

CAPA

SERES DO ESPACO /



MARTE

Bactérias super-resistentes
poderiam viver fora da Terra

MARIA GUIMARÃES



TERRA



NASA

Solo marciano
(esquerda) e
vulcões terrestres
na Rússia

Na história de ficção científica *Pictures don't lie*, de 1951, de Katherine MacLean, uma nave alienígena entra em contato com a Terra e pede permissão para pousar. Mas quando os visitantes aterrissam, ninguém os vê, nem eles avistam o comitê de recepção. Na verdade, tanto terráqueos como extraterrestres estavam buscando na escala errada: os visitantes eram microscópicos. Um grupo de pesquisadores brasileiros está descobrindo que essa ideia está mais próxima da realidade do que parece. Eles mostraram que bactérias super-resistentes sobreviveriam a viagens pelo espaço, agarradas a minúsculos fragmentos de poeira.

A conclusão é pioneira na astrobiologia, a área da ciência que nas últimas décadas procura indícios de vida fora da Terra, outros mundos habitáveis e entender as condições essenciais para o surgimento da vida. Um dos projetos mais conhecidos de astrobiologia, o Seti, sigla em inglês para Busca por Inteligência Extraterrestre, comemora este ano o cinquentenário. A diferença é que novas tecnologias agora permitem estender as fronteiras do conhecimento. No Brasil os estudos nessa área devem ganhar fôlego nos próximos meses, com o início da atividade do primeiro laboratório nacional dedicado à astrobiologia. Em fase de instalação em Valinhos, no interior de São Paulo, o novo centro será coordenado por Eduardo Janot-Pacheco e ligado ao Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (IAG-USP).

O astrônomo Douglas Galante, pesquisador do IAG à frente da instalação do laboratório, vem mostrando como a vida pode resistir até mesmo aos fenômenos cósmicos mais extremos, como explosões de supernovas e de raios gama. Seu trabalho, ao lado dos experimentos do biólogo Ivan Paulino Lima durante o doutorado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), contribui para a ideia de que seres vivos podem viajar pelo espaço. Ambos estudaram a bactéria *Deinococcus radiodurans*, que se destaca por resistir a doses altíssimas de radiação. A espécie foi descoberta nos anos 1950, no contexto da indústria norte-americana de carne enlatada.

Os alimentos eram tratados com radiação para eliminar contaminação por bactérias, mas parecia impossível acabar com elas: a *Deinococcus radiodurans* resistia à esterilização. “Se formos expostos a raios gama com uma intensidade de quatro Grays, estaremos mortos em um mês”, avalia a biofísica Claudia Lage, da UFRJ, orientadora de Paulino Lima no doutorado, “mas a *Deinococcus radiodurans* continua se multiplicando mesmo depois de bombardeada com 15.000 Grays”. Na verdade, o material genético da bactéria é pulverizado, mas bastam três horas sem excesso de radiação para que o DNA se recomponha perfeitamente e volte à ativa. Como a fênix da lenda, que renasce das cinzas.

A resistência a altos níveis de radiação, e também ao vácuo, à dessecção e à temperatura, é o que torna essa bactéria ideal para testar a possibilidade de seres vivos fazerem viagens interplanetárias sem a proteção de uma espaçonave. Até agora, estudos internacionais – feitos inclusive pela agência espacial norte-americana (Nasa) – vêm testando a possibilidade de vida no espaço com bactérias que se protegem formando uma carapaça, como se fossem múmias (cistos). A diferença é que a *Deinococcus* entra em dormência, mas não forma esses cistos, e nos últimos anos Paulino Lima vem submetendo essa bactéria a feixes de luz que simulam a radiação que existe em raios solares no espaço, sem a proteção de uma atmosfera.

Boa parte do trabalho está sendo feita no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) em Campinas, no interior de São Paulo. A pesquisa mostrou, segundo resultados publicados em agosto na *Planetary and Space Science*, que basta a proteção de um grão de poeira para que a bactéria sobreviva nas condições do espaço.

A poeira é mais importante do que parece. Ela passa incólume por barreiras físicas sérias para corpos maiores. Quando um meteorito grande penetra a atmosfera, por exemplo, o atrito é tão intenso que aquece a rocha a temperaturas que muitas vezes a pulverizam e são letais para qualquer bactéria. Esse problema não existe com a poeira, cujo tamanho microscópico lhe permite entrar na atmosfera quase sem atrito. E

ela é abundante, em parte devido aos cometas que cruzam o espaço com sua cabeleira luminosa. A cauda de um cometa surge quando ele se aproxima do Sol, na verdade é sua superfície asoprada pelos ventos solares. Quando vai embora para os confins do Universo, o cometa deixa para trás essa poeira e fica ligeiramente menor por perder a camada externa. Uma camada valiosa para a vida: os cometas são repletos de aminoácidos, as moléculas orgânicas que compõem as proteínas.

Teoria na prática - “Por volta de 10 mil toneladas de grãos de cometas caem na Terra todos os anos”, afirma Claudia. E os grãos que chegam não são, para ela, os únicos indícios de que a Terra está longe de ser um ambiente fechado sobre si mesmo, aonde nada chega e de onde nada sai. Ventos e tufões suspendem partículas do solo até o alto da atmosfera, periodicamente varrida por ventos solares que carregam essa poeira para outras zonas do espaço. “Estamos contaminando o Universo”, comenta.

Num período de pesquisa no síncrotron Diamond, na Inglaterra, Paulino



Amostras de bactérias irradiadas com luz síncrotron

Lima mostrou também que suas bactérias favoritas resistem a uma explosão simulada de supernova, um fenômeno estelar que libera altas quantidades de raios X. O estudo ganhou ainda mais força com o encontro pouco comum entre astrobiologia experimental e teórica. Na mesma época, Douglas Galante estava mergulhado em cálculos e simulações teóricas para descobrir como a vida reage às doses extremas de raios cósmicos presentes no espaço e em planetas jovens – para com isso entender a origem da vida e a evolução da biodiversidade. Independente do grupo carioca, ele tinha justamente escolhido usar em suas simulações um organismo difícil de matar: a *Deinococcus radiodurans*. No Diamond, os dois jovens pesquisadores trabalharam juntos e mostraram que os dados teóricos e experimentais se encaixavam com perfeição.

“Descobri que não é possível matar toda a vida de um planeta”, conta Galante, que, além das supernovas, fez simulações teóricas de explosões de raios gama, os eventos de mais alta energia desde o Big Bang. “A energia liberada nesses eventos é imensa, como se toda a



Deinococcus radiodurans em meio de cultura, no laboratório

massa do Sol fosse convertida em energia no intervalo de 10 segundos.” Segundo ele, uma explosão de raios gama é suficiente para esterilizar todo o lado exposto de planetas até uma distância equivalente ao diâmetro da nossa galáxia: 30 mil parsecs ou 99 mil anos-luz. Mas sempre restará vida protegida dentro da água, debaixo do solo ou simplesmente na face dos corpos celestes não atingida pelos raios gama.

Mesmo assim, esses eventos espaciais têm efeitos duradouros. Em artigos recentes na *Astrophysics and Space Science* e no *International Journal of Astrobiology*, Galante mostrou que as explosões de raios gama alteram a química da atmosfera e destroem a camada de ozônio, tornando o planeta mais exposto a raios ultravioleta por vários anos, o que causa danos aos seres vivos. As simulações mostram o que aconteceria ao se eliminar quase toda a vida na Terra, sobrando só cerca de 1% dos organismos, e por isso têm importância para outras áreas da ciência. “Os eventos de extinção são essenciais para o surgimento de novas espécies”, lembra o astrônomo, especulando que talvez esses acontecimentos sejam necessários para gerar diversidade.

BASTA UM GRÃO DE POEIRA PARA PROTEGER A BACTÉRIA DOS RAIOS SOLARES

de. “A astrobiologia estuda a origem, a evolução e o destino da vida.”

Em parceria com a dupla da UFRJ, ele pretende continuar bombardeando com radiação bactérias afeitas a condições extremas, em experimentos que replicam situações espaciais. Uma dessas bactérias foi descoberta este ano pelo grupo da microbióloga argentina Maria Eugenia Farias num lago na cratera de um vulcão andino e será testada em colaboração com a equipe brasilei-

ra. São bactérias que sobrevivem em condições extremas diversas, inclusive em uma salinidade altíssima. Pode ser importante para simular a possibilidade de vida em Marte, um ambiente extremamente salino.

Boa parte do trabalho deve ser feita no laboratório de Valinhos, onde já existe um observatório didático do IAG. Em cerca de seis meses, segundo Galante, deverá estar em ação uma câmara de simulação mais sofisticada do que a do LNLS, capaz de submeter as bactérias a um conjunto completo de parâmetros controlados, como temperatura, radiação e pressão, além de simular uma atmosfera protetora.

Alienígenas bacterianos - Para Cláudia e Paulino Lima, os resultados dão apoio à ideia da panspermia, uma hipótese que considera que a vida pode estar disseminada Universo afora. Quando a Terra surgiu, 4,5 bilhões de anos atrás, o Universo já tinha 10 bilhões de anos. Quando este planeta ainda era muito jovem na escala de tempo geológica, há 3,8 bilhões de anos, já havia vida microscópica por aqui, provavelmente capaz de usar a luz solar por meio da clorofila e produzir oxigênio. É o que revela a composição de rochas encontradas na Groenlândia por pesquisadores da Inglaterra, dos Estados Unidos e da Austrália. Cláudia vê esses indícios como sinais de que a vida pode ter vindo de outro lugar. Mas essa visão está longe de consensual. Galante é cauteloso. “Há microrganismos que seriam capazes de suportar as condições de uma viagem espacial, mas não se sabe se isso realmente acontece.”

Bastante mais consensual é a visão de que, mesmo que a vida em si não tenha vindo do espaço, moléculas pré-bióticas – os tijolinhos mais elementares para a construção de material genético – já estavam por aqui logo depois que a Terra se formou e podem ter vindo do espaço. Muitos especialistas acreditam que as condições terrestres naquela época eram ideais para permitir reações químicas e o surgimento da vida, talvez a partir de moléculas pré-bióticas que vieram de carona numa cauda de cometa. O físico nuclear Enio da Silveira, da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), tenta entender a formação dessas substâncias químicas.



Marte: ponto de estudo escolhido pelo robô da Nasa

“Estudamos moléculas inorgânicas que estão em cometas, em todo lugar, e já estavam no sistema solar há 4 bilhões de anos”, conta. São moléculas como a da água, do metano, do monóxido de carbono, do dióxido de carbono e da amônia, em estado sólido, que seu grupo irradia com íons emitidos por uma fonte radiativa, o califórnio, que simulam um raio cósmico sem a proteção de uma atmosfera.

Esse tipo de radiação é suficiente para produzir uma grande variedade de moléculas, que Silveira identifica e quantifica com a ajuda de técnicas especializadas como espectrometria de massa e de infravermelho, capazes de medir a vibração característica das moléculas. Quanto mais tempo ele mantém o bombardeio, mais moléculas vê surgir. Os elementos mais importantes são o carbono, o nitrogênio, o oxigênio e o hidrogênio, que juntos respondem por cerca de 90% da composição das moléculas orgânicas. Ao analisar como esses elementos respondem à radiação, ele vem construindo um banco de dados que deve servir como referência para os astrônomos para avaliar a idade de um sistema, como um planeta ou um asteroide, por exemplo, segundo artigos recentes nas revistas *Surface Science* e *Astronomy and Astrophysics*.

O ATRITO DO RECEPTÁCULO DE COLETA DE UMA NAVE EM VOO CARBONIZARIA AS AMOSTRAS

O pesquisador da PUC percebeu que o monóxido de carbono é importante para a formação de moléculas orgânicas. “É uma fonte mais generosa de átomos de carbono, que consegue construir os esqueletos de grandes moléculas orgânicas.” Como os cometas têm abundância de monóxido de carbono e de água – da qual dependem todas as reações bioquímicas –, os resultados indicam que é provável o surgimento de vida elementar em condições diferentes das que caracterizam o único planeta onde já se encontrou vida.

O que acontece quando essas moléculas pré-bióticas caem ou são produzidas na Terra? Com essa pergunta em mente, o químico Dimas Zaia, da Universidade Estadual de Londrina, no Paraná, mistura moléculas que podem ter existido em seguida à formação deste planeta, como o aminoácido cisteína, com argila. Ele revelou, neste ano na revista *Amino Acids*, que a argila é um veículo de formação de moléculas biológicas. “A cisteína reage com compostos de ferro e por isso tem uma afinidade muito forte pela argila”, conta. Tanto em ambiente ácido, com pH 3, como alcalino, com pH 8, característicos de vulcões submarinos, ele mostrou, com a ajuda de análises como espectrometria de infravermelho, Mössbauer, EPR e raios X, que as moléculas de cisteína reagem com o substrato e dão origem a cistina, uma molécula mais complexa.

Lares extraterrestres - Encontrar organismos vivos no espaço é uma tarefa árdua, e não só por serem microscópicos. Uma nave espacial em pleno voo está em velocidade tão alta que um receptáculo de coleta causaria um atrito forte a ponto de carbonizar a amostra, matando e pulverizando qualquer bactéria interplanetária. A Nasa tem mandado sondas robotizadas para investigar, por exemplo, a superfície de Marte, mas ainda não encontrou vida. Para tornar a busca possível, os estudos terráqueos informam os pesquisadores sobre os indícios de vida esperados fora da Terra, as chamadas bioassinaturas, além de apontar onde procurá-los.

O planeta anunciado no final de setembro por astrônomos norte-americanos é um candidato. “É a primeira vez que se encontra um planeta rochoso, como a Terra, no meio da zona habi-

tável de sua estrela”, comenta Galante. Mas ainda não se sabe se tem atmosfera, água e estabilidade para gerar vida. E não tem dia e noite – um lado é sempre escuro e outro sempre claro. Para Galante, pode ser um problema, sobretudo para o surgimento de vida complexa.

Um dos exploradores em busca de zonas habitáveis é o astrônomo Gustavo Porto de Mello, da UFRJ. Analisando dados da zona mais conhecida do sistema solar, até 10 parsecs do Sol, ou 33 anos-luz, ele encontrou 13 estrelas que podem abrigar planetas habitáveis, a partir de critérios que incluem a composição, a idade e o tamanho e a radiação que recebem, segundo descreveu em 2006 na *Astrobiology*. Estudos internacionais recentes usaram técnicas menos precisas para procurar zonas habitáveis e indicam uma área mais ampla. Os resultados, porém, coincidem com a proposta do brasileiro com respeito às estrelas mais promissoras. Até agora não se detectaram planetas, mas o pesquisador defende que é preciso usá-las como alvo principal.

A busca por planetas habitáveis, que tenham sofrido impactos de cometas suficientes para fornecer água, mas já estáveis, também ocupa a astrônoma Jane Greaves, da Universidade de St. Andrews, na Escócia, que veio ao Brasil para o simpósio *Frontiers of Science*, realizado no interior de São Paulo com apoio da FAPESP (ver reportagem na página 36). “A dificuldade para encontrar planetas em zonas habitáveis é ter

não será surpresa encontrar micróbios alienígenas

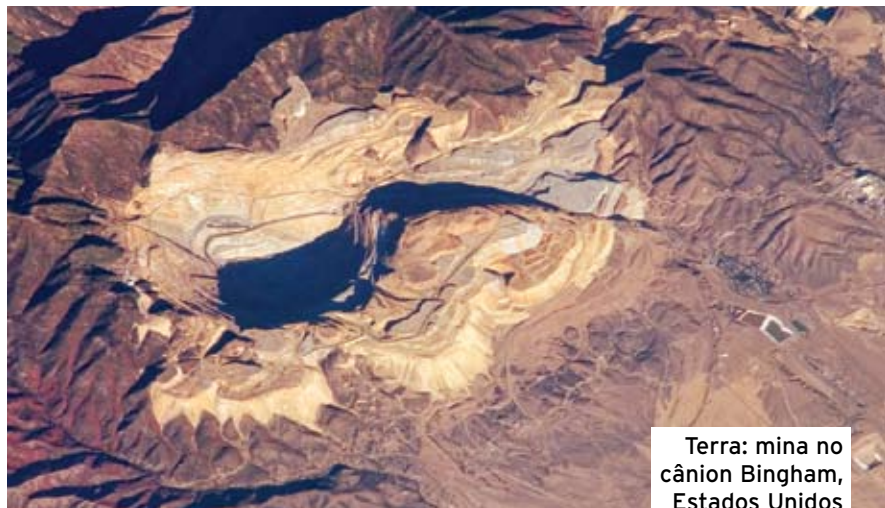
certeza do que é um biossinal”, explica. “Metano pode sair de vulcões; oxigênio e ozônio podem vir de moléculas de água evaporando de oceanos e quebradas por radiação. É preciso muito trabalho teórico e experimental, mas as perspectivas para as próximas duas décadas são muito empolgantes.” Jane identificou um alvo promissor a 59 anos-luz, mas acredita que deve haver outro por volta de 33 anos-luz, conforme artigo deste ano na *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*.

É um horizonte distante. Para vasculhar essas zonas da galáxia, será preciso usar telescópios de interferometria, ainda em projeto e que devem estar disponíveis em cerca de 10 anos. No espaço, esses instrumentos serão capa-

zes de cancelar a luminosidade emitida pelas estrelas e detectar os planetas. Em seguida, análises com infravermelho permitiriam, a distância, medir os comprimentos de onda emitidos por esses planetas em busca de sinais de água líquida e outros indícios de vida.

A presença de água líquida na superfície é o paradigma principal na busca da vida – além de possibilitar a formação de moléculas com carbono, pode ser detectada de longe –, mas há outras possibilidades. Marte, por exemplo, não tem água líquida aparente, mas talvez tenha debaixo da superfície. A Nasa pretende mandar, em 2015, um robô capaz de perfurar alguns metros e chegar ao subsolo marciano. Outra possibilidade é Europa, uma lua de Júpiter. Ela está fora da zona considerada habitável, mas parece ter água debaixo de uma camada de gelo. “É preciso voltar a Marte e ir a Europa”, afirma Porto de Mello, lembrando que a Nasa aprovou uma missão robotizada a Europa.

O astrônomo da UFRJ está otimista e não ficará surpreso caso se encontre vida em Europa ou Marte. “Será vida microbiana. Muita coisa teria que acontecer para que surgisse vida complexa”, relativiza. Quem espera por homenzinhos verdes ou feras gosmentas cheias de dentes e tentáculos, ou ainda por uma inteligência superior como a do ET de Steven Spielberg, talvez se frustre. Alienígenas invisíveis a olho nu, como imaginado por Katherine MacLean há 60 anos, já bastarão para uma grande festa entre especialistas. ■



Terra: mina no cânion Bingham, Estados Unidos

Artigos científicos

1. MARTIN, O. *et al.* Effects of gamma ray bursts in Earth's biosphere. **Astrophysics and Space Science**. v. 326, p. 61-7. 2010.
2. PAULINO-LIMA, I. G. *et al.* Laboratory simulation of interplanetary ultraviolet radiation (broad spectrum) and its effects on *Deinococcus radiodurans*. **Planetary and Space Science**. v. 58, p. 1.180-87. 2010.
3. PILLING, S. *et al.* Radiolysis of ammonia-containing ices by energetic, heavy, and highly charged ions inside dense astrophysical environments. **Astronomy and Astrophysics**. v. 509. 2010.
4. PORTO DE MELLO, G. *et al.* Astrobiologically interesting stars within 10 parsecs of the Sun. **Astrobiology**. v. 6, n. 2, p. 308-31. 2006.