivalente à de dezenas de bombas atômicas. Não seria suficiente para causar a extinção da vida na Terra – para tanto, seria necessário um asteroide com alguns quilômetros de extensão, semelhante ao que caiu há 65 milhões de anos onde hoje é o golfo do México e teria extinto os dinossauros. Dependendo de onde caísse, porém, um asteroide poderia destruir cidades inteiras. Mesmo um objeto celeste bem menor pode causar danos sérios. Em fevereiro de 2013, um asteroide de apenas 20 metros de diâmetro explodiu a 29 km de altura sobre a cidade de Chelyabinsky, na Rússia. Ninguém morreu durante o evento, mas a onda de choque gerada pela explosão feriu cerca de 1.500 pessoas e danificou milhares de edificações. Alguns pesquisadores estimam que impactos como o de Chelyabinsky aconteçam de uma a três vezes a cada século, mas o fato é que ainda se sabe muito pouco sobre os objetos pequenos (com dezenas a centenas de metros) para que se tenham cálculos precisos.

DE OLHO NO ESPAÇO

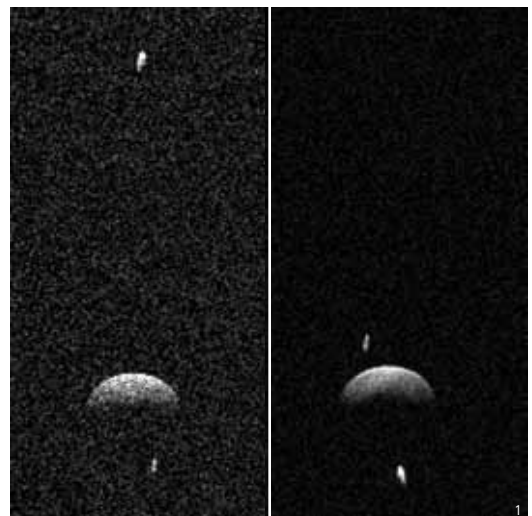
Os Estados Unidos e alguns países europeus vêm investindo nas últimas duas décadas em programas de observação de asteroides potencialmente perigosos. Segundo um relatório publicado pela Nasa em setembro passado, já foram descobertos 867 dos estimados mil asteroides com mais de um 1 km de comprimento que passam perto da Terra. Felizmente, nenhum deles deve oferecer risco ao planeta nos próximos séculos. O problema, segundo o relatório, são os asteroides menores, com menos de 150 metros. Teorias e observações astronômicas sugerem que existem milhões desses corpos rochosos nas proximidades da Terra, mas apenas 10% foram descobertos.



Reconstituição artística do primeiro sistema triplo de asteroides descoberto: o maior, Sylvia, tem 270 km

12 de fevereiro de 2008

13 de fevereiro de 2008



O sistema triplo de asteroides 2001 SN263: imagens de radar mostram órbita dos menores ao redor do maior

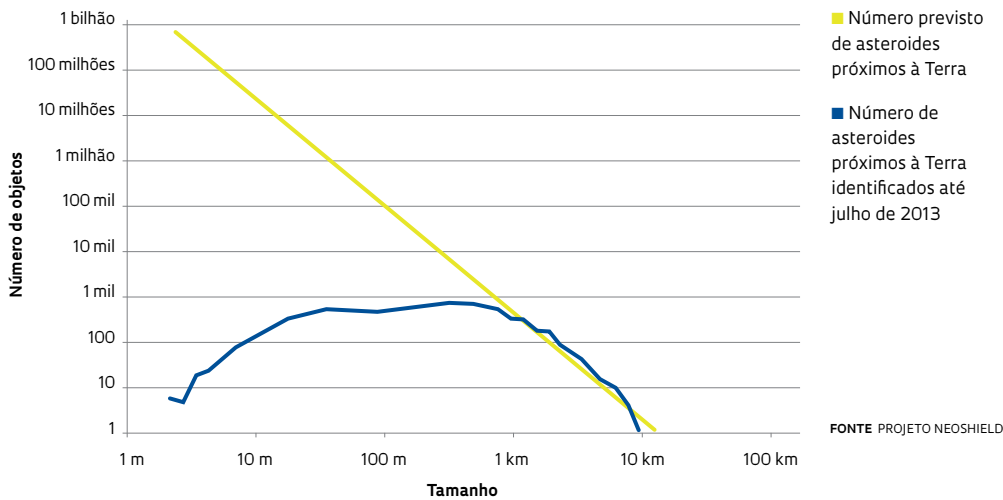
Mas projetos de monitoramento como os financiados pela Nasa não são suficientes. Eles varrem o céu inteiro várias vezes por noite para identificar novos objetos celestes potencialmente perigosos, mas não conseguem determinar com precisão a trajetória desses corpos. Só se consegue determinar com rigor a órbita desses asteroides por meio de observações por períodos mais longos, como as que vêm sendo feitas pelo projeto Impacton, sigla de Iniciativa de Mapeamento e Pesquisa de Asteroides nas Cercanias da Terra no Observatório Nacional. Os pesquisadores do Impacton projetaram e construíram um observatório em Itacuruba, no sertão de Pernambuco (ver Pesquisa FAPESP nº 156). Com espelho de 1 metro de diâmetro, o telescópio do Impacton funciona desde 2011 ajudando a determinar a órbita, o tamanho e a forma de asteroides próximos à Terra.

Enquanto a equipe do Impacton se ocupa de observações, a especialidade de Othon Winter e seus colegas da Faculdade de Engenharia da Unesp em Guaratinguetá são os estudos teóricos, baseados em simulações em computador. Winter quer entender a dinâmica de duplas e trios de asteroides perigosamente próximos à Terra. Recentemente, ele e a astrônoma Rosana de Araújo, que realiza pós-doutoramento com o grupo da Unesp, calcularam quanto tempo esses sistemas podem permanecer perambulando pela vizinhança terrestre sem se fragmentarem – terminando, às vezes, por colidir com o planeta.

Grupos internacionais que haviam estudado a órbita dos asteroides que circulam entre Mercúrio, Vênus, Terra e Marte, os planetas mais internos do sistema solar, haviam estimado que nenhum corpo pequeno – seja ele asteroide, seja cometa; os primeiros são mais densos e se formam mais próximos ao Sol, enquanto os últimos, além de menos densos, contêm mais água e ele-

O previsto e o observado

Número de asteroides com menos de 100 metros já detectados próximos ao planeta é bem menor do que o que se calcula existir



mentos químicos voláteis – consegue permanecer em uma órbita estável nessa região por mais de 10 milhões de anos. A órbita deles se desestabiliza em algum momento, quando se aproximam de algum desses planetas. Como consequência, o pequeno corpo celeste pode colidir com o Sol, com os planetas ou suas luas, ou ainda ser ejetado para longe, em direção aos confins do sistema solar.

Esse resultado gerou uma dúvida. Se os asteroides deveriam permanecer na vizinhança da Terra por apenas alguns milhões de anos, por que a maioria deles ainda não desapareceu, dado que o sistema solar tem estimados 4,5 bilhões de anos? Uma possível explicação para a existência de tantos asteroides por aqui é que algum processo estaria constantemente repovoando o espaço em torno da Terra.

Os astrônomos em geral acreditam que a maioria dos asteroides que circulam nessa região do sistema solar se originou no chamado cinturão de asteroides, uma enorme faixa entre Marte e Júpiter que abriga meio milhão de asteroides com mais de 500 metros de comprimento e incontáveis asteroides menores. Mas não é qualquer asteroide do cinturão que é capaz de migrar para perto da Terra. Só são lançados para a região mais interna do sistema solar os asteroides pertencentes a certos grupos – as

Vindos do cinturão entre Marte e Júpiter, asteroides solitários permaneceriam até 10 milhões de anos próximos à Terra

chamadas famílias de asteroides – com trajetórias e composição rochosa semelhantes, cujas órbitas sentem de maneira mais intensa perturbações dos planetas Júpiter e Saturno. Essas perturbações, somadas à irradiação do calor que absorvem do Sol, fazem esses corpos celestes migrarem para mais perto de Marte e o planeta vermelho pode então lançá-los para fora do sistema solar ou para perto da Terra.

Com base na composição mineral da superfície dos asteroides, é possível agrupar esses corpos em famílias. A superfície do 2004 BL86, por exemplo,

contém basalto, rocha rica em ferro e magnésio típica dos asteroides que integram a família do Vesta, o segundo maior asteroide do cinturão. Essa composição, no entanto, não garante que o 2004 BL86 seja um fragmento do Vesta. Ele pode ter se originado de outro asteroide maior que já foi destruído.

Enquanto o tempo de vida de um asteroide solitário na vizinhança da Terra é da ordem de 10 milhões de anos, o estudo de Rosana e Winter publicado em 2014 na revista *Astronomy & Astrophysics* sugere que sistemas formados por pares de objetos celestes duram ainda menos. Dependendo de como suas órbitas cruzam a da Terra, as duplas de asteroides não existiriam por mais de 2,2 milhões de anos.

Esses cálculos estão ajudando a situar no tempo a origem de um dos corpos celestes mais estranhos que já se observaram no espaço próximo à Terra: o sistema triplo de asteroides 2001 SN263. Por ser triplo, ele teria se mudado há bem menos tempo para a vizinhança da Terra.

TRIO ESPECIAL

A história do 2001 SN263 lembra a da espaçonave alienígena do romance de ficção científica *Encontro com Rama*, de Arthur Clarke. O que é apenas um novo ponto luminoso no céu no início do livro se revela um corpo celeste cada vez mais intrigante à medida que se aproxima da Terra. Quando o 2001 SN263 foi descoberto em 2001 pelo projeto de monitoramento Linear, da Nasa, parecia apenas mais um asteroide com mais de 1 km de comprimento que se aproximava da Terra o suficiente para ser classificado como quase perigoso. A surpresa veio em 2008, quando o as-



Rastro no céu de Chelyabinski, Rússia, feito por fragmentos de asteroide do tipo "pilha de escombros", como o Itokawa (ao lado)

teróide se aproximou mais e imagens do radiotelescópio Arecibo, em Porto Rico, revelaram que se tratava de um sistema de três objetos muito próximos: os dois menores – Beta, de 1,1 km de extensão, e Gama, de 400 m – orbitam o maior, Alfa, com 2,8 km de comprimento. Além desse, só existe outro sistema triplo de asteroides próximo à Terra, o 1994CC. Mas o 2001 SN263 é o mais peculiar. “Diferentemente da meia dúzia de sistemas triplos de asteroides conhecidos do sistema solar, o 2001 SN263 é o único em que os três corpos do sistema possuem tamanho semelhante”, explica Winter. “Nos outros casos um corpo do sistema é bem maior que os outros dois.”

ORIGEM ENIGMÁTICA

A origem da maioria dos sistemas triplos é uma colisão. Ela arranca pedaços de um asteroide maior, que, posteriormente, passam a orbitá-lo como duas pequenas luas. “Não existe uma teoria simples para explicar como se forma um sistema triplo com asteroides de tamanhos comparáveis”, diz Winter. “Para quebrar um asteroide maior em três pedaços grandes, o impacto deve ter sido significativo, mas os pedaços não deveriam estar próximos uns dos outros.”

Uma possível explicação é que três asteroides do 2001 SN263 seriam os pedaços de um asteroide maior que teria sofrido um efeito semelhante ao que ocorreu com o cometa Shoemaker-Levy 9. Em 1992, o núcleo de gelo e poeira do cometa passou próximo demais do planeta Júpiter e a força gravitacional do planeta fez o corpo do cometa se desmanchar em quase duas dúzias de fragmentos. “É uma possibilidade, mas ela só poderia ter ocorrido se a estrutura do asteroide que originou o sistema 2001 SN263 fosse frágil e porosa, como a de um cometa”, explica Winter. “É o que chamamos de asteroide tipo ‘pilha de escombros’, um aglomerado de rochas meio soltas, com muito espaço vazio entre elas.”



O 2001 SN263 é o alvo escolhido por Winter para uma primeira missão espacial interplanetária totalmente planejada no Brasil. A ideia da Missão Aster, como ficou conhecido o projeto, nasceu de um desafio informal que Winter fez a seu colega Elbert Macau, engenheiro aeroespacial do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), logo após a descoberta de que o 2001 SN263 era um sistema triplo. O projeto envolve cerca de 50 pesquisadores de instituições brasileiras, incluindo USP, Unesp, Unicamp, UFABC, Inpe e Escola de Engenharia Mauá, além da colaboração com pesquisadores do Instituto Russo de Pesquisas Espaciais, e tem por objetivo enviar uma pequena sonda espacial e equipamentos para dois experimentos adicionais – um de geofísica espacial e outro de astrobiologia –, todos com tecnologia brasileira, aos asteroides do sistema 2001 SN263.

A sonda levaria a bordo três instrumentos para investigar a superfície dos asteroides: uma câmera de alta resolução, um espectrógrafo infravermelho, para analisar a composição de seus minerais, e um *laser*, para medir distâncias. Depois, se tudo der certo, a sonda se jogaria sobre o asteroide alfa, caindo em sua superfície e realizando mais observações. “É um projeto concreto, totalmente factível”, afirma Winter. Ainda assim a missão segue sem garantia de verba para sua execução, que deve custar cerca de US\$ 40 milhões, valor considerado baixo em comparação com o de mis-



Cratera de Barringer, nos Estados Unidos, gerada pela queda de um corpo compacto e denso semelhante ao asteroide Lutetia



sões espaciais europeias ou norte-americanas. A equipe da Missão Aster espera obter esses recursos em breve, para aproveitar a aproximação máxima do 2001 SN263 com a Terra, em 2022. Depois disso, será necessário aguardar mais três anos, até que o asteroide dê outra volta em torno do Sol e se aproxime da Terra novamente.

MATERIAL PRIMORDIAL

Mesmo que a missão não saia, Winter já realizou bastante ciência em função de seus preparativos. Em 2010, ele recebeu em Guaratinguetá o astrônomo italiano Davide Perna, do Observatório de Paris, especialista em asteroides próximos à Terra e um dos pesquisadores envolvidos no projeto NEOShield, financiado pela Comissão Europeia para avaliar as opções que a humanidade teria para desviar um asteroide em rota de colisão com a Terra. Perna liderou o trabalho de um grupo de pesquisadores de instituições europeias, do ON e da Unesp que observou o 2001 SN263 com o telescópio VLT, do Observatório Europeu do Sul, em Cerro Paranal, no Chile – a equipe conseguiu tempo no VLT em caráter emergencial, pois os asteroides só estariam ao alcance do telescópio novamente daqui a muitos anos.

E o 2001 SN263 surpreendeu mais uma vez. A análise das observações, publicada em 2014 na *Astronomy & Astrophysics*, determinou que a superfície dos asteroides desse sistema possui o tom de cor azul mais escuro já observado em um corpo pequeno do sistema solar. Os pesquisadores sugerem que essa cor é um forte indicativo de que esses asteroides sejam ricos em matéria orgânica

Asteroides do sistema triplo 2001 SN263 parecem ser ricos em matéria orgânica e minerais que contêm água

e minerais contendo água. “O 2001 SN263 seria feito de um material muito antigo, remanescente da formação dos primeiros corpos rochosos do sistema solar, há 4 bilhões de anos”, diz Winter.

Esse trabalho também sugere que os asteroides do sistema 2001 SN263 são feitos de grãos de tamanho e composição variados, o que favorece a ideia de que seriam “pilhas de escombros”. Estudos do projeto NEOShield indicam que os asteroides desse tipo estariam entre os mais perigosos, pois mesmo um foguete com ogiva nuclear não seria capaz de desviá-lo se estivesse em rota de colisão com a Terra. Menos denso, o asteroide abrigaria gases que seriam capazes de absorver a energia da explosão, sem desmanchá-lo ou alterar sua rota. “O sucesso dos métodos para desviar asteroides em rota de colisão com a Terra depende de saber do que eles são feitos, de sua rigidez e porosidade”, explica Winter. Daí a importância de missões como a Aster, ou a missão Osiris ReX, da Nasa, a ser lançada em 2016 para visitar um asteroide potencialmente perigoso: o Bennu, cuja composição parece ser semelhante à do 2001 SN263. “Se o 2001 SN263 for mesmo três fragmentos de um objeto maior que se rompeu, a Missão Aster poderia obter informações únicas”, diz Winter. “Seria como observar o interior de um asteroide maior, algo que nunca foi feito.” ■

Projeto

Dinâmica orbital de pequenos corpos (n. 11/08171-3); Modalidade Projeto Temático; Pesquisador responsável Othon Cabo Winter (Unesp/Guaratinguetá); Investimento R\$ 560.886,80 (FAPESP).

Artigos científicos

PERNA, D. *et al.* The triple near-Earth asteroid (153591) 2001 SN263: an ultra-blue, primitive target for the Aster space mission. *Astronomy & Astrophysics*. v. 568. 15 ago. 2014.

ARAÚJO, R. A. N. e WINTER, O. C. Near-Earth asteroid binaries in close encounters with the Earth. *Astronomy & Astrophysics*. v. 566. 2 jun. 2014.