

Astrobiologia

Origem e Evolução da Vida

Vassilissa Vinogradoff, Beatriz García, Rosa M. Ros

International Astronomical Union

CNRS, Aix-Marseille Université, PIIM laboratory, Marseille, France.

CONICET/Universidad Tecnológica Nacional, Mendoza, Argentina

Universidad Politécnica de Cataluña, Spain



Definição de Astrobiologia

A Astrobiologia não é uma disciplina mas sim uma atividade interdisciplinar em torno da questão da origem e evolução da vida na Terra e da sua possível presença noutras partes do Universo; Abrange todos os campos interessados nesta questão, da astronomia à biologia, incluindo geologia e química, mas também história e filosofia da ciência.



Etimologia: Exobiologia e Astrobiologia

Com a corrida espacial e as primeiras missões de exploração lunar e marciana, surge o risco de contaminação biológica.

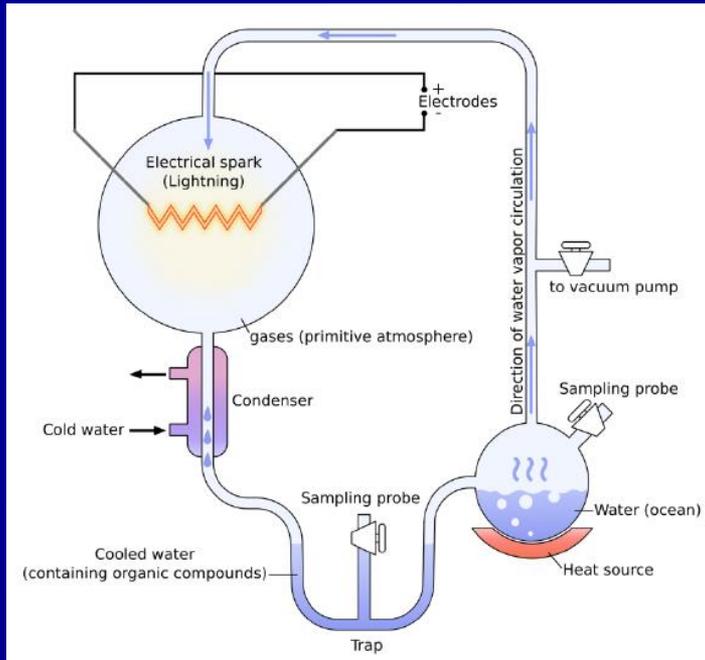
Primeiro, os cientistas presumiram que era improvável que os micróbios resistissem às condições do espaço.

Hoje sabemos que não é assim e, por exemplo, os tardígrados são capazes de resistir a condições extremas, incluindo as do espaço, e este não é um caso isolado.



Urso d'água (tardígrado),
Hypsibius exemplaris
(Crédito: B. Goldstein & V. Madden)

Etimologia: Exobiologia e Astrobiologia



Esquema do experimento Miller-Urey. (Crédito: S. La Barre)

Com a experiência pioneira de Miller-Urey iniciaram-se os estudos químicos para a síntese das primeiras moléculas pré-bióticas em laboratório. Surge uma nova disciplina-chave para a busca da origem da vida através da exploração espacial: Exobiologia, termo introduzido por Joshua Lederberg em 1960.

O termo “Astrobiologia” foi adotado em 2015 pela IAU.

Objetivos da Astrobiologia

- Definir o que é a Vida.
- Determinar a origem da vida.
- Procurar os seus vestígios mais antigos.
- Compreender os seus mecanismos de evolução na Terra.
- Procurar vida no universo.



Definir Vida



Esta questão requer argumentos científicos, mas também é uma questão filosófica.

A vida é uma característica de um organismo vivo que o distingue de um organismo morto ou de uma coisa não viva, distinguida especificamente pela capacidade de:

- Crescer.
- Metabolizar.
- Responder aos estímulos.
- Adaptar.
- Reproduzir.

Diversidade de matéria viva na Terra

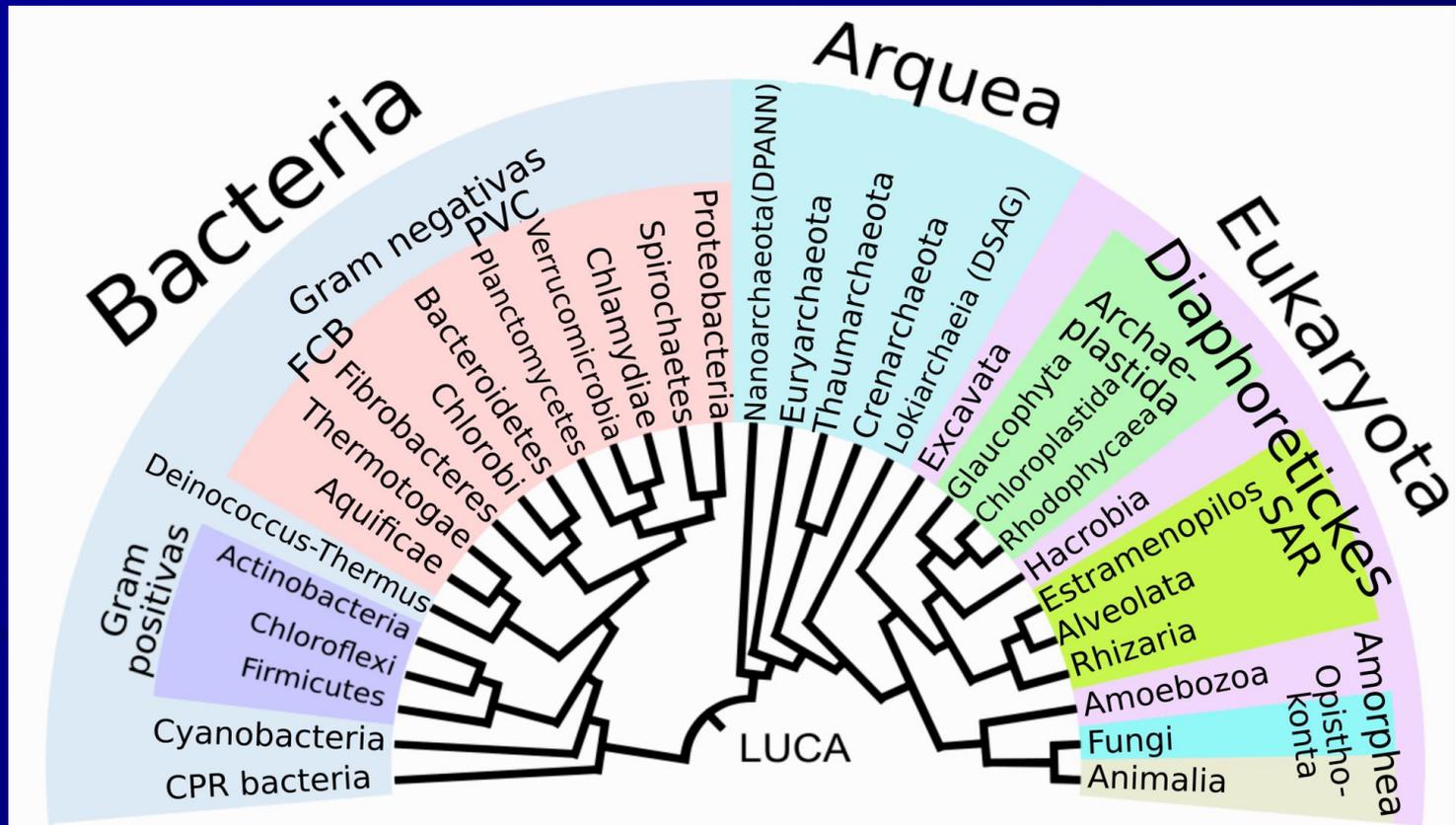
O único exemplo conhecido de vida é a vida terrestre.

A Astrobiologia concentra grande parte de seus esforços no estudo da vida terrestre em todos os ambientes, especialmente nos mais extremos, como fontes hidrotermais subaquáticas, lagos salgados ou locais congelados.

Este tipo de ambiente pode ser um bom análogo para locais extraterrestres.

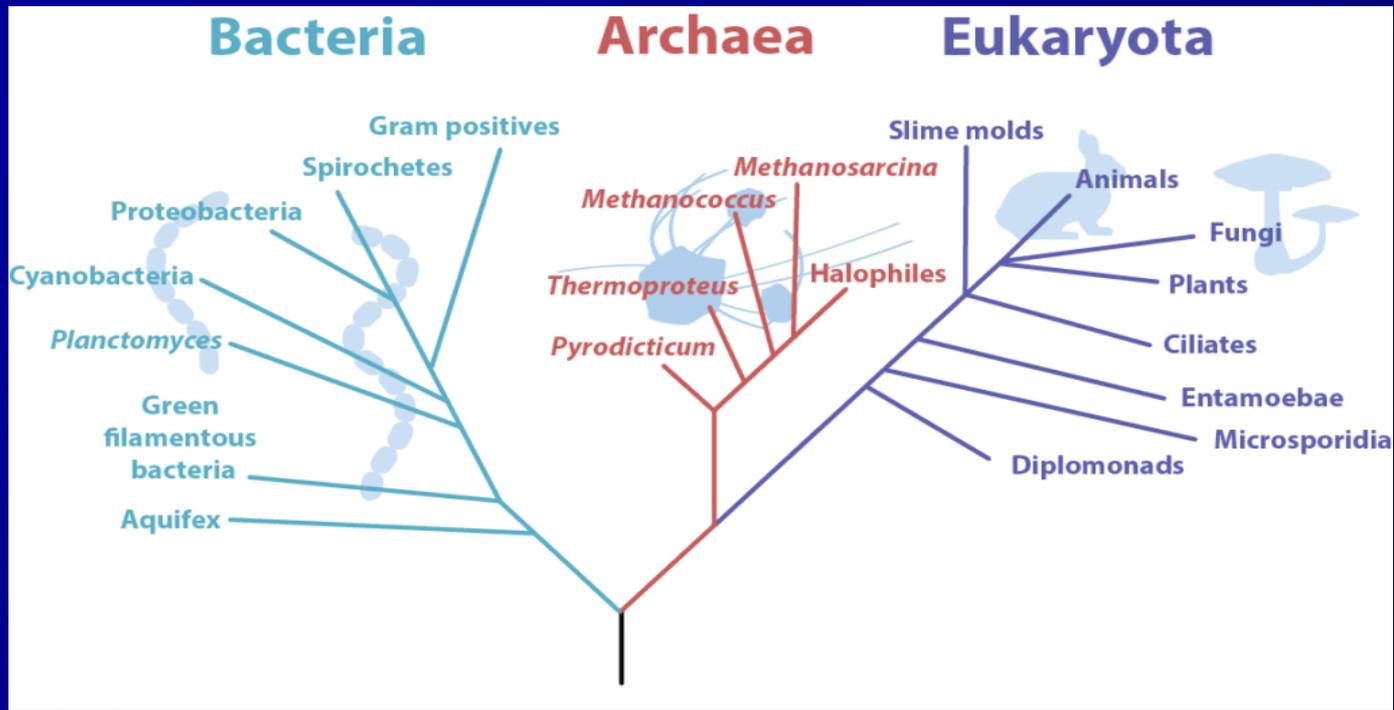


Para compreender melhor os limites dos organismos vivos e os mecanismos que funcionam em ambientes extremos, os cientistas procuram determinar a diversidade filogenética e metabólica dos organismos vivos.



(Crédito: Wikipedia)





(Crédito: open.oregonstate.edu)

Um dos ramos da árvore da vida que apresenta especial interesse são as arqueobactérias (ou archaea), diferentes das bactérias procarióticas devido à sua sequência de RNA ribossômico e particularmente adaptadas a ambientes extremos (em termos de pressão, temperatura, salinidade, nutrientes, etc).



Procura dos vestígios mais antigos de vida na Terra: dificuldades

- 1) A Terra é um planeta “vivo” (tectónica, erosão) e, portanto, evoluiu muito desde a sua formação, há 4,5 mil milhões de anos. Com base na genealogia das espécies, os primeiros organismos vivos devem ter sido seres unicelulares semelhantes às bactérias.
- 2) Os organismos primitivos tinham que ser microscópicos. Os mais antigos vestígios comprovados de vida na Terra datam de 3,48 mil milhões de anos e foram descobertos na Austrália.
- 3) Dificuldade de interpretação e comparação com sistemas abióticos, que poderiam ter formado impressões digitais semelhantes a assinaturas biológicas ou morfologias.



Química pré-biótica e a transição do não-vivo para o vivo

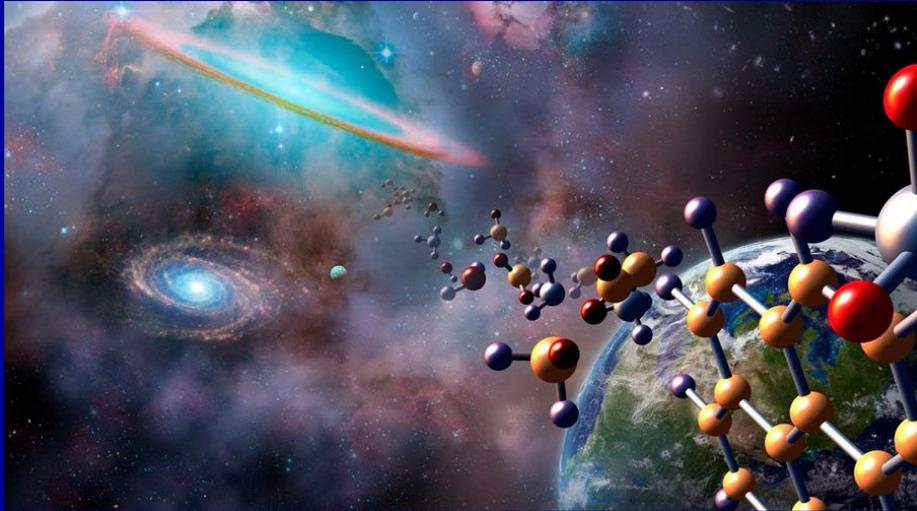
Hoje, em todas as espécies vivas da Terra, entre toda a diversidade existente, existem blocos elementares feitos de C, H, N e O

Esses blocos são as proteínas, base da replicação, o DNA (ácido desoxirribonucléico), que carrega a informação genética, e os anfifílicos, que constituem as paredes celulares.

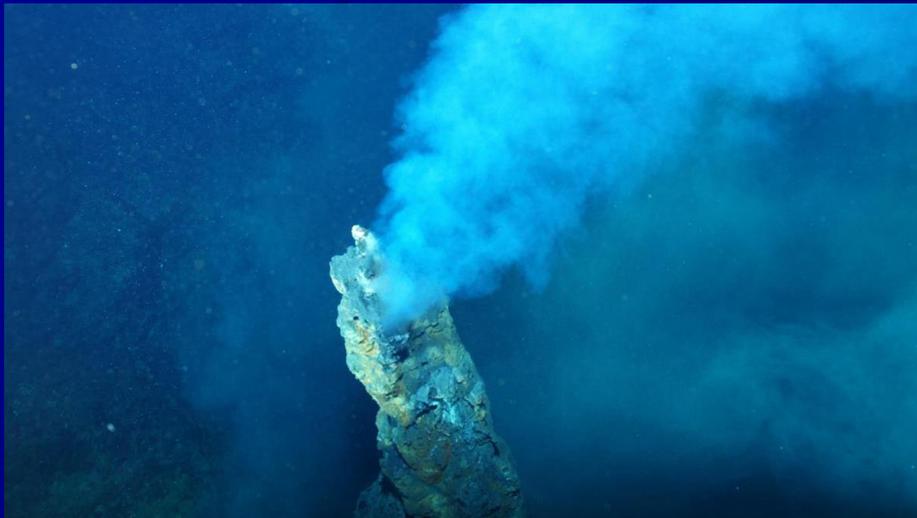
Os tijolos elementares que todas as espécies vivas na Terra possuem são, portanto, cinco tipos de moléculas (às vezes chamadas de tijolos da vida), aminoácidos, bases nitrogenadas, açúcares, fósforo, lipídios (ou ácidos gordos).



Química pré-biótica e a transição do não-vivo para o vivo



Estes elementos são essenciais para a vida terrestre e o estudo da sua origem permite-nos dar mais limitações à origem da própria vida.

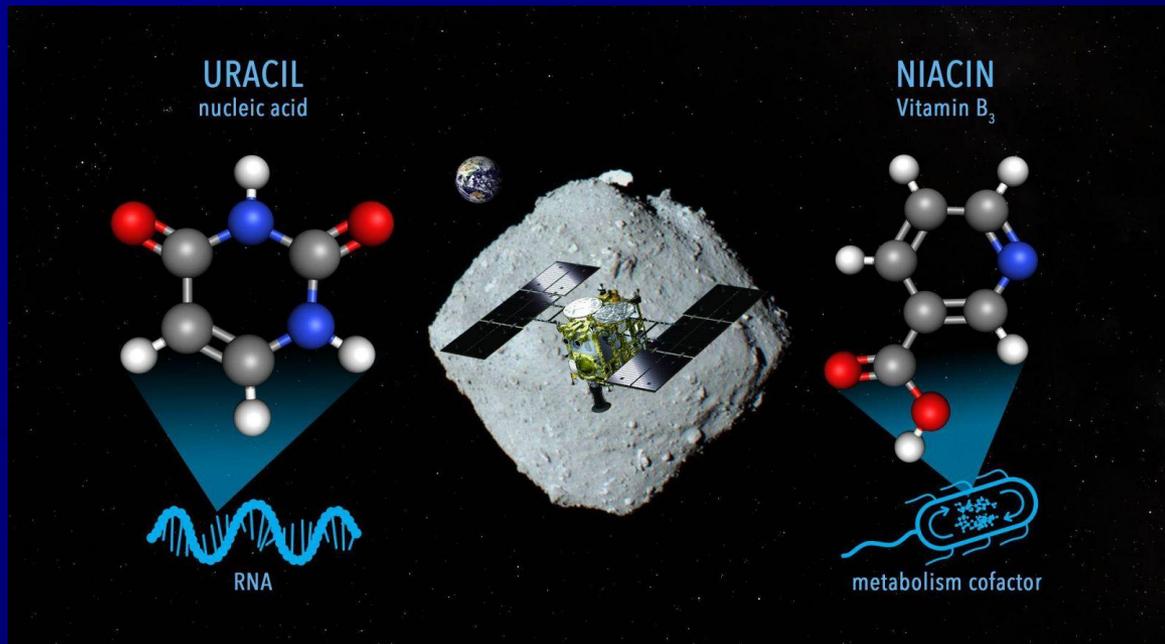


Abioticamente, essas moléculas poderiam ter-se formado na atmosfera terrestre, mas também em fontes hidrotermais.



Química pré-biótica e a transição do não-vivo para o vivo

Outra hipótese propõe que essas moléculas poderiam ter sido trazidas por objetos celestes (meteoritos), vindos de asteroides e cometas: os meteoritos provaram possuir grande riqueza orgânica.



Representação do asteroide Ryugu
(Crédito: NASA Goddard/JAXA/Dan Gallagher)

Química pré-biótica e a transição do não-vivo para o vivo

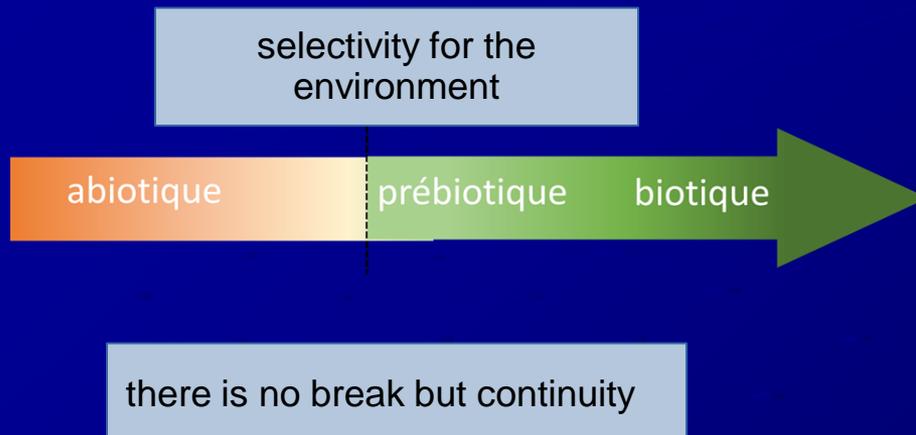


Ao cair na Terra, os meteoritos poderiam ter transportado parte da água e dos elementos siderófilos encontrados na sua superfície após a diferenciação há 4,5 bilhões de anos.



Nenhuma forma de vida foi ainda encontrada nestes objetos, mas eles contêm milhares de moléculas tão diversas e variadas quanto as necessárias na síntese abiótica.

Química pré-biótica e a transição do não-vivo para o vivo

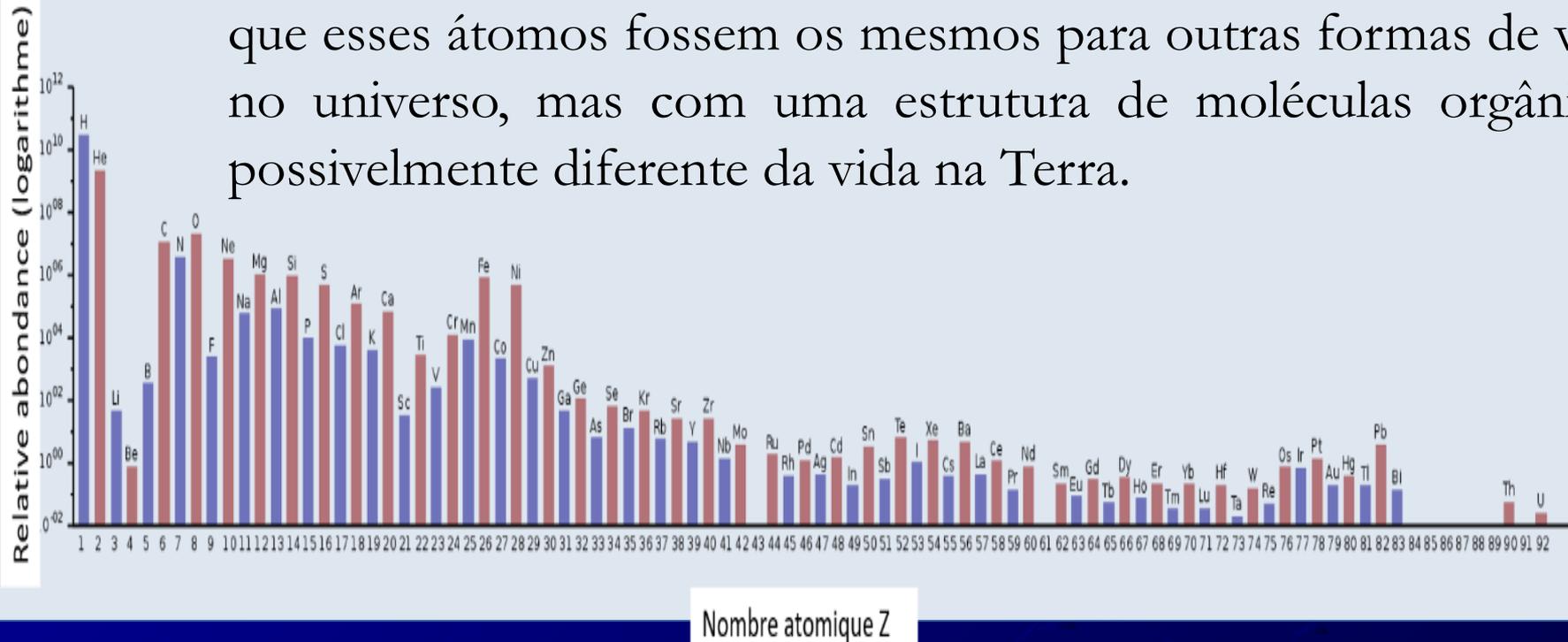


Não haveria uma separação estrita entre um sistema abiótico e um sistema biótico, mas sim uma continuidade, passando pela referida química pré-biótica.

Como e onde surgiu a vida na Terra continua a ser a questão exobiológica mais complexa e as possíveis vias químicas são tão numerosas que não é óbvio que a resposta será um dia encontrada.

Procura de vida em todos os lugares

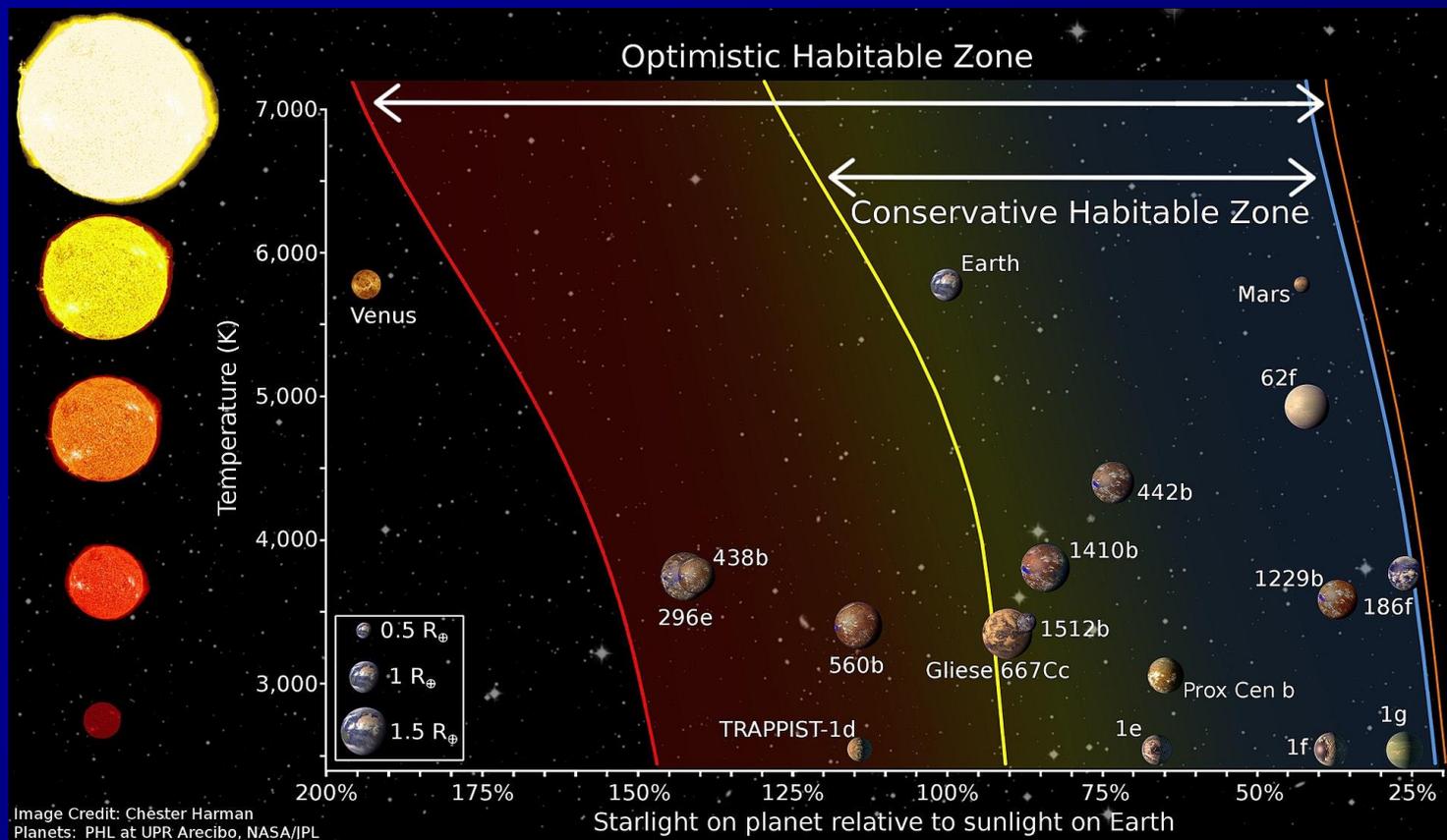
O arranjo químico dos átomos no Universo direcionou o uso de carbono, nitrogénio e oxigénio para a vida na Terra. Seria lógico que esses átomos fossem os mesmos para outras formas de vida no universo, mas com uma estrutura de moléculas orgânicas possivelmente diferente da vida na Terra.



Para procurar vida noutros lugares é preciso saber o que procurar e uma das bases da Astrobiologia, mas também seu ponto fraco, a busca por vida biologicamente semelhante à nossa.



Procura de vida em todos os lugares

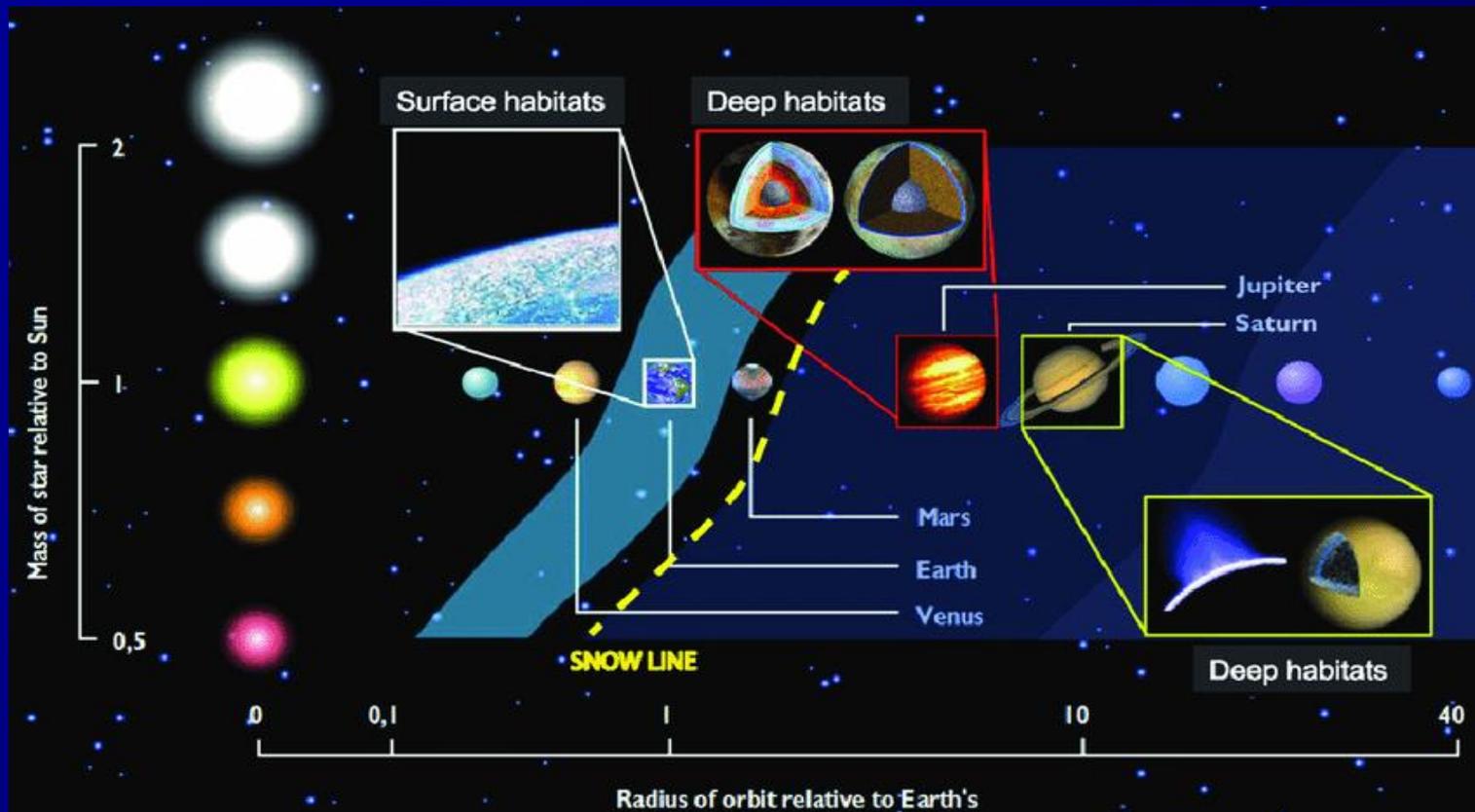


A noção de habitabilidade é um tema debatido, a sua definição está ligada às condições que permitiram o surgimento e evolução da única vida (terrestre) que conhecemos.



Procura de vida em todos os lugares

A extensão da zona habitável para ambientes subterrâneos é um exemplo de investigações em curso sobre a possibilidade de vida nesses ambientes do Sistema Solar.

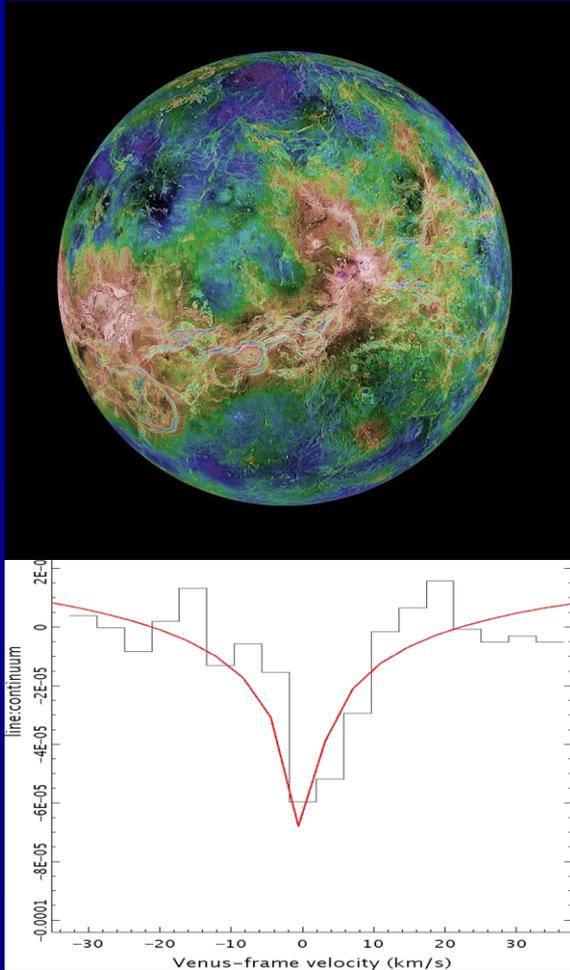


Corpos do Sistema Solar e seu interesse astrobiológico

Os estudos de astrobiologia estão interessados no possível surgimento de vida nesses ambientes, além da Terra, que foram definidos como habitáveis.



Planetas do Sistema Solar e seu interesse astrobiológico: VÉNUS



É o nosso “planeta irmão”. Possui uma química orgânica relativamente complexa, com moléculas de enxofre e fósforo numa atmosfera extremamente densa composta por mais de 96% de CO_2 .

Não se encontra na zona habitável do Sistema Solar e carece de uma componente essencial: a água na sua superfície.

Água deuterada (HDO) (Crédito: Greaves, J.S., Richards, A.M.S., Bains, W. et al.)



Planetas do Sistema Solar e seu interesse astrobiológico: VÉNUS

Vénus beneficiou de contributos exógenos, como a Terra, após a sua formação, pode ter tido água líquida na sua superfície e uma atmosfera rica em água há 4,5 mil milhões de anos e durante algum tempo.

Atualmente a sua superfície apresenta apenas vulcanismo ativo com temperaturas em torno de 460°C.

Se a vida se desenvolveu no momento mais favorável, propõe-se que ela tenha sobrevivido na forma de microrganismos nas nuvens de sua atmosfera, com temperatura de ~75°C.



Planetas do Sistema Solar e seu interesse astrobiológico: MARTE



Este planeta tem sido frequentemente proposto como o melhor lugar no Sistema Solar para ter tido, ou ainda ter, condições para a vida.

A existência de vida microbiana já era considerada na década de 70 durante a preparação da missão Viking: as sondas eram equipadas com instrumentos capazes de realizar experiências que visavam destacar a vida marciana, detectar atividade biológica fotossintética ou fornecer nutrientes às bactérias marcianas: obtiveram respostas negativas.



Planetas do Sistema Solar e seu interesse astrobiológico: MARTE



Crédito: Curiosidade, NASA/JPL)

As sondas Viking confirmaram a presença de água líquida no passado de Marte, observando canais, rios secos e vales dendríticos.

A água poderia ter permanecido na sua superfície durante pelo menos mil milhões de anos e ainda está presente nos minerais que atualmente cobrem a superfície.

Nos polos há gelo de água nas calotas polares e suspeita-se que a água esteja presente em maior quantidade na crosta marciana



Planetas do Sistema Solar e seu interesse astrobiológico: MARTE

A vida poderia ter-se desenvolvido em Marte ao mesmo tempo que na Terra e talvez persistido no subsolo.

Encontrar vida em Marte forneceria muitas respostas sobre o surgimento da vida no nosso planeta.

Se existisse vida em Marte, mesmo na forma de microrganismos, e uma vez que o planeta já não é geologicamente ativo, deveria ser possível descobri-la sob a forma de vestígios fósseis na superfície ou mesmo esperar que exista e tenha sobrevivido no subsolo.



Corpos do Sistema Solar e seu interesse astrobiológico: SATÉLITES

Nas últimas décadas, outros corpos habitáveis de interesse astrobiológico foram descobertos além da cintura dos asteroides: os satélites de planetas gigantes.

Os planetas gigantes são de interesse limitado para a astrobiologia porque não têm superfícies rochosas.

Seus satélites também são importantes para a compreensão da origem e evolução do Sistema Solar.



Satélites do Sistema Solar e seu interesse astrobiológico

Em torno de Júpiter: Ganimedes, Calisto e Europa.

Em torno de Saturno: Encélado e Titã.

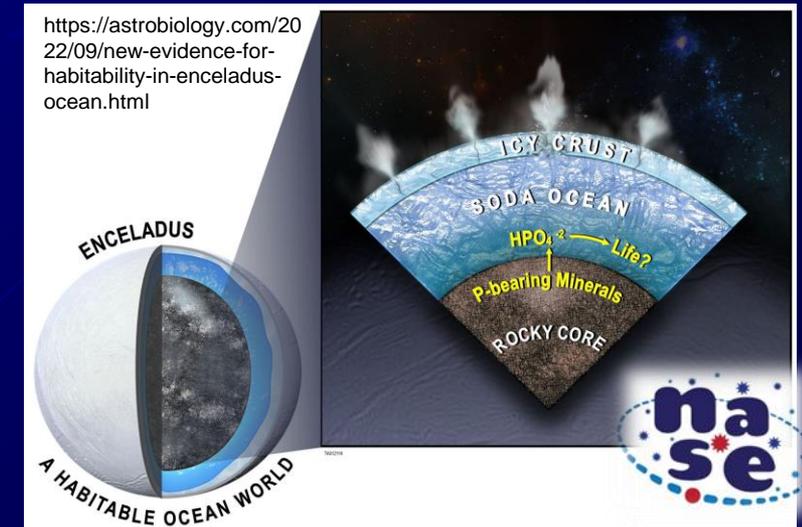
Revelados graças à sonda Cassini-Huygens (1997-2017), que visitou estes mundos durante 15 anos, os satélites de Saturno surpreendem pela diversidade e pela abundância de água líquida que contêm.



Satélites do Sistema Solar e seu interesse astrobiológico

Europa conteria um oceano dez vezes maior que o da Terra, embora fosse três vezes menor que o nosso planeta.

Encélado: em 2014, foram descobertos géiseres de água na sua superfície, que se estendem até 100 km acima de sua superfície. Esta observação revelou a presença de um oceano sob a camada de gelo.



Satélites do Sistema Solar e seu interesse astrobiológico: TITÃ

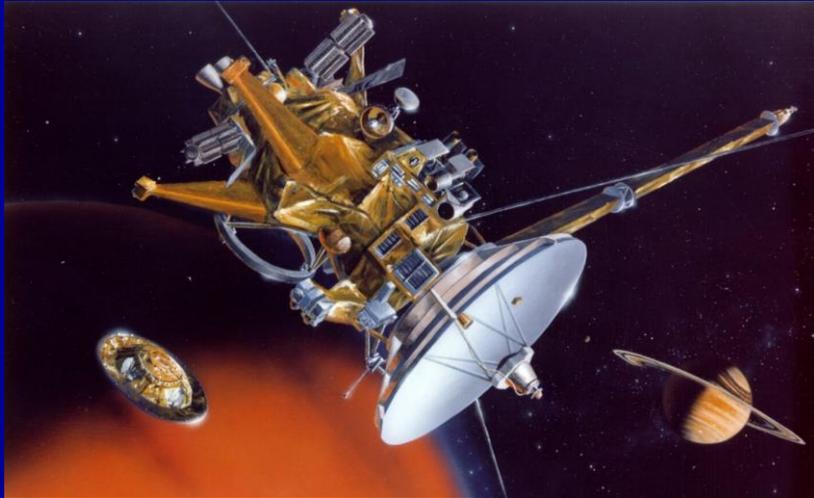
O maior satélite de Saturno, Titã, apresenta grande quantidade de matéria orgânica que se forma NA sua atmosfera.

Em 1980 e 1981, as sondas Voyager 1 e 2 revelaram uma atmosfera extremamente densa composta principalmente de nitrogênio e metano.

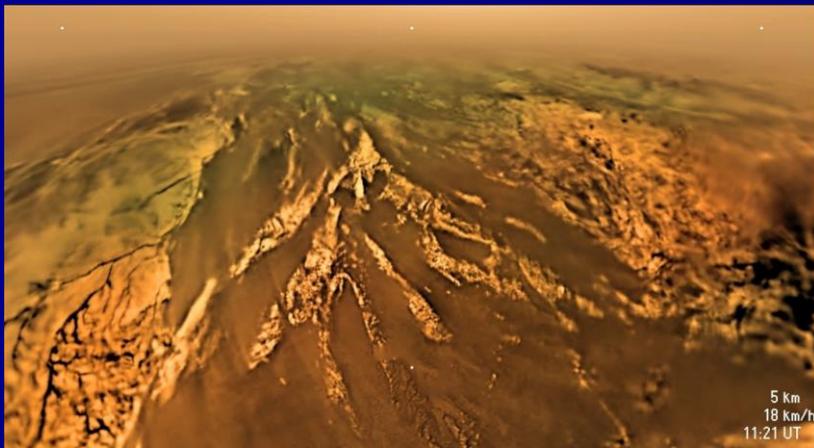
A química na atmosfera de Titã provou ser extremamente complexa, resultando na formação de aerossóis orgânicos que se depositam na superfície.



A missão Cassini-Huygens (1997-2017) confirmou a química orgânica complexa na atmosfera de Titã.



Cassini/Huygens Mission (Crédito: NASA)



Titan (Crédito: Cassini/Huygens, NASA)

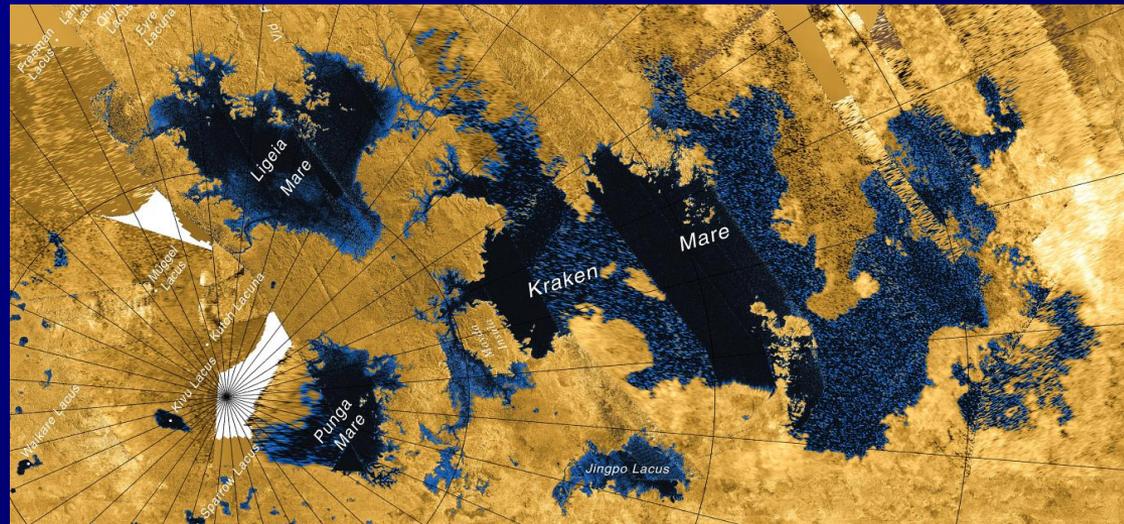
Imagens impressionantes foram obtidas da superfície coberta por grãos orgânicos, dunas e lagos de hidrocarbonetos.

Modelos astrofísicos propuseram que Titã pode abrigar um oceano de água líquida abaixo da sua superfície e apresenta todos os ingredientes necessários para o surgimento de uma rica química pré-biótica e de uma possível forma de vida.



Modelos geoquímicos evolutivos sugerem que desde o primeiro milhão de anos após a formação de Titã, este oceano subterrâneo esteve em contato com a atmosfera, onde teriam sido produzidas as primeiras moléculas complexas.

Por analogia com a Terra, espera-se a presença de fontes hidrotermais neste oceano de Titã, que constituem uma fonte de energia para moléculas orgânicas num ambiente potencial para sistemas pré-bióticos.



Além do Sistema Solar

5.500 exoplanetas (até agora 2.024) foram descobertos e confirmados na nossa galáxia. Ajuda-nos a compreender a formação do nosso Sistema Solar.

Com o estado atual do conhecimento e os avanços no campo da Astrobiologia, é muito difícil formular a hipótese de um planeta habitado e da presença comprovada de vida na nossa galáxia ou além dela.

Parece haver cada vez mais locais potenciais para o desenvolvimento da vida, mas e quanto ao desenvolvimento real da vida?



Conclusões

A Astrobiologia tenta determinar se a vida poderia existir noutras partes do universo e, em caso afirmativo, de que forma, para tentar responder a uma questão existencial: **estamos sozinhos no universo?**

Durante várias décadas, compreender o aparecimento da vida na Terra tem sido crucial para determinar se se trata de uma coincidência ou de um fenómeno reproduzível em condições e ambientes específicos.



Conclusões

Esta compreensão é necessária para tirar conclusões sobre a possibilidade de vida noutras partes do universo.

Apesar dos esforços ativos, ainda não foram alcançadas tais conclusões.



Obrigado pela
sua atenção!

