

EVOLUÇÕES DA TERRA E DOS SERES VIVOS

SEGUNDO MATÉRIA DO SITE MUNDO EDUCAÇÃO



OS GRANDES RÉPTEIS DO PERÍODO JURÁSSICO.

Desde sua formação o Planeta Terra apresentou diversas configurações, atravessando períodos com temperaturas muito elevadas e momentos tomados pelo gelo.

Para acontecer a consolidação da configuração atual do planeta, foram necessários bilhões de anos.

PRINCIPAIS EVENTOS OCORRIDOS NO PLANETA

Há aproximadamente **4,5 bilhões de anos** teve início a formação do Planeta Terra. Nesse período a Terra era muito quente, como esfera de fogo. Nessa forma não abrigava nenhum tipo de vida.

No decorrer do tempo o planeta entrou em processo de resfriamento, favorecendo o surgimento de fina camada de rocha em toda extensão da superfície.

No processo de resfriamento a Terra expeliu grande quantidade de gases, principalmente **nitrogênio**, **oxigênio** e **vapores de água**. A partir desses elementos formou-se a atmosfera, proporcionando a ocorrência das primeiras precipitações líquidas.

Com acumulação de água da chuva, surgiram os oceanos primitivos.

A origem da vida no Planeta Terra ocorreu há cerca de **3,5 bilhões de anos**, primeiramente na água. Em primeiro momento surgiram seres primitivos, como **bactérias**, **algas** e **microrganismos**.

Após milhões de anos, aproximadamente há 400 milhões de anos, os primeiros seres marinhos evoluíram, originando outras formas de vida, como os primeiros invertebrados aquáticos, a exemplo de **medusa**, **trilobitas**, **caracóis** e **estrela-do-mar**. Além disso, as plantas tiveram dispersão nos ambientes. Nesse mesmo período, determinadas plantas marinhas iniciaram processo de adaptação externa, passando a se fixar em ambientes terrestres.

Há aproximadamente 200 milhões de anos os grandes répteis, denominados dinossauros, estavam dispersos em toda extensão do planeta. Em paralelo a esse fato surgiram os mamíferos e as primeiras plantas com flores, as **angiospermas**. Os grandes répteis foram extintos há aproximadamente **65 milhões de anos**.

Há 60 milhões de anos a atmosfera estava com a mesma configuração atual e as grandes cadeias de montanhas - **Alpes, Andes e Himalaia** - já tinham iniciado seu processo de formação. Nesse momento, as aves e os mamíferos proliferaram por todo o planeta, em grande número.

Entre quatro milhões e um milhão de anos surgiram os primeiros ancestrais do homem. Desse momento em diante a Terra passou por diversos períodos de glaciações, porém, há 11 mil anos as geleiras se estabilizaram nos polos, onde existem atualmente.

Sie Mundo Educação - <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/as-evolucoes-terra-dos-seres-vivos.htm>

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO - USP - CAPES

ORIGEM DA VIDA NA TERRA

Ótimo texto científico, da Profa. Dra. Vivian H. Pellizari & M.Sc. Amanda G. Bendia. URL indicado no final.

Estima-se que atualmente o número de espécies que habitam a Terra ultrapasse 8,7 milhões.

Nesse valor não estão incluídos os micro-organismos, classificados como bactérias e arqueias. Estudos recentes indicam que o número de espécies destes micro-organismos procariontes pode superar os estimados 8,7 milhões de habitantes eucarióticos do planeta. Estes imensos valores nos fazem refletir sobre como tamanha e incrível diversidade possa ter surgido ao longo da história de nosso planeta e do Universo.

Para enriquecer a nossa reflexão, precisamos voltar **13.8 bilhões de anos atrás**, quando tudo que conhecemos estava aglomerado em um único ponto: todos os seres humanos - e todos os outros organismos - que já habitaram a Terra, todos os objetos que produzimos por nossa tecnologia, todas as moléculas que compõem o nosso planeta, simplesmente todos os átomos das bilhões de estrelas que já detectamos no Universo. **Todo o Cosmos estava reunido na singularidade. Então aconteceu a maior explosão de todos os tempos: o Big-Bang. O Universo expandiu, esfriou e escureceu.**

Os primeiros átomos de hidrogênio foram formados e seu acúmulo gerou grandes nuvens de poeira cósmica, que dariam origem às galáxias. Nas galáxias a primeira geração de estrelas se formou. Em seu interior a fusão nuclear dos átomos de hidrogênio deu origem a elementos químicos mais pesados. Quando estas estrelas esgotavam seu combustível explodiam em Supernovas e liberavam estes

elementos, enriquecendo os gases estelares. Uma nova geração de estrelas reciclou estes elementos e átomos cada vez mais pesados se formaram. O acúmulo de nuvens carregadas de poeira cósmica maciça - denominadas nebulosas - deu origem a sistemas planetários, como o nosso Sistema Solar.

Durante a formação do planeta Terra, há aproximadamente **4,5 bilhões de anos**, moléculas orgânicas compostas por carbono agregaram-se e deram origem aos ingredientes que foram essenciais para o desenvolvimento da vida.

Os primeiros **400 milhões de anos** da Terra foram hostis e desoladores. Temperaturas de mais de 200°C tornavam a crosta liquefeita e gases vulcânicos, especialmente CO₂, eram massivamente lançados na atmosfera em formação.

Conforme a Terra foi resfriando, a crosta tornou-se sólida e a temperatura permitiu a presença de água líquida na superfície. Esse foi o provável fator fundamental para o surgimento da vida. Além disso, as moléculas orgânicas, geradas na nebulosa que deu origem ao nosso Sistema Solar, que foram acrescidas na formação da Terra, sofreram reações químicas, especialmente através da energia fornecida pela intensa radiação ultravioleta que incidia na superfície, uma vez que não havia camada de ozônio para barrá-la.

Essas reações químicas resultaram em moléculas orgânicas ainda mais complexas, compostas especialmente por Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio e Enxofre, que serviram como blocos de construção iniciais para as primeiras moléculas biológicas.

Outro evento importante que propiciou o desenvolvimento e manutenção da vida no planeta foi o impacto de um corpo do tamanho de Marte, logo no início da formação da Terra, originando à nossa lua.

Com 100 milhões de vezes mais energia que o impacto que extinguiu os dinossauros, é curioso pensar que tamanha colisão tenha auxiliado o estabelecimento da vida durante a história do planeta. Aconteceu que a força gravitacional da lua resultou na estabilidade da inclinação do eixo da Terra. **Sem esta estabilidade, grandes mudanças climáticas ocorreriam e é provável que formas de vida complexas não teriam se desenvolvido.**

A lua influencia o movimento das marés, criando elevação e queda do nível do mar, promovendo migração dos organismos de um ambiente para outro. Hoje sabemos que essa característica foi, e é, crucial para a evolução e diversificação da vida, particularmente por ter induzido a propagação de organismos do mar para a terra.

Outras características do nosso planeta também foram fundamentais para o surgimento e manutenção da vida, como a presença de núcleo metálico capaz de gerar um campo magnético, que atua como “escudo protetor” contra radiações cósmicas, e a presença de manto em movimentação abaixo da crosta, que promove as atividades tectônicas, vulcanismo e movimentações continentais.

O vulcanismo foi importante para o surgimento da vida, vez que suas emissões gasosas forneceram nutrientes que podem ter sido utilizados pelos primeiros organismos unicelulares, como dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio. Os vulcões, por emitirem grandes quantidades de CO₂, ajudam na manutenção das condições climáticas do planeta e auxiliam na reciclagem do carbono que é, então, utilizado pelos organismos vivos em seus processos metabólicos.

Esse conjunto de condições incrivelmente raras permitiu que a vida surgisse em nosso planeta a partir de moléculas orgânicas e reações químicas. Todos os organismos vivos que conhecemos são compostos por biopolímeros como proteínas, ácidos nucleicos, polissacarídeos e lipídeos. Estas biomoléculas são constituídas por pequenas unidades interligadas entre si, denominadas monômeros.

Os biomonômeros que constroem as proteínas, ácidos nucleicos - DNA e RNA - e polissacarídeos são respectivamente os aminoácidos, nucleotídeos e monossacarídeos. Hoje sabemos que grande parte dos biomonômeros podem ser produzidos espontaneamente dadas as condições necessárias.

Uma das primeiras tentativas de produzir biomoléculas em laboratório foi feita por Stanley Miller e Harold Urey em 1953. Eles se basearam em estudos realizados por Alexander Oparin e J. B. S. Haldane, que sugeriram que as biomoléculas e a vida teriam surgido em uma sopa primordial, numa atmosfera rica em metano, amônia, hidrogênio e vapor d'água.

O experimento de Miller-Urey procurou simular estas condições da Terra primitiva (início do Arqueano), descritas por Oparin-Haldane, inserindo em um sistema selado os gases que comporiam a atmosfera primitiva descrita acima, descargas elétricas, uma fonte de calor e água líquida. Nestas condições, foram produzidos séries de biomonômeros, como os aminoácidos, glicina, alanina, e outros compostos orgânicos, como ureia e ácido fórmico.

Estudos recentes indicam que a composição da atmosfera primitiva, testada nos experimentos de química pré-biótica por Miller-Urey, não era exatamente como Oparin e Haldane propuseram. Contudo, a importância dos resultados experimentais de Miller-Urey revolucionou o nosso conceito a respeito da origem da vida, concretizando a ideia de uma origem química para todos os organismos vivos.

Outro grande passo para o surgimento das primeiras células vivas foi a polimerização destes pequenos blocos estruturais chamados biomonômeros. Indaga-se; como os aminoácidos se estruturaram para formar as proteínas, os monossacarídeos para formar os polissacarídeos ou os nucleotídeos para formar a estrutura complexa do DNA e RNA?

Infelizmente ainda não temos todas as respostas para estas perguntas, e as hipóteses que vêm sendo desenvolvidas são difíceis de serem reproduzidas em comprovações experimentais. Alguns pesquisadores sugerem que moldes porosos de hidrogéis de argila poderiam atuar como agentes catalisadores na construção de biopolímeros, através da energia fornecida por calor geotermal ou radiação.

Além disso, os poros presentes nos hidrogéis de argila poderiam ocasionar o acúmulo e concentração de biomoléculas e compostos orgânicos, facilitando suas interações químicas para a formação de moléculas mais complexas.

Uma pergunta importante ao se discutir a origem da vida é como estas biomoléculas agruparam-se de maneira a formar o que seria a primeira célula viva, capaz de carregar uma informação genética e se reproduzir.

Essa também é questão que desafia o nosso entendimento científico atual, mas, novamente, muitos pesquisadores buscam explorar novas ideias que expliquem o grande salto de um mundo essencialmente químico para um mundo biológico. Um dos primeiros passos deste grande salto é entender como uma molécula de ácido nucleico desempenhou o papel essencial de guardar uma informação capaz de ser transmitida para as gerações seguintes.

Uma das hipóteses mais aceitas para a origem da informação genética é a do mundo do RNA, sugerindo que o RNA surgiu primeiro que a molécula de DNA.

Em todos os organismos vivos atuais, o fluxo de informação genética inicia-se no DNA. Porque, então, as primeiras células ou proto-células teriam o RNA como a principal fonte de informação genética? O DNA nas células atuais necessita de uma maquinária complexa de proteínas para ser replicado. Estas proteínas, por sua vez, necessitam de molécula de DNA que carregue a informação para a sua posterior tradução.

Assim, a dicotomia de quem surgiu primeiro, DNA ou proteína, torna esta questão praticamente insolúvel. Por este motivo, muitos cientistas sugerem que o RNA foi a primeira molécula informacional a surgir, pois ele apresenta duas propriedades essenciais para a manutenção de uma célula primitiva: uma atividade de ribozima, que o torna capaz de catalisar a sua própria replicação, e uma atividade catalítica capaz de sintetizar algumas proteínas.

De alguma forma que ainda não entendemos, mutações na molécula de RNA deram origem ao DNA, e este último foi selecionado posteriormente como principal fonte de informação genética da célula por oferecer uma maior estabilidade estrutural.

Outro passo importante para a formação das primeiras células vivas é o surgimento da compartimentalização. Todas as células possuem uma membrana plasmática composta essencialmente de fosfolipídeos que garante a proteção do conteúdo citoplasmático.

A compartimentalização gera delimitação física que auxilia a concentração de moléculas no interior das membranas, facilitando as suas interações químicas. Além disso, a permeabilidade seletiva da membrana plasmática torna a concentração química no interior celular diferente da concentração do meio. Essa característica é fundamental para a formação dos gradientes eletroquímicos responsáveis pela geração de energia na célula.

Compartimentos lipídicos são facilmente formados de forma espontânea devido à sua natureza anfipática, e provavelmente na Terra pré-biótica, quando formados,

acabaram encapsulando biomoléculas e alguns constituintes que dariam origem às primeiras formas de metabolismo e funcionamento celular.

Sabemos hoje que o primeiro ser vivo foi provavelmente muito semelhante aos micro-organismos procariontes modernos, classificados como bactérias e arqueias. Os procariontes são organismos unicelulares com estrutura celular relativamente simples: seu material genético está imerso no citoplasma, sem envoltório nuclear, e as organelas, como mitocôndrias e complexo de Golgi, não estão presentes.

Mas, apesar disso, são capazes de desempenhar diversas funções metabólicas, participando ativamente de todos os ciclos biogeoquímicos do planeta. São encontrados em praticamente todos os ambientes da Terra, inclusive naqueles que nunca imaginávamos existir vida, como no gelo, na alta atmosfera e em vulcões ativos. Estes micro-organismos presentes em ambientes inóspitos são chamados de extremófilos.

Muitos cientistas propõem a ideia de que os primeiros organismos do planeta habitavam fontes hidrotermais no oceano profundo e, portanto, eram provavelmente extremófilos adaptados a altas temperaturas (denominados termófilos).

Estudos moleculares de termófilos modernos indicam que estes organismos apresentam ramificação profunda na árvore filogenética, evidenciando a hipótese de seu surgimento na Terra primitiva. No registro fóssil encontramos evidências de organismos datadas de aproximadamente 3,5 bilhões de anos atrás. Encontrados na Austrália, estes microfósseis apresentam estrutura celular muito semelhante aos procariontes modernos, sendo provável que estes organismos respirassem enxofre ao invés de oxigênio, uma vez que os altos níveis de oxigênio na atmosfera só surgiram mais tarde na história da Terra, há 2,4 bilhões de anos.

Os responsáveis por este evento, chamado de grande oxigenação, foram os procariontes denominados cianobactérias, que realizavam fotossíntese e como produto, emitiam altas concentrações de oxigênio na atmosfera.

O oxigênio é extremamente tóxico para as células e os organismos que não possuíam a maquinaria necessária para metabolizá-lo foram extintos. Alguns procariontes que não conseguiam metabolizar o oxigênio adotaram uma estratégia que iria alterar o rumo de toda a diversidade de vida na Terra: eles englobaram para dentro de sua célula uma outra bactéria capaz de processar o oxigênio tóxico para eles. E em troca, ofereciam abrigo e proteção para esta bactéria. Este evento revolucionário na história evolutiva da vida, denominado endossimbiose, deu origem aos primeiros organismos eucariontes do planeta.

Estudos recentes sugerem que o procarionte hospedeiro era semelhante às arqueias do novo Filo proposto Lokiarchaeota, que por sua vez, são molecularmente muito mais semelhantes aos eucariontes do que as bactérias. Estes hospedeiros englobaram diferentes tipos de bactérias, dando origem às organelas eucarióticas denominadas cloroplastos e mitocôndrias. Os cloroplastos eram provavelmente cianobactérias primitivas que foram englobadas pelo

hospedeiro, e as mitocôndrias, bactérias semelhantes ao que classificamos hoje como alfa-proteobactérias.

Existem muitas evidências que corroboram a teoria da endossimbiose como o fato dos cloroplastos e mitocôndrias possuírem material genético circular semelhante à estrutura encontrada em bactérias e arqueias. Quando este material genético é analisado, apresenta muitas semelhanças com o genoma de cianobactérias e alfa-proteobactérias, para cloroplastos e mitocôndrias, respectivamente. Além disso, sua divisão ocorre independente da célula e de forma semelhante aos organismos procariontes, por meio da fissão binária e tanto o cloroplasto quanto a mitocôndria apresentam duas membranas plasmáticas onde ocorrem os processos de produção de energia, exatamente igual às bactérias e arqueias.

O surgimento destas células eucarióticas permitiu maior complexidade genética e estrutural da célula, possibilitando a diversificação de todas as formas de vida que observamos hoje e ao longo de toda a história evolutiva da vida no planeta. Se não fosse por este evento revolucionário na história da vida há alguns bilhões de anos atrás, não estaríamos aqui para discutir essas questões.

Outra pergunta importante para continuarmos a nossa discussão é: será que a vida surgiu uma única vez no planeta ou podemos considerar múltiplas origens para a vida? Para responder à essa pergunta precisaríamos voltar mais de **3,5 bilhões de anos** atrás. Como isso não é possível, necessitamos recorrer à filosofia da ciência.

Existem basicamente **duas correntes de pensamento opostas** sobre esse assunto: a contingência e o determinismo. A contingência sugere que, devido às condições tão específicas e raras que propiciaram um conjunto de moléculas químicas a formarem um ser vivo, a vida na Terra teria surgido uma única vez.

Por outro lado, os deterministas sugerem que estas condições não são necessariamente tão raras assim. Como leis químicas e físicas provavelmente governaram a emergência da vida, seu surgimento seria inevitável, dadas às condições iniciais necessárias.

O determinismo indica a origem da vida como um evento plural: pode ter ocorrido diversas vezes em nosso planeta e também além dele, em outros corpos do sistema solar e de outros sistemas planetários. Considerando que já detectamos bilhões de estrelas em inúmeras galáxias, parece razoável imaginar que em algum lugar do Universo as condições necessárias surgiram e a vida poderia também ter se originado.

O ramo da ciência que estuda essa possibilidade é denominado **Astrobiologia** e, com as ferramentas modernas multidisciplinares da **Astronomia, Biologia, Física, Química e Engenharia**, podemos estar cada vez mais perto de descobrir se há algum tipo de vida fora da Terra.

As questões sobre a origem da vida são discutidas desde os primórdios da humanidade e seu assombroso mistério sempre intrigou desde os mais céticos aos mais religiosos. As religiões exerceram um papel fundamental no início das

civilizações ao preocuparam-se em discutir assuntos como de onde viemos, quem somos e como a vida surgiu.

Como nossos antepassados não tinham as ferramentas modernas, o pensamento religioso, e principalmente filosófico, foi essencial para a evolução de seu conhecimento. O conhecimento construído ao longo da história da humanidade foi o alicerce para o desenvolvimento das ferramentas científicas e tecnológicas atuais, que estão nos possibilitando estar cada vez mais perto de desvendar o grande mistério.

É importante destacar que o pensamento filosófico é até hoje fundamental no embasamento científico. Ele nos faz quebrar paradigmas e enfrentar as barreiras do conhecimento. **A nossa capacidade de pensar por meio da filosofia e da ciência e produzir tecnologia é uma das características que nos diferencia dos demais organismos.**

Estamos cada vez mais avançando sobre os mistérios da origem da vida, mas sempre nos perguntamos se um dia vamos desvendá-lo totalmente. É difícil responder à essa pergunta, uma vez que jamais conseguiremos reproduzir todas as exatas condições que estavam presentes há bilhões de anos.

Seja esse mistério desvendado ou não, permaneceremos sempre fascinados como humanidade, **ao imaginar que alguns átomos produzidos após o Big-Bang, arranjam-se bilhões de anos depois e formaram uma vida capaz de questionar a sua própria existência.**

Texto científico da Profa. Dra. Vivian H. Pellizari & M.Sc. Amanda G. Bendia, disponível no URL <https://www.io.usp.br/index.php/infraestrutura/museu-oceanografico/29-portugues/publicacoes/series-divulgacao/vida-e-biodiversidade/807-origem-da-vida-na-terra>

Paulo Dirceu Dias

paulodias@pdias.com.br

<https://www.pdias.com.br/>

Sorocaba - SP