

# Em busca de Vida para além da Terra

Maria Fil<sup>1,3</sup> e Francisco Guerreiro<sup>2,3</sup>

1- Turma 12.º B do Curso de Ciências e Tecnologias da Escola Secundária de Loulé; 2- Turma 12.º C do Curso de Ciências e Tecnologias da Escola Secundária de Loulé; 3- Clube das Ciências da Terra e do Espaço da Escola Secundária de Loulé

## Resumo:

A astrobiologia foi recentemente criada com o objectivo de contribuir para o estudo da origem, evolução e distribuição da vida no Universo, incluindo as perspectivas da ocorrência de vida para além da Terra.

Neste trabalho é apresentada uma breve perspectiva histórica sobre a origem e evolução vida e uma síntese dos resultados de várias pesquisas recentes, bem como das implicações que daí resultam na procura de vida extraterrestre.

Algumas dessas pesquisas apontam para a eventualidade da existência de vestígios de vida extraterrestre, criando assim expectativas em torno da possibilidade de não estarmos sozinhos no Universo.

## Palavras-chave:

Astrobiologia, Vida extraterrestre, Organismos extremófilos, Biomarcadores, Exoplanetas

## Abstract:

*Recently, the discipline of astrobiology has been created to study the origin, evolution, and distribution of life in the Universe, including the prospects for the occurrence of life beyond Earth.*

*Here we present a brief historical perspective about the origin and evolution of life and a synthesis of the results that came from various recent researches, as well as the implications that result from extraterrestrial life search.*

*Some of these researches point out the possible existence of extraterrestrial life traces, creating expectations about humanity not being alone in the Universe.*

## Keywords:

*Astrobiology, Extraterrestrial life, Extremophile organisms, Biomarkers, Exoplanets*

## 1. Introdução

Embora seja difícil definir de forma sucinta o que se entende por «vida», neste trabalho, consideramos um ser vivo qualquer sistema químico capaz de transferir a sua informação molecular através de auto-replicação e evoluir.

Actualmente o conceito de evolução implica que o sistema normalmente transfira a sua informação de forma bastante fiel, embora por vezes ocorram alguns erros aleatórios, que potencialmente conduzem a uma maior complexidade e, possivelmente, a uma melhor adaptação às condições do meio ambiente.

Os seres vivos que existem actualmente no nosso planeta são constituídos por moléculas orgânicas formadas por átomos de carbono, hidrogénio, oxigénio, azoto, enxofre e fósforo para armazenar e transferir a sua informação química. No entanto, descobertas recentes (e.g. Wolfe-Simon et al., 2010) apontam para a possibilidade teórica da existência de outros seres vivos usarem outros elementos químicos no seu metabolismo. Outro factor essencial à vida, tal como a conhecemos, é a existência de água no estado líquido.

A humanidade, ao longo dos tempos, tem mostrado um grande fascínio com a possibilidade de existência de vida fora da Terra e trabalhos recentes (e.g. Cockel, 2010; Izawa et al., 2010) têm contribuído para aumentar as expectativas em relação a essa hipótese.

Assim, a disciplina da Astrobiologia foi recentemente criada com o objectivo de contribuir para o estudo da origem, evolução e distribuição da vida no Universo, incluindo as perspectivas da ocorrência de vida para além da Terra.

Ao longo deste trabalho iremos apresentar uma breve perspectiva histórica sobre a origem e evolução vida, bem como sintetizar os resultados de pesquisas recentes e as implicações que daí resultam na pesquisa de vida extraterrestre.

## 2. A Origem e a Evolução da Vida

A origem e evolução da vida na Terra e a eventual existência de vestígios ou formas de vida noutros locais do Universo são das questões para as quais o Homem tem vindo a procurar resposta há mais tempo.

No mundo ocidental surgiram, desde a Antiguidade, várias teorias para explicar a origem da vida. Segundo Carrapiço (2001), para além da teoria criacionista, que atribui a origem da vida existente na Terra a uma entidade divina, são de salientar as teorias cosmozóica ou da panspermia, a da biogénese e a da abiogénese ou da geração espontânea.

A ideia de que a vida é comum e se propaga pelo Cosmos – panspermia – é habitualmente atribuída ao filósofo Anaxágoras que viveu na Grécia por volta do ano 500 antes de Cristo (a.C.).

A concepção de que a vida seria gerada a partir de matéria inerte (abiogénese), sintetizada por Aristóteles no séc. IV a.C., viria apenas a ser posta em causa pelos resultados das experiências de Francesco Redi, em 1668, e de Lazzaro Spallanzani, em 1778.

Contudo, só em 1859, Louis Pasteur acabaria por demonstrar inequivocamente que a vida provém de vida pré-existente (biogénese). Nesse mesmo ano é introduzido por Charles Darwin o conceito de evolução, segundo o qual todos os seres vivos existentes na Terra serão resultantes da evolução de um único ancestral comum.

No entanto, Aleksander Oparin, em 1924, e John Haldane, em 1927, sugerem que a evolução biológica teria sido antecedida por uma evolução química. Em 1953, Stanley Miller e Harold Urey conseguiram sintetizar experimentalmente compostos orgânicos (sobretudo aminoácidos), na presença de água no estado líquido, a partir de uma mistura de gases submetida a descargas eléctricas.

No contexto de uma evolução química pré-biótica, uma etapa fundamental ao desenvolvimento da vida na Terra terá sido o aparecimento de moléculas com capacidade de se auto-replicarem, como é o caso dos ácidos nucleicos. Em 1986, Gilbert postulou a existência de um «mundo de ARN» anterior ao aparecimento do ADN (Carrapiço, 2001). Todavia, a maior parte das pistas que poderiam ajudar os cientistas a identificar as moléculas envolvidas na emergência de vida no nosso planeta terá sido apagada por acção de processos como a meteorização e a erosão, bem como a tectónica de placas.

Apesar de não se saber quando é que a vida surgiu na Terra é comummente aceite que a mesma terá resultado da interacção de moléculas orgânicas na presença de água no estado líquido. Alguns autores (e.g. Mojzsis et al., 1996) apresentaram evidências que apontam para que já existissem seres vivos há cerca de 3850 milhões de anos atrás.

A descoberta recente de moléculas orgânicas (e.g. Martins et al., 2008) e potenciais vestígios de vida em meteoritos (e.g. McKay et al., 1996, 2009; Fisk et al., 2006) fez reemergir a teoria da panspermia, que se baseia na hipótese da vida existir em vários locais do Universo propagando-se através de meteoróides, meteoritos, asteróides e até cometas (Hoyle e Wickramasinghe, 1999; Rampelotto, 2009a).

As pesquisas sobre a origem da vida e da sua presença para além da Terra têm vindo a aumentar graças aos avanços tecnológicos e à acumulação de evidências de que a vida tolera condições extremas (e.g. Rothschild e Mancinelli, 2001). As recentes descobertas de exoplanetas com características semelhantes à Terra (e.g. Gliese 581g) têm igualmente contribuído para o desenvolvimento da Astrogeologia e da Astrobiologia.

## 2. A vida em condições extremas

De acordo com vários autores (e.g. Rothschild e Mancinelli, 2001; Rampelotto, 2010) a pesquisa de vida extraterrestre atravessa uma fase de grande desenvolvimento e para isso têm contribuído diversos estudos realizados com organismos que vivem no nosso planeta em condições físicas e geoquímicas extremas.

A vida é bastante resistente e encontra-se nos mais diversos ambientes e condições físicas e químicas que podem ser encontrados na Terra. Tal é demonstrado pelo facto de haver seres vivos, designados por extremófilos, que não necessitam de oxigénio para a sua sobrevivência utilizando processos alternativos para a produção de energia. Outros têm a capacidade de sobreviver em ambientes ácidos ou suportar pressões e temperaturas extremas.

O termo extremófilo foi usado pela primeira vez por MacElroy (1974), para designar organismos que proliferam em ambientes extremos, e deriva do Latim *extremus* e do Grego *philos*, cujo significado literal é «amigo dos extremos».

Estudos realizados em condições ambientais extremas têm contribuído para questionar o paradigma de que a vida só pode ser encontrada em planetas semelhantes à Terra.

### 2.1. Organismos termófilos, acidófilos e halófilos

De entre os organismos extremófilos, aqueles que apresentam maior potencial do ponto de vista da pesquisa de vida para além da Terra são os termófilos, acidófilos e halófilos.

Os termófilos são microrganismos que se desenvolvem a temperaturas relativamente elevadas, entre cerca de 45 °C e 120° C. Os organismos hipertermófilos são termófilos extremos para os quais as temperaturas ideais estão acima de 80 °C. Para evitar a desnaturação e degradação de biomoléculas como as enzimas, os termófilos apresentam uma variedade de adaptações celulares (Rothschild e Mancinelli, 2001; Rampelotto, 2010).

Os organismos acidófilos preferem ambientes com valores de pH extremos e são incapazes de proliferar em meios com valores de pH próximos da neutralidade, enquanto os organismos halófilos acumulam, em geral, iões inorgânicos ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ) em concentrações elevadas para contrabalançarem a pressão osmótica externa e manterem a integridade celular (Rothschild e Mancinelli, 2001; Rampelotto, 2010).

Alguns autores (e.g. Parro et al., 2005) têm realizado e desenvolvido experiências e instrumentos, com o objectivo de detectar e identificar compostos bioquímicos – biomarcadores – indicadores da presença de micróbios acidófilos em amostras de solo. Este tipo de equipamentos poderá vir a ser adoptado na análise de amostras de sedimentos *in situ* em futuras missões espaciais, como o programa ExoMars ESA/NASA previsto para ter lugar entre 2016 e 2018 (ESA, 2011).

O isolamento de arqueobactérias halófilas a partir de amostras de formações de sal-gema exploradas de várias minas subterrâneas no nosso planeta (e.g. Vreeland et al., 2000; Stan-Lotter et al., 2003) associado à descoberta da ocorrência de evaporitos noutros locais do Sistema Solar indicia algumas hipóteses de sucesso na pesquisa de vida em locais análogos em Marte (e.g. Leuko et al., 2010; Stan-Lotter et al., 2010).

Outros autores sugerem ainda a possibilidade de encontrar microorganismos halófilos (e.g. Marion et al., 2003; Chela-Flores, 2010) nos oceanos de Europa, Ganimedes ou Calisto, três das quatro luas galileanas de Júpiter.

O princípio por detrás do estudo destes organismos simples, que se adaptam a condições extremas, consiste em comparar e relacionar os ambientes análogos terrestres e extraterrestres que tendo características físico-químicas idênticas, poderão ser ou ter sido habitat de formas de vida semelhantes.

## 2.2. Formas de vida subterrâneas

A descoberta de vida completamente independente dos ciclos baseados na fotossíntese que ocorrem à superfície é relativamente recente e ocorreu nas zonas das fontes hidrotermais localizadas nos fundos oceânicos.

Todavia, os exemplos de descobertas de seres vivos que habitam a grandes profundidades na crosta são cada vez mais frequentes. Alguns cientistas afirmam mesmo que a biomassa microbiana que habita em ambientes subterrâneos é imensa. Têm sido realizadas sondagens tanto em regiões continentais, como no fundo do mar, e são já vários os exemplos de microrganismos que vivem em condições ambientais extremas.

Enquanto a maioria dos organismos que vivem na superfície dependem do oxigénio, os micróbios que vivem no interior da Terra usam compostos de enxofre, ferro, manganês ou dióxido de carbono, no subsolo anóxico, para sobreviver (Gold, 1992).

Um dos exemplos mais famosos foi a descoberta da bactéria *Bacillus infernus* na sequência da realização de um furo profundo, a cerca de três quilómetros, na Virginia (EUA) (Friedman, 2002).

No entanto, já antes, em materiais recolhidos no âmbito do Ocean Drilling Program tinham sido encontrados vestígios de vida microbiana em vidros basálticos (Fisk, 1997) e em sedimentos (Smith, 2004) da crosta oceânica.

Trabalhos recentes (e.g. Cousins et al., 2009; Izawa et al., 2010) referem que os micróbios terrestres e a água têm um papel essencial na meteorização destes vidros basálticos, havendo registo deste tipo de actividade microbiana desde há cerca de 3500 milhões de anos. Segundo os autores acima mencionados as zonas de interacção do vidro basáltico com água líquida podem constituir um habitat, que poderá ter existido em vários corpos celestes do Sistema Solar, e pode ainda existir em algumas luas como Europa e Encélado.

A maioria dos ambientes subterrâneos profundos e sub-ocêânicos permanecem desconhecidos, e apenas alguns microrganismos foram cultivados e descritos. Portanto, nos próximos tempos, antevêm-se descobertas emocionantes no mundo microbiano que terão certamente um grande impacto na nossa maneira de pensar sobre a natureza da vida e, assim, fornecer um contributo fundamental para a astrobiologia.

### **2.3. Sobrevivência de formas de vida no Espaço**

Um exemplo evidente da capacidade adaptativa dos seres vivos é o caso da bactéria da espécie *Streptococcus mitis* que terá partido da Terra a bordo da sonda Surveyor 3 enviada, em 1969, para a superfície da Lua. Uma população daquelas bactérias sobreviveu ao lançamento da sonda, à sua permanência no Lua durante quase três anos. Depois de permanecerem num meio completamente diferente do terrestre, tendo sido submetidas à exposição à radiação solar, à ausência de nutrientes e água e às extremas variações de temperatura, as bactérias, ainda assim regressaram à Terra juntamente com a tripulação da missão Apollo 12 (Noever, 1998).

Depois do caso acidental que ocorreu durante o lançamento da sonda Surveyor 3 foram realizadas várias experiências que permitiram estudar o comportamento das bactérias no Espaço. A mais recente consistiu no transporte de bactérias que, viviam nas rochas das arribas litorais de uma localidade inglesa para a Estação Espacial Internacional (ISS), por forma a submetê-las às condições adversas do Espaço. Uma vez ali estiveram sujeitas à radiação solar, às variações de temperatura, e sobreviveram também sem oxigénio, água e nutrientes. Um ano e meio após o início da experiência muitas das bactérias submetidas às condições referidas continuavam vivas e foram trazidas de volta para a Terra para serem estudadas (Amos, 2010).

Considerando que generalidade dos organismos extremófilos que existem na Terra é procariota, a eventual presença de vida em ambientes extremos noutros locais do Universo poderá estar limitada à ocorrência de procariontes. Ter este dado em mente poderá ser importante para definir com mais precisão o tipo de vestígios que os cientistas deverão procurar noutros planetas.

Por outro lado, através do estudo de seres vivos que sobrevivem em condições extremas no planeta Terra, os astrobiólogos têm vindo a descobrir que a vida é mais resistente e adaptável do que o que se julgava até há algum tempo atrás, e crêem que poderá ser possível encontrar indícios de vida algures no Sistema Solar.

## **4. Pesquisa de vida noutros locais do Sistema Solar**

Hoje em dia, com base no crescente conhecimento originado pelos estudos dos ecossistemas terrestres com ambientes extremos, numerosos corpos planetários do nosso Sistema Solar parecem ter tido, pelo menos em algum momento da sua história, condições adequadas para o desenvolvimento de vida (Rampelotto, 2010).

A investigação em diferentes áreas como a evolução planetária, a biologia em ambientes extremos ou a paleontologia do Pré-Câmbrico, tem vindo a orientar a ESA e a NASA na procura de evidências de vida noutros locais do Sistema Solar.

Recentemente, os cientistas têm vindo a procurar vestígios de vida em vários corpos celestes do nosso Sistema Solar, porque devido à sua proximidade relativa podem ser enviadas sondas de investigação e, em relativamente pouco tempo, obter dados que podem ser analisados com mais facilidade. Neste contexto, os planetas mais estudados, no âmbito da astrobiologia, são, para além de Marte, três luas de Júpiter e duas luas de Saturno.

#### **4.1. As luas jovianas Europa, Ganimedes e Calisto e as luas de Saturno Titã e Encélado**

Na Terra foi encontrada uma «biosfera» abaixo da sua superfície que não contém organismos fotossintéticos, em vez disso ali proliferam outros organismos que produzem matéria orgânica a partir de compostos inorgânicos resultantes da meteorização das rochas. Esta descoberta revolucionou a ideia da potencial existência de vida em Marte e na lua de Júpiter, Europa, em que as condições à superfície são praticamente impossíveis para a existência de vida, tal como a conhecemos.

A necessidade de explorar em profundidade outros corpos do Sistema Solar levou ao desenvolvimento de brocas que podem penetrar até aos 1000 metros abaixo da superfície, zonas onde poderá existir água líquida. Ainda assim, os impactos meteóricos poderão ter trazido materiais dessas zonas à superfície, fazendo com que a sua exploração e análise seja mais fácil, através de «landers» e «rovers» (Chela-Flores, 2010a).

Há mesmo indícios credíveis de que debaixo da superfície de gelo da lua de Júpiter, Europa, haverá água em estado líquido, condições semelhantes também poderão existir noutras luas como Calisto e a Ganimedes (Chela-Flores, 2009; Rampelotto, 2010).

Há ainda evidências de que pode existir um oceano de água salgada sob a superfície das luas Titã (Sotin e Tobin, 2008) e Encélado (Chela-Flores, 2010). Para além das evidências de água salgada, a presença de amónia, metano e compostos orgânicos simples, detectados pela sonda Cassini (Matson et al., 2007), indiciam a possibilidade de ocorrência de vida naquelas luas de Saturno (Chela-Flores, 2010b).

#### **4.2. Marte e os seus meteoritos**

Durante a sua procura por vestígios de vida extraterrestre, o Homem sempre teve um grande interesse em Marte, e com razão, as explorações robóticas feitas ao planeta vermelho trouxeram-nos provas credíveis de que terá existido vida à superfície do planeta, pelo menos durante as suas fases iniciais.

Há vários indícios que apontam para a possibilidade de ter existido vida em Marte. Um deles prende-se com a existência de antigos oceanos e água no estado líquido confirmada por trabalhos recentes (e.g. Head et al., 2008; Renno et al., 2009; Di Achile e Hynek, 2010).

Outra descoberta recente foi a presença de metano na atmosfera de Marte. O metano detectado na atmosfera marciana poderá ter origem geológica, como resultado da interacção do gelo com as rochas da crosta, ou biológica, na sequência da actividade de micróbios metanogénicos que vivam no subsolo marciano (Formisano et al., 2004; Kranopolsky, et al., 2004).

Na Terra a maior parte do metano atmosférico é de origem biológica, gerado por micróbios metanogénicos em ambientes anaeróbios. Por outro lado, Mumma et al. (2009) não encontraram fontes de metano abiogénicas significativas que justifiquem a presença de metano na atmosfera actual de Marte, pelo que a hipótese de ter origem em organismos metanogénicos subterrâneos permanece em aberto.

Os dados anteriores permitem considerar outra possibilidade de pesquisa de vestígios de vida a existência de uma biosfera no subsolo de Marte. Segundo (McSween et al., 2010) a crosta do planeta vermelho é constituída essencialmente por basaltos, pelo que a hipótese de existirem vestígios de actividade microbiana endolítica nos vidros vulcânicos nos basaltos de Marte permanece em aberto (Banerjee et al., 2009; Izawa et al., 2010; Cousins, 2011).

#### **4.2.2. Os meteoritos marcianos ALH84001, Nakhla e Shergotty**

Vários cientistas acreditam que a vida veio para Terra do exterior tendo sido transportada por corpos celestes, nomeadamente meteoritos. O mais conhecido é o meteorito Allan Hills 84001 (normalmente identificado apenas por ALH84001) que foi encontrado na Antárctida e que colidiu com a Terra há cerca de 13 mil anos atrás (Williams, 2005).

McKay et al. (1996) após analisarem o meteorito ALH84001 anunciaram a descoberta de indícios de vida bacteriana primitiva em Marte, nomeadamente a presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) idênticos aos produtos da degradação de microrganismos mortos na Terra, várias fases minerais de magnetite compatíveis com subprodutos da actividade bacteriana e minúsculos glóbulos de carbonato que poderiam ser microfósseis de bactérias primitivas.

Para além do meteorito ALH84001, Gibson et al. (2001) estudaram os meteoritos Nakhla e Shergotty, também provenientes de Marte, e identificaram indícios que suportam a eventual existência de actividade biológica naquele planeta, tais como a presença de glóbulos de carbonatos com minerais de magnetite e estruturas interpretadas como sendo microfósseis de bactérias.



Folk e Taylor (2002) ao estudarem o meteorito ALH84001 identificaram um conjunto de estruturas esféricas e ovais em minerais de piroxena, que interpretaram igualmente como sendo bactérias fossilizadas.

Vários autores argumentaram que as estruturas identificadas por McKay et al. (1996) e Gibson et al. (2001) como microfósseis de antigas bactérias seriam terrestres e que teriam resultado da contaminação do meteorito AH84001 através do gelo antártico. No entanto, com base em investigações posteriores McKay et al. (2009) recolheram novos dados e voltaram a defender a tese de que aquelas estruturas, morfologicamente semelhantes às bactérias existentes na Terra, terão vindo realmente de Marte.

O meteorito de Nakhla foi igualmente estudado por outros autores que identificaram a presença de cavidades tubulares, em minerais de olivina, que terão sido originadas por bactérias endolíticas (Fisk et al., 2006).

## **5. Pesquisa de vida fora do Sistema Solar**

Com o avanço tecnológico, já é possível observar mais pormenorizadamente o nosso Sistema Solar, mas também fotografar e estudar corpos celestes que se encontram a vários anos-luz de distância da nossa estrela. Assim, a pesquisa de vida extraterrestre foi alargada para além das fronteiras do Sistema Solar.

Recentemente foi encontrado um exoplaneta especial localizado, a cerca de 20 anos-luz Terra na constelação da Balança, na chamada zona habitável da estrela anã vermelha em torno da qual orbita. A zona habitável de uma estrela é uma zona em que as condições são favoráveis para a existência de água no estado líquido possibilitando à partida também a existência de vida.

O Gliese 581g é um planeta com uma massa três vezes e o diâmetro 1,2 a 1,4 vezes superior ao da Terra. A sua massa e a provável composição rochosa permitem também inferir a existência de uma atmosfera que é fundamental para a existência de vida, pois funciona como uma camada protectora contra os raios solares e o bombardeamento de alguns corpos celestes (Stephens, 2010).

A descoberta do planeta Gliese 581g é um dos exemplos mais evidentes para comprovar que realmente existem outros sistemas com outras estrelas que apresentam zonas habitáveis. Deste modo e tendo em conta que este tipo de abordagem continuará a ser utilizada na pesquisa de vida para além da Terra e do nosso Sistema Solar, acreditamos ser provável que haja mais sistemas planetários em que, tal como no nosso, pelo menos um dos seus planetas tenha condições para a existência de vida.

Agora se as formas de vida que continuam à espera de serem descobertas noutras locais do Universo serão semelhantes às que existem e conhecemos na Terra, isso já é outra história...

## 6. Discussão e conclusões

Ao longo das pesquisas que efectuámos durante a realização deste trabalho constatámos que a existência de vida, tal como a conhecemos, exige várias condições específicas que não são encontradas facilmente no Universo, aliás é uma coincidência rara. A existência da água no estado líquido, não abunda no Universo, e a água é o recurso fundamental para a sobrevivência de qualquer organismo vivo terrestre.

Ward e Browlee (2000) afirmaram no seu livro «*Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe*» que o desenvolvimento de vida complexa multicelular na Terra requereu mesmo uma combinação improvável de eventos e circunstâncias astrofísicas e geológicas.

O facto de haver vida na Terra resulta, em parte, da Terra ser um planeta geologicamente activo e possuir um campo magnético que, em conjunto com a atmosfera, forma uma camada protectora, contra a radiação solar, à volta do planeta.

A distância entre a Terra e o Sol é ideal sendo assim a temperatura superficial do planeta adequada à ocorrência de água no estado líquido, pois este encontra-se na zona habitável do nosso Sistema Solar. Podemos afirmar que o nosso planeta é muitíssimo especial, tendo ocorrido a sua formação num local com as condições ideais para o aparecimento e evolução da vida.

O Sistema Solar é um entre milhões de outros sistemas, ou seja, há muitas outras estrelas semelhantes ou diferentes do nosso Sol que têm planetas a girarem a sua volta, mas são raros os casos em que há a coexistência das condições idênticas às da Terra.

Não podemos dizer ao certo que há um outro planeta igual ou semelhante à Terra, mas também não o podemos negar. Certamente que a probabilidade de se ter formado um planeta com as condições terrestres é muito pequena mas não é impossível.

Há mesmo alguns autores (e.g. Rampelloto, 2009b; Wolfe-Simon et al., 2010) que defendem a pesquisa de vida extraterrestre baseada em compostos químicos diferentes daqueles que caracterizam a vida no nosso planeta, nomeadamente o enxofre, o silício e a amónia. No entanto, estas são as previsões dos cientistas e nada é certo pois a pesquisa de vida extraterrestre está apenas a começar e estamos certos de que ainda há muito por descobrir. Acreditamos mesmo que, num futuro não muito distante, serão efectuadas mais descobertas impressionantes na área da Astrobiologia.

Neste trabalho apresentámos uma síntese dos resultados de várias pesquisas recentes, bem como das implicações que daí resultam na procura de vida extraterrestre.

Algumas dessas pesquisas apontam para a eventualidade da existência de vestígios de vida extraterrestre, criando assim expectativas em torno da possibilidade de não estarmos sozinhos no Universo.

## Notas finais

Podemos dizer com segurança que este foi um dos trabalhos mais interessantes que já realizámos ao longo do nosso percurso escolar. A Astrobiologia é uma ciência fascinante que neste momento está na fase da «infância», no entanto tem vindo a progredir ao longo do tempo desde os primeiros estudos realizados ainda no século passado.

Foi uma excelente oportunidade para interligar conhecimentos de vários ramos da ciência, nomeadamente da Astronomia Planetária, da Biologia, da Geologia, da Química, entre outras. Os trabalhos científicos que abordámos neste trabalho têm contribuído para a evolução das teorias científicas e permitido chegar a novas conclusões e aumentar o conhecimento sobre o Universo.

Ficou claro que, até na Terra, existem seres vivos que estão completamente fora da definição que tínhamos de «vida» antes das pesquisas que fizemos e que nos surpreenderam devido às condições ambientais extremas que têm capacidade de suportar. Com estas descobertas extraordinárias aqui na Terra acreditamos que é quase certa a existência de vida para além do nosso planeta, seja esta semelhante ou diferente da vida terrestre. São as condições ambientais proporcionadas pelo planeta, ou outro corpo celeste, que condicionarão a forma de manifestação da vida.

A coexistência dos factores que permitem a vida na Terra é um fenómeno raro, por isso podemos considerar-nos sortudos por podermos estar aqui para contar parte da história da vida e do nosso planeta.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao colega Filipe Ribeiro as sugestões dadas ao longo das várias sessões de discussão de ideias sobre esta temática aliciante. Agradecem ainda ao Professor Hélder Pereira por nos disponibilizar e ajudar a descodificar uma grande parte da bibliografia utilizada, bem como o apoio e o incentivo incessantes que nos permitiram levar este trabalho a bom porto.

## Referências bibliográficas

Amos, J. (2010) Beer microbes live 553 days outside ISS. *BBC News – Science & Environment*, <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-11039206> (28 de Fevereiro de 2011)

Banerjee, N.R.; Bridge, N.J.; Izawa, M.R.M.; Anderson, L.D, Bebout, G.E. e Flemming, R.L. (2009) Glassy Subaqueous Lavas as a Habitat for Life on Earth, Mars, and Elsewhere? *40th Lunar and Planetary Science Conference*, (Lunar and Planetary Science XL), held March 23-27, 2009 in The Woodlands, Texas, id.1331.

- Chela-Flores, J. (2010a) Instrumentation for the search for habitable ecosystems in the future exploration of Europa and Ganymede, *International Journal of Astrobiology*, 9(2), 101-108.
- Chela-Flores, J. (2010b) From the Moon to the Moons: Encedalus and Europa. The Search for Life and Reliable Biomarkers, *Journal of Cosmology*, Vol. 5, 971-981.
- Cockell CS. (2010) Geomicrobiology beyond Earth: microbe-mineral interactions in space exploration and settlement. *Trends in Microbiology*, 18(7), 308-14.
- Cousins, C.R., Smellie, J.L., Jones, A.P. e Crawford, I.A. (2009) A comparative study of endolithic microborings in basaltic lavas from a transitional subglacial–marine environment, *International Journal of Astrobiology*, 8 (1), 37-49.
- Cousins, C.R. (2011) Volcano–ice interaction: a haven for life on Mars? *Astronomy & Geophysics*, Volume 52, Issue 1, 1.36–1.38.
- Di Achile, G. e Hynek, B.M. (2010) Ancient ocean on Mars supported by global distribution of deltas and valleys, *Nature Geoscience*, Vol. 3, Issue 7, 459-463.
- ESA (2011) The ESA-NASA ExoMars programme 2016-2018 – an overview. <http://pds-geosciences.wustl.edu/missions/magellan/gxdr/index.htm> (27 de Fevereiro de 2011)
- Fisk, M.R. (1997) Evidence for microbes in oceanic basalts: glass eating bacteria? In: Kappel, E.S. e Farnell, J.W. (Eds.) *ODP Greatest Hits Volume 1: 1985-1996*, JOI, 34p.
- Fisk, M.R., Popa, R., Mason, O.U., Storrie-Lombard, M.C. e Vicenzi, E.P. (2006) Iron-Magnesium Silicate Bioweathering on Earth (and Mars?), *Astrobiology*, Volume 6, Number 1, 48-68.
- Folk, R.L. e Taylor, L.A. (2002) Nannobacterial alteration of pyroxenes in martian meteorite Allan Hills 84001, *Meteoritics & Planetary Science*, Volume 37, Issue 8, 1057–1069.
- Formisano, V., Atreya, S., Encrenaz, T., Ignatiev, N. e Giuranna, M. (2004) Detection of Methane in the Atmosphere of Mars, *Science*, Vol. 306, no. 5702, 1758-1761.
- Friedman, R. (2002) Bugs from Hell, *Astrobiology Magazine*. <http://www.astrobio.net/exclusive/204/bugs-from-hell> (28 de Fevereiro de 2011)
- Gibson, E.K., McKay, D.S, Thomas-Keprta K.L., Wentworth, S.J., Westall, F., Steele, A., Romanek, C.S. Bell, M.S, e Toporski, J. (2001) Life on Mars: evaluation of the evidence within Martian meteorites ALH84001, Nakhla, and Shergotty, *Precambrian Research* 106, 15-34.
- Gold, T. (1992) The deep, hot biosphere, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 89, 6045-6049.
- Head, J.W., Marchant, D.R. e Kreslavsky, M.A. (2008) Formation of gullies on Mars: Link to recent climate history and insolation microenvironments implicate surface water flow origin, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 105 (36), 13258-13263.
- Hoyle, F. e Wickramasinghe, N.C. (1999) Comets – A Vehicle for Panspermia, *Astrophysics and Space Science*, Volume 268, Numbers 1-3, 333-341.
- Izawa, M.R.M, Banerjee, N.R., Flemming, R.L., Bridge, N.J. e Schultz, C. (2010) Basaltic glass as a habitat for microbial life: Implications for astrobiology and planetary exploration, *Planetary and Space Science*, 58, 583-591.
- Krasnopolsky, V.A., Maillard, J.P. e Owen, T.C. (2004) Detection of methane in the martian atmosphere: evidence for life? *Icarus*, v. 172, 537-547.

Leuko, S., Rothschild, L.J. e Burns, B.P (2010) Halophilic Archaea and the Search for Extinct and Extant Life on Mars, *Journal of Cosmology*, Vol. 5, 940-950.

MacElroy, R. D. (1974) Some comments on the evolution of extremophiles, *Biosystems*, 6, 74-75.

Marion, G.M., Fritsen, C. H., Eicken, H. e Payne, M.C. (2003) The Search for Life on Europa: Limiting Environmental Factors, Potential Habitats, and Earth Analogues, *Astrobiology*, 3(4), 785-811.

Martins, Z., Botta, O., Fogel, M. L., Sephton, M. A., Glavin, D. P., Watson, J. S., Dworkin, J. P., Schwartz, A.W. e Ehrenfreund, P. (2008) Extraterrestrial nucleobases in the Murchison meteorite, *Earth and Planetary Science Letters*, Volume 270, Issue 1-2, p. 130-136.

Matson, D.L., Castillo, J.C., Lunine, J., Johnson, T.V. (2007) Enceladus' plume: Compositional evidence for a hot interior, *Icarus*, v. 187, 569-573.

McKay, D.S., Gibson Jr., E.K., Thomas-Keprta, K.L., Vali, H., Romanek, C.S., Clemett, S.J., Chillier, X.D.F., Maechling, C.R. e Zare, R.N. (1996) Search for Past Life on Mars: Possible Relic Biogenic Activity in Martian Meteorite ALH84001, *Science*, Vol. 273, no. 5277, 924-930.

McKay, D.S., Thomas-Keprta, K.L., Clemett, S.J., Gibson Jr., E.K., Spencer, L. e Wentworth, S.J. (2009) Life on Mars: Evidence from Martian Meteorites. [http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20090038980\\_2009039912.pdf](http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20090038980_2009039912.pdf)

McLoughlin, N., Brasier, M.D, Wacey D., Green, O.R. e Perry, R.S. (2007) On Biogenicity Criteria for Endolithic Microborings on Early Earth and Beyond, *Astrobiology*, 7(1), 10-26.

McSween, Jr., H.Y., Taylor, G.F. e Wyatt, M. B. (2010) Elemental Composition of the Martian Crust, *Science*, Vol. 324, no. 5928, 736-739.

Mojzsis, S.J., Arrhenius, G., McKeegan, K.D., Harrison, T.M., Nutman, A.P. e Friend, C.R.L. (1996) Evidence for life on Earth before 3,800 million years ago, *Nature* 384, 55-59.

Mumma, M.J., Villanueva, G.L., Novak, R.E., Hewagama, T., Bonev, B.P., DiSanti, M.A., Mandell, A.M. e Smith, M.D. (2009) Strong Release of Methane on Mars in Northern Summer 2003, *Science*, Vol. 323, no. 5917, 1041-1045.

Noever, D. (1998) Earth microbes on the Moon, *NASA Science News*, [http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/1998/ast01sep98\\_1/](http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/1998/ast01sep98_1/) (28 de Fevereiro de 2011)

Parro, V., Rodríguez-Manfredi, J.A., Briones, C., Compostizo, C., Herrero, P.L., Vez, E., Sebastián, E., Moreno-Paz, M., García-Villadangos, M., Fernández-Calvo, P., González-Toril, E., Pérez-Mercader, J., Fernández-Remolar, D. e Gómez-Elvira, J. (2005) Instrument development to search for biomarkers on mars: Terrestrial acidophile, iron-powered chemolithoautotrophic communities as model systems, *Planetary and Space Science*, Vol.53 (7), 729-737.

Rampelotto, P.H. (2009a) Are We Descendants of Extraterrestrials? Joseph's Novel Theory of the Origins of Life on Earth, *Journal of Cosmology*, Vol. 1, 86-88.

- Rampelotto, P.H. (2009b) The search for life on other planets: Sulfur-based, silicon-based, ammonia-based life, *Journal of Cosmology*, 1, 818-827.
- Rampelotto, P.H. (2010) Resistance of Microorganisms to Extreme Environmental Conditions and Its Contribution to Astrobiology, *Sustainability*, 2, 1602-1623.
- Renno, N.O., Bos, B.J., Catling, D., Clark, B.C., Drube, L., Fisher, D., Goetz, W., Hviid, S.F., Keller, H., Kok, J.F., Kounaves, S.P., Leer, K., Lemmon, M., Madsen, M.B., Markiewicz, W., Marshall, J., McKay, C., Mehta, M., Smith, M., Zorzano, M.P., Smith, P.H., Stoker, C. e Young, S.M.M. (2009) Physical and Thermodynamical Evidence for Liquid Water on Mars, *40th Lunar and Planetary Science Conference*, (Lunar and Planetary Science XL), held March 23-27, 2009 in The Woodlands, Texas, id.1440.
- Rothschild, L.J. e Mancinelli, R.L. (2001) Life in extreme environments, *Nature*, Vol. 409, 1092-1101.
- Skelley, A.M., Scherer, J.R., Aubrey, A.D., Grover, W.H., Ivester, R.H.C, Ehrenfreund, P., Grunthaner, F.J., Bada, J.L. e Mathies, R.A. (2005) Development and evaluation of a microdevice for amino acid biomarker detection and analysis on Mars, *PNAS*, 102(4), 1041-1046.
- Smith, D.C. (2004) Microbes: Life Deep Beneath the Seafloor. In: White, K. e Urquhart, E. (Eds.) *ODP Greatest Hits Volume 2: 1997-2003*, JOI, 36p.
- Stan-Lotter, H., Fendrihan, S., Dornmayr-Pfaffenhuemer, M., Grösbacher, M., Musso, M., Holzinger, A., Weigl, A., e Legat, A. (2010) Detection methods for halite-embedded haloarchaea with potential relevance for extraterrestrial samples, *European Planetary Science Congress Abstracts*, Vol. 5, EPSC2010-259, 2010.
- Stan-Lotter, H., Radax, C., Gruber, C., Legat, A., Pfaffenhuemer, M., Wieland, H., Leuko, S., Weidler, G., Kömle, N. e Kargl, G. (2003) Astrobiology with haloarchaea from Permo-Triassic rock salt, *International Journal of Astrobiology*, 1 (4), 271-284.
- Sotin, C. e Tobie, G. (2008) Titan's hidden ocean. *Science*, Vol. 319, no. 5870, 1629- 1630.
- Stephens, T. (2010) Newly discovered planet may be first truly habitable exoplanet <http://news.ucsc.edu/2010/09/planet.html> (27 de Fevereiro de 2011)
- Ward, P.D. e Brownlee, D. (2000) *Why Complex Life Is Uncommon in the Universe*, Copernicus Books, New York, 335p.
- Williams, D. (2005) Evidence of Ancient Martian Life in Meteorite ALH84001? <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/marslife.html> (1 de Março de 2011)
- Wolfe-Simon, F., Blum, J.S., Kulp, T.R., Gordon, G.W., Hoefft, S.E., Pett-Ridge, J., Stolz, J.F., Webb, S.M., Weber, P.K., Davies, P.C., Anbar, A.D. e Oremland, R.S. (2010) A Bacterium That Can Grow by Using Arsenic Instead of Phosphorus, *Science Express*, 10.1126/science.1197258.
- Vreeland, R.H., Rosenzweig, W.D. e Powers, D.W. (2000) Isolation of a 250 million year old halotolerant bacterium from a primary salt crystal, *Nature*, Vol. 407, 897-900.