

TERRA: FOGO, ÁGUA E AR



2016

Curso para a Terceira Idade

Curso oferecido pelo Departamento de Geofísica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.

Professora Leila Soares Marques e
Professora Márcia Ernesto

Introdução

Nosso planeta, a Terra, pode ser descrito como uma grande esfera rochosa, que gira em torno do Sol e de seu próprio eixo. A Terra também tem um invólucro de ar e uma blindagem magnética que protege a superfície e suas formas de vida das radiações interplanetárias.

As rochas que formam a superfície da Terra são compostas principalmente por Oxigênio (45,5%), silício (27,2%), Alumínio (8,3%), Ferro (6,2%), Cálcio (4,6%) e Magnésio (2,7%). Silício e Oxigênio, em geral, ocorrem juntos nos chamados silicatos. Quartzo é um mineral silicático e forma as areias comuns. No interior da Terra, até a profundidades de cerca de 400km, ocorre principalmente um silicato de Ferro e Magnésio chamado olivina e que tem cor verde. Esse silicato, quando bem cristalizado, forma lindas gemas denominadas de peridoto, das quais são feitas lindas jóias.



O invólucro de gases que constituem a atmosfera da Terra é composto principalmente por Nitrogênio (78,08%) e Oxigênio (20,95%), além de dióxido de carbono, ozônio, água e Argônio. A existência dessa camada gasosa é essencial para a vida na Terra.

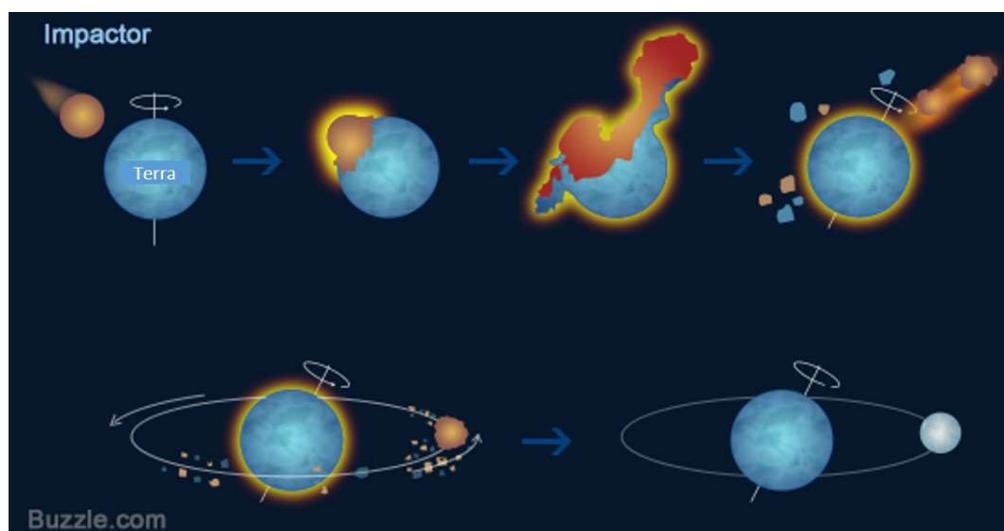
Mas o que sabemos sobre as primeiras etapas da história da Terra? O que sabemos sobre a idade da Terra, idade da atmosfera, quando apareceram os primeiros seres vivos? Que relação existe entre a evolução da biosfera e as modificações na atmosfera? A estas questões vamos tentar responder nos capítulos que se seguem.

1. Terra 'bola de fogo'

O modelo mais aceito atualmente para a formação do Sistema Solar considera que este tenha surgido de uma nuvem de poeira e gás – a Nebulosa Solar Primitiva. Em algum momento essa nuvem começou a se contrair devido à gravidade. E isso aconteceu enquanto sua parte central não se aquecia, pois não era suficientemente densa e opaca para impedir o escape da radiação. Mais tarde a radiação passou a ter dificuldade para escapar causando um aquecimento e aumento de pressão na parte central. A partir disso, a contração ficou lenta e o proto-Sol passou a emitir radiação infravermelha. Um fator indispensável para a formação do sistema planetário foi a rotação lenta da nuvem, a qual propiciou a formação de um disco.

Assim, o sistema solar em seu início, há cerca de 4,6 bilhões de anos atrás, era muito diferente do que é na atualidade. Inicialmente, o Sol não era uma estrela exatamente como é hoje, com a fusão nuclear transformando o elemento Hidrogênio em Hélio, em seu interior. Os planetas também não existiam. Existia apenas uma concentração de massa com um disco de matéria ao seu redor.

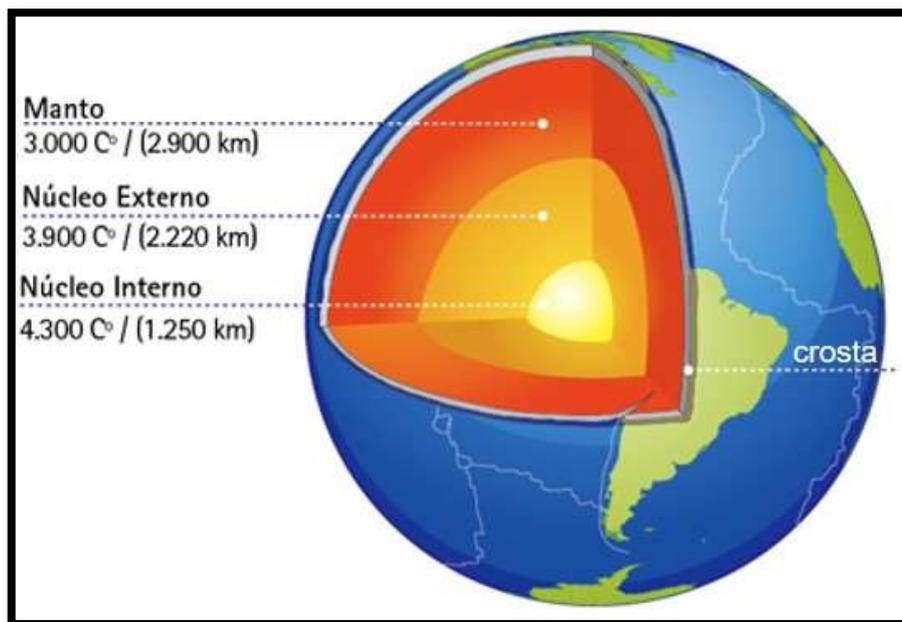
Enquanto a concentração de massa central evoluía para o que é o nosso Sol atualmente, um disco externo estruturava-se em anéis. Eles iriam transformar-se nos planetas. Um dos anéis não deu origem a um planeta, mas continua até hoje como um anel. É o cinturão de asteróides situado entre as órbitas de Marte e Júpiter.



A idade da Terra é aproximadamente um terço da idade do Universo, ou seja 4,5 bilhões de anos, e se formou pela acreção da poeira que circundava o Sol. Nas fases finais de formação da Terra, houve um grande choque com um corpo cuja massa equivalia a de um terço da massa de Marte. Esse choque liberou uma enorme quantidade de matéria para o espaço, que acabou dando origem à Lua.

O nome dado ao corpo que se chocou com a Terra é Teia, que na mitologia grega é a mãe da deusa Lua. Nos primeiros 660 milhões de anos após esse choque, o planeta era uma fervilhante bola de magma bombardeada constantemente por outros corpos menores recém-formados, denominados de planetesimais.

Após essa fase, a Terra foi esfriando, permitindo a formação de uma crosta sólida e o seu interior foi se dividindo em camadas com distintas composições.



A profundidade total da Terra é de 6.371km, sendo que a crosta, sua camada mais superficial, atualmente não excede 80km. Logo abaixo da crosta, o manto terrestre é uma camada rochosa composta principalmente por Silício, Magnésio e Oxigênio, além de um pouco de Ferro. A cerca de 2.900km encontra-se um limite entre essa camada rochosa e uma zona metálica chamada núcleo e constituída principalmente por Ferro e

Níquel. O núcleo, por sua vez está dividido em duas partes: a primeira camada encontra-se em estado líquido e a mais interna, em estado sólido.

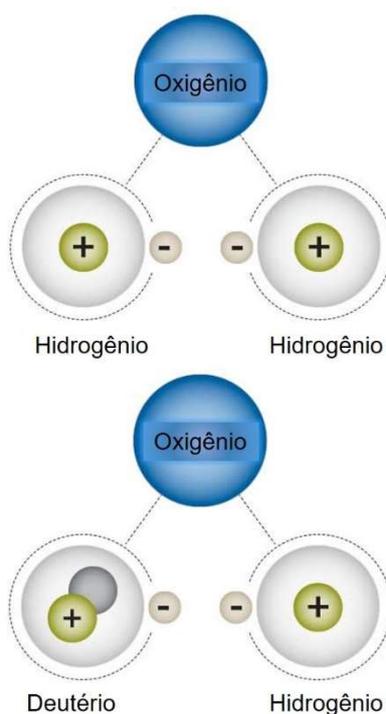
É provável que o núcleo tenha se formado nos primórdios da Terra, quando o ferro podia percolar para o interior através do manto, quando ainda se encontrava super-quente e possuía um oceano de magma com cerca de 600 km de espessura. Estudos baseados em meteoritos, que são corpos do cinturão de asteróides que caem na Terra (estrelas cadentes), mostram que núcleos ferrosos só podem se formar em corpos planetários com raio acima de 100 km.

2. De onde veio a água?

A água é um pré-requisito para a vida na Terra e, provavelmente, deve ter sido nativa no planeta. Fragmentos das rochas mais antigas que foram preservadas nas profundezas do manto e que vieram à superfície expelidas por vulcões contêm água. Esta é uma condição que deve existir em outros planetas também.

Mas, como essa água pode existir se na origem do Sistema Solar o Sol deveria estar tão quente que vaporizaria qualquer gelo presente, à medida que a poeira se agregava para formar o planeta?

Até recentemente, havia visões diferentes de como se formou a água na Terra. Uma é que a Terra deveria ter se formado de material seco e que adquiriu água através do seu bombardeamento por objetos de regiões mais distantes do sistema solar e capazes de trazer água na forma de gelo. A outra visão é que a água deve ter vindo dos minerais com água em sua composição, e que estavam no interior dos embriões de planetas (ainda contendo gases) e que depois foram desgasificados. Entretanto, as condições extremas de temperatura na superfície não permitiriam que a Terra jovem mantivesse uma hidrosfera líquida e a maior parte da água deve ter vaporizado e se perdido no espaço.

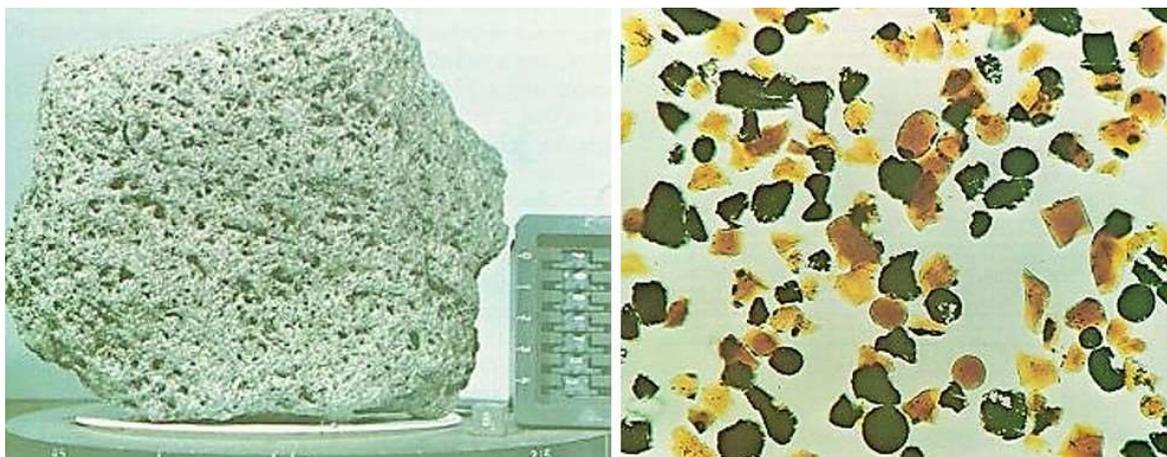


Deutério é conhecido como Hidrogênio pesado porque tem uma partícula (1 neutron) a mais no núcleo de seu átomo; as moléculas de água com deutério forma a chamada água pesada.

Mas os modelos mais recentes sugerem que se já havia na Terra uma atmosfera densa, as pressões que ela exercia seriam suficientes para segurar uma parte significativa da água e outros voláteis. Este debate foi parcialmente resolvido com medidas da proporção Deutério/Hidrogênio (D/H) em três cometas, usando a sonda espacial Giotto para analisar o cometa Haley, e medidas usando emissões de rádio e infravermelho a partir da superfície da Terra.

As três medidas indicaram que nos cometas o Deutério é duas vezes mais abundante que o Hidrogênio, assim como na hidrosfera terrestre. Desta forma, descarta-se a contribuição dos cometas como principal fonte de água na Terra.

É possível rastrear a origem da água estudando a proporção entre a quantidade de deutério e de Hidrogênio normal que existe nas moléculas de água, porque a água de diferentes origens tem proporções diferentes. Estudos feitos em rochas do Ártico canadense revelaram que essas rochas contêm pequeníssimas inclusões de água que parecem ter sido preservadas no manto da Terra desde cerca de 4,5 bilhões de anos, ou seja, desde os primórdios da Terra.



Amostra de rocha vulcânica da Lua (esquerda) e microfotografia de partículas de vidro (direita) vulcânico de cor verde (Apollo 15) e laranja (Apollo 17)

As missões espaciais Apollo 15 e 17 trouxeram da Lua amostras de vidro vulcânico. Esse vidro se forma quando o magma ou lava vulcânica esfria rapidamente ao encontrar um ambiente ou uma superfície fria. Em 2013, alguns pesquisadores verificaram que a razão D/H da água aprisionada no vidro vulcânico coincidia com aquela medida nos oceanos da Terra e em uma classe de meteoritos (condritos carbonáceos que têm minerais hidratados e compostos orgânicos, ou seja, com moléculas de carbono). Estes achados têm duas implicações: 1) a Terra e a Lua tiveram a mesma fonte de água; 2) a água já existia na Terra quando a Lua se formou.

Atualmente, a maior parte da superfície do planeta é coberta por água e, principalmente, por água salgada. Os oceanos, que dão suporte a tanta vida na Terra, contêm cerca de 3,5% de cloreto de sódio – 50 trilhões de toneladas de sal. E de onde vem o sal?

Uma grande quantidade de sal vem das áreas continentais à medida que as rochas são 'lavadas' pela água das chuvas e nos rios. Este, por sua vez, leva o sal para o mar. O sal nos rios equivale a menos de uma parte em duzentas (1/200) da quantidade de sal da água do mar. À medida que o calor do Sol produz a evaporação da água na superfície, o sal é deixado para trás e vai se acumulando.

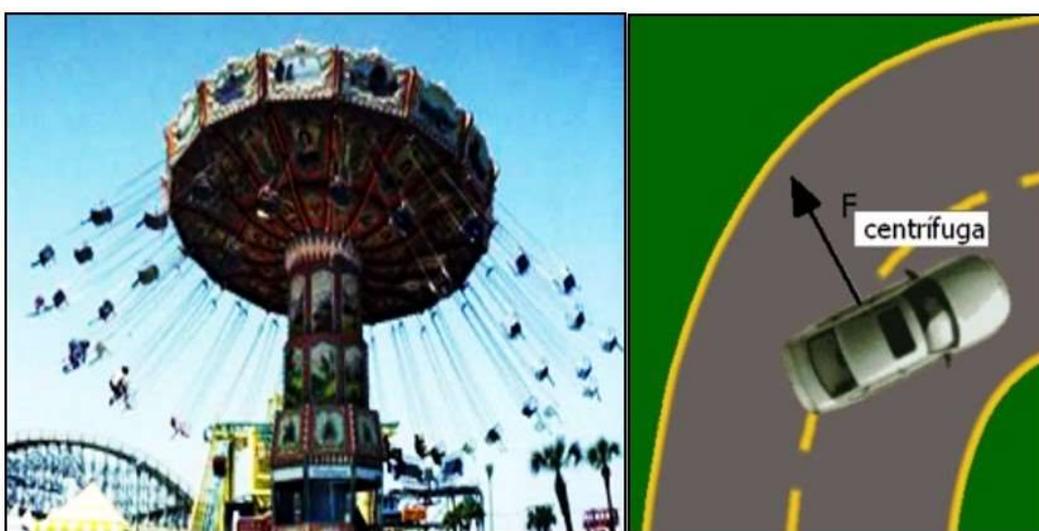
Mas a salinidade não é a mesma em todos os mares. Nas regiões polares a água não é tão salgada porque está diluída com água do degelo, ao passo que, nas zonas tropicais, o calor extra contribui para que a água do mar se torne mais salgada e mais densa.

3. O envelope gasoso

Assim como toda a Terra, a camada gasosa também se modificou ao longo do tempo geológico. Inicialmente ela continha muito mais metano (CH_4) e amônia (NH_3). A radiação solar ultravioleta era suficientemente intensa para quebrar as moléculas de CH_4 , NH_3 e H_2O e expulsar o Hidrogênio (H) que se perdia no espaço, deixando o carbono, nitrogênio e oxigênio. As plantas mais antigas foram muito importantes para aumentar o nível de oxigênio através da fotossíntese.

Várias teorias existem para explicar o aparecimento da atmosfera. É possível que os gases que estavam aprisionados na estrutura da Terra por ocasião da sua formação foram sendo liberados através da atividade vulcânica e do impacto dos asteróides. Os materiais que foram incorporados à Terra através do impacto de cometas também deveriam conter gases. Esses gases ficaram aprisionados próximos à superfície da Terra porque a força da gravidade impediu sua dispersão.

Gravidade é uma força de atração que existe entre objetos. A gravidade está relacionada com a massa e a densidade do objeto ou planeta. Quanto maior for a massa do planeta maior será a gravidade. Por exemplo, se compararmos o planeta Júpiter e a Terra veremos que a massa de Júpiter é 318 vezes maior que a da Terra. Portanto, um objeto pesando 10kg na Terra irá pesar cerca de 26kg em Júpiter!



Entretanto a gravidade da Terra é forte o suficiente para segurar gases como o nitrogênio e oxigênio. Então, quando a Terra estava se formando, os gases mais leves como hidrogênio e hélio puderam escapar para o espaço, deixando os gases mais pesados, como o oxigênio e nitrogênio. O planeta Marte, por exemplo, só tem um terço (1/3) da gravidade da Terra, mas gira com velocidade muito parecida com a da Terra. Isto significa que quando Marte estava se formando, sua gravidade não conseguiu segurar gases como oxigênio e nitrogênio, ficando apenas com os gases mais pesados, principalmente dióxido de carbono.

As moléculas de ar em torno de um planeta fazem a mesma coisa, principalmente se forem leves. As moléculas de um gás estão em constante movimento, se deslocando a esmo e batendo umas nas outras. Gases leves como hidrogênio e hélio se movem mais depressa do que os gases de meio-peso como nitrogênio e oxigênio. O dióxido de carbono, por ser um gás pesado, se move mais lentamente do que os outros.

Um planeta grande como Júpiter, com atração gravitacional forte, é capaz de aprisionar até mesmo os gases leves. A Lua com sua gravidade muito pequena não é capaz de segurar nem os gases mais pesados como o dióxido de carbono; isto quer dizer que ela não tem atmosfera.

A liberação de gases do interior da Terra através da atividade vulcânica provavelmente criou a atmosfera primordial e depois os oceanos. Mas essa era uma atmosfera muito tóxica para a vida na Terra porque continha muito pouco oxigênio. Além do mais, no início da história da Terra, as colisões com outros corpos celestes eram muito frequentes fazendo com que a Terra tivesse atividade vulcânica de grande escala, ou seja, não era possível manter uma camada externa sólida (a crosta).

Os primeiros sinais de vida sobre a superfície da Terra (registro de fósseis) começam a 4 bilhões de anos atrás. Sendo a idade da Terra de cerca de 4,5 bilhões de anos, devemos concluir que após 500 milhões de anos a superfície da Terra começou a estabilizar e dar condições para o desenvolvimento da vida.

4. Da bola de gelo ao tapete verde (desenvolvimento da vida)

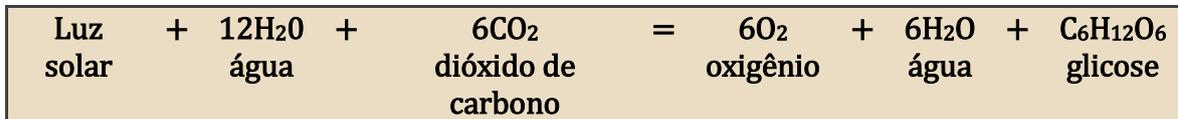
A atmosfera terrestre protege a vida na Terra absorvendo a radiação ultravioleta solar, aquecendo a superfície por meio da retenção de calor (efeito estufa), e reduzindo os extremos de temperatura entre o dia e a noite. Visto do espaço, o planeta Terra aparece como uma esfera de coloração azul brilhante. Esse efeito cromático é produzido pela dispersão da luz solar sobre a atmosfera, e que existe também em outros planetas do sistema solar dotados de atmosfera.

A primeira evidência concreta de vida na Terra surgiu há pelo menos 3,5 bilhões de anos, quando a crosta da Terra começou a se estabilizar. Essa evidência é o aparecimento de micro fósseis (fósseis que só podem ser vistos em microscópio) de micróbios ou bactérias, associados a rochas sedimentares, formando os chamados estromatólitos. Esses micróbios formam filmes ou finas camadas que aprisionam lama e, com o decorrer do tempo, formam estruturas rochosas estratificadas – o estromatólito – como mostrado na figura abaixo.



Os estromatólitos ainda são produzidos por micróbios hoje em dia. Esses estromatólitos modernos são incrivelmente similares aos antigos estromatólitos que fornecem evidências de algumas das mais antigas formas de vida na Terra. Estromatólitos antigos e modernos têm formatos parecidos e, quando vistos em corte transversal, ambos mostram a mesma estrutura de camadas produzidas por bactérias. Formas de vida derivadas de fotossíntese apareceram entre 3,2 e 2,4 bilhões de anos e começaram a enriquecer a atmosfera com oxigênio. Fotossíntese é um processo físico-

químico, realizado pelos seres vivos clorofilados, no qual as células utilizam dióxido de carbono e água, para obter glicose através da energia da luz solar, da seguinte forma:



A fotossíntese inicia a maior parte das cadeias alimentares na Terra. Sem ela, os animais e muitos outros seres heterotróficos seriam incapazes de sobreviver porque a base da sua alimentação estará sempre nas substâncias orgânicas proporcionadas pelas plantas verdes.

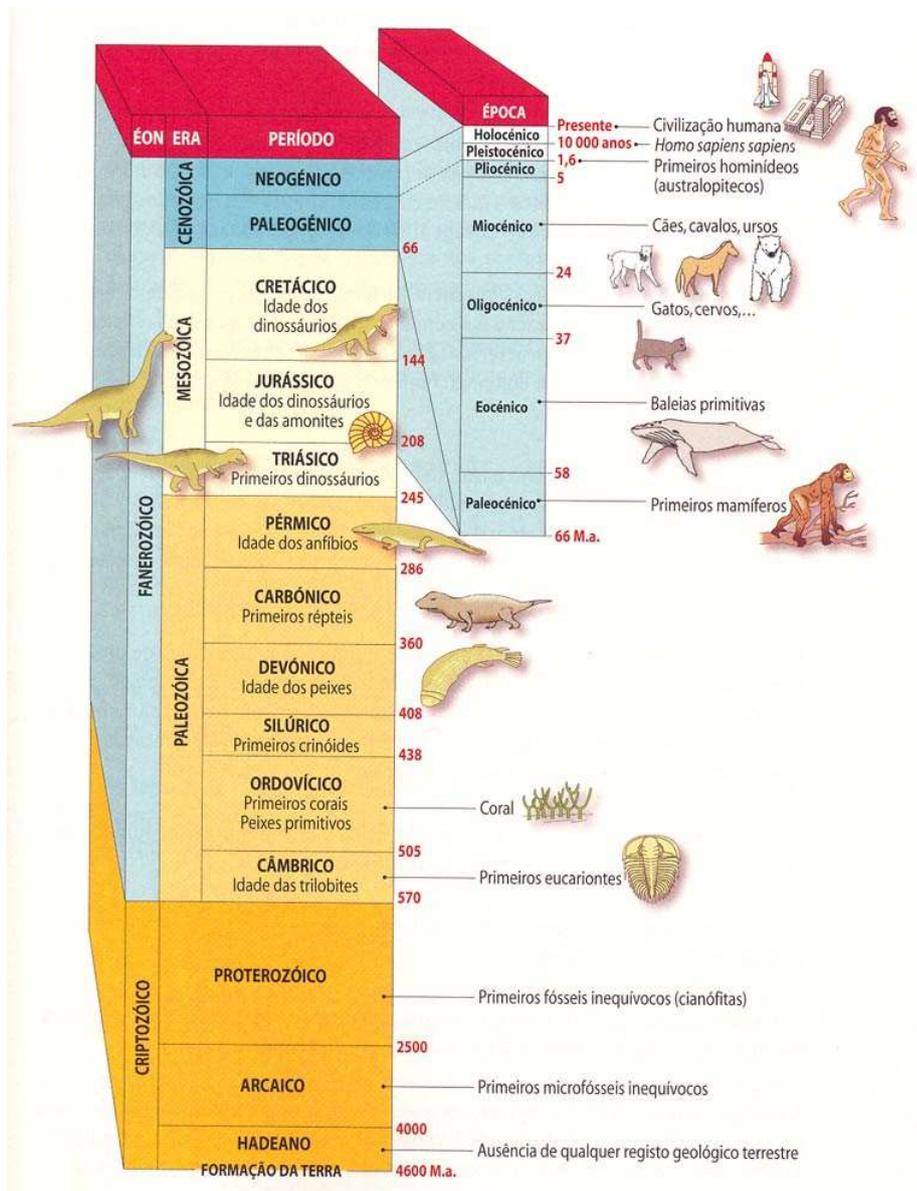
Até cerca de 580 milhões de anos atrás, as formas de vida na Terra eram de espécies microscópicas ou muito pequenas e habitavam os mares, como as algas. Em seguida, invadiram os continentes (líquens). Outra teoria, entretanto, surgida em 2012, propõe que a vida teve início nos continentes e teve que se adaptar e evoluir para então conquistar os mares.



Campo geotermal de Mutnovsky, em Kamchatka, Rússia

Segundo alguns pesquisadores os campos geotermiais são ambientes isolados e estáveis, dominados por vapor aquecido, com combinação perfeita de substâncias orgânicas e inorgânicas necessárias para o desenvolvimento das primeiras formas de vida. O que desafia a hipótese da origem marinha da vida é a presença de grande quantidade de potássio, fosfato, zinco e outros, no interior das células atuais. Essa composição deveria refletir o ambiente natural em que as primeiras células surgiram

e isso não é o que ocorre nos oceanos atuais ou primitivos. Além de não apresentarem diversos desses elementos, os mares registram abundância de sódio, pouco comum no interior das células.



Seja qual for a origem da vida – oceânica ou terrestre - formas multicelulares mais complexas apareceram e há cerca de 540 milhões de anos e houve, então, uma explosão de vida na Terra, o que marcou o fim da era Proterozóica e o início do período Cambriano da era Paleozóica.

Fósseis de algumas das primeiras plantas a migrar da água para a terra firme há centenas de milhões de anos atrás foram alegadamente encontrados na Argentina, nas

serras subandinas. Tratam-se de fósseis de hepáticas, organismos bastante primitivos, sem caule ou raiz, que teriam evoluído de algas verdes de água doce. Hepáticas são um dos principais representantes das briófitas, grupo onde se inserem também os musgos. O nome 'hepáticas' vem do grego *hepathos*, que significa 'fígado'; essas plantas são assim chamadas porque o corpo delas lembra a forma de um fígado. A diferença entre musgos e hepáticas é que os primeiros são plantas eretas e as hepáticas crescem 'deitadas' no solo. Algumas briófitas vivem em água doce, mas não se conhece nenhuma espécie marinha. Estas plantas seriam as ancestrais de todas as plantas terrestres.



A descoberta sugere que a colonização da terra por plantas teria ocorrido por volta de 472 milhões de anos atrás. O surgimento de plantas capazes de viver na terra é um dos mais importantes marcos na evolução do planeta. As plantas terrestres mudaram o clima da Terra, alteraram o solo e permitiram que todas as outras formas de vida celular se desenvolvessem.

Os exemplares encontrados têm idade entre 471-473 milhões de anos e pertencem a cinco espécies, o que significa que as plantas já tinham começado a se diversificar. Desta forma a colonização da terra, ou seja, fora da água, deve ter começado antes, talvez entre 499-488 milhões de anos (final do período Cambriano). As plantas terrestres evoluíram de hepáticas para musgos e depois para antocerotas e licopódios. Mais tarde surgiram as pteridófitas (grupo das samambaias) e, finalmente, as plantas com

sementes. Estima-se que 99% de todas as espécies que já viveram na Terra (mais de 5 bilhões de espécies) já estejam extintas, sendo que atualmente devemos ter entre 10-14 milhões de espécies.

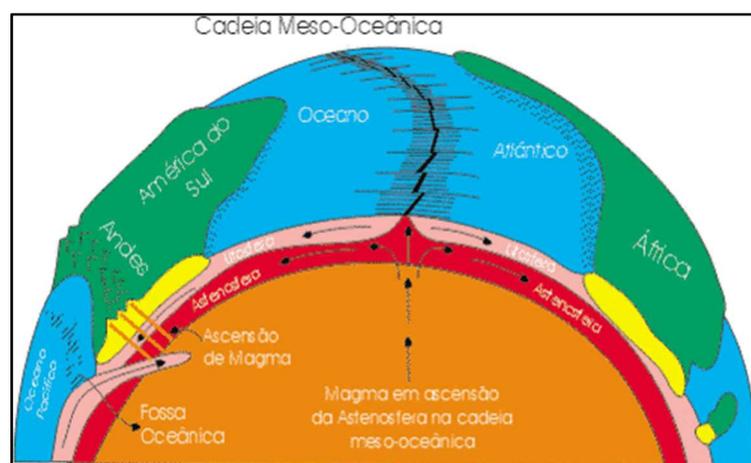
A cobertura vegetal da Terra certamente permitiu que as espécies animais se desenvolvessem durante o éon chamado Fanerozóico, que compreende as eras Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica. Foi durante a era Mesozóica que surgiram e viveram os dinossauros e, ao final dessa era foram extintos devido a mudanças climáticas.

Na era subsequente, o Cenozóico, se desenvolveram os mamíferos e surgiram os ancestrais da raça humana, os homínídeos, ao final do Mioceno. O gênero Homo, do qual faz parte os humanos modernos, surgiu por volta de 3-2,5 milhões de anos atrás, o que é uma época muito recente comparada à história da Terra.

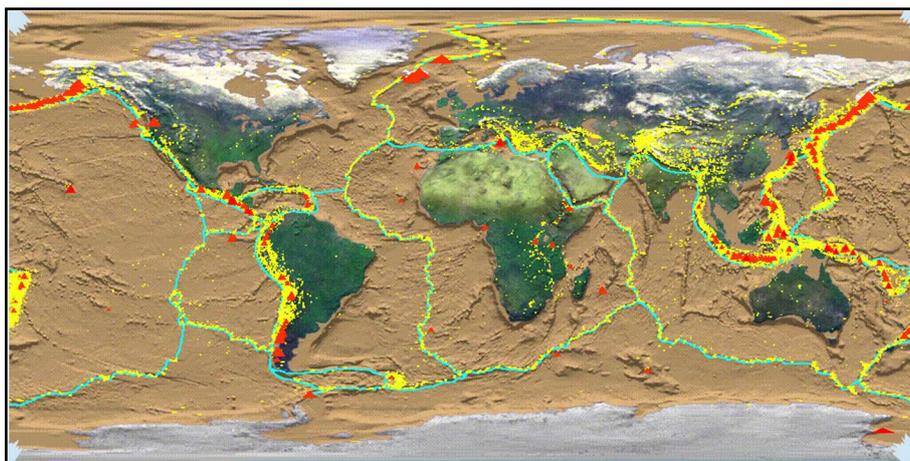
5. Catástrofes geológicas e suas consequências

As modificações geológicas da superfície da Terra foram uma constante desde sua formação e foram responsáveis pelas modificações climáticas e da biosfera. Os processos da Tectônica de Placas foram, e ainda são, muito importantes para modelar a forma dos continentes e oceanos, ocasionando mudanças climáticas importantes para o desenvolvimento e manutenção da biosfera. Atualmente as mudanças na biosfera são dominadas pela atividade humana, o que por sua vez, impõem grandes mudanças climáticas e outros sistemas da superfície da Terra, tais como a integridade da camada de ozônio, a proliferação dos gases-estufa, as condições dos solos produtivos, níveis de limpeza do ar e das águas, entre outros.

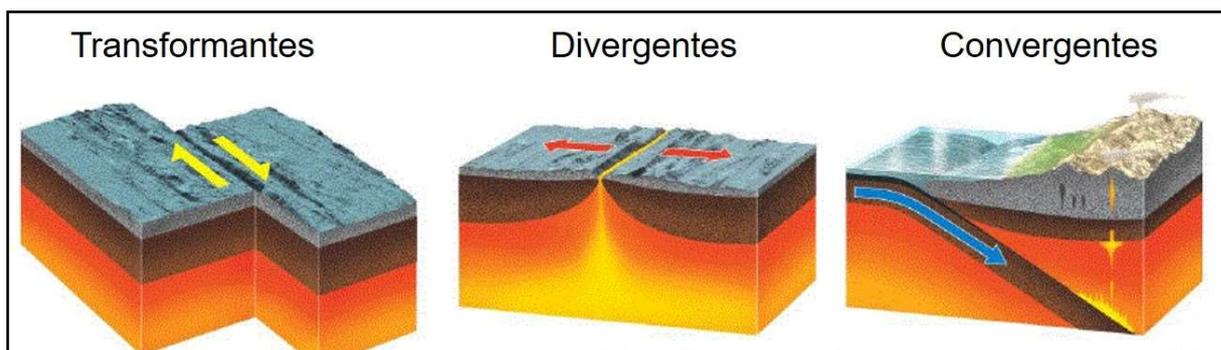
A partir da formação da crosta terrestre, estabeleceu-se um processo dinâmico na superfície da Terra chamado de Tectônica de Placas.



A Teoria da Tectônica de Placas descreve a dinâmica da superfície da Terra. A distribuição de vulcões e terremotos demonstra que a superfície da Terra é formada por blocos litosféricos (litosfera = crosta + camada superior do manto) que se deslocam sobre a astenofera. Esta teoria surgiu a partir da observação de dois fenômenos geológicos distintos: a deriva continental, identificada no início do século XX por Alfred Wegener, e a expansão dos assoalhos dos oceanos, detectada pela primeira vez na década de 1960. A teoria propriamente dita foi desenvolvida no final dos anos 60, por Robert Palmer e Donald Mackenzie, e desde então tem sido universalmente aceita pelos cientistas.



As placas litosféricas são marcadas pela ocorrência de terremotos e vulcões nas suas margens ou limites. Os limites de placas podem ser do tipo divergente, convergente ou transformante. No tipo divergente as placas se deslocam em sentido oposto e nova litosfera é formada pela subida de magma do manto. No meio do Oceano Atlântico existe uma imensa cadeia de montanhas (a Dorsal Meso-Atlântica) por onde novo material é agregado às bordas das placas. No encontro de placas convergentes a placa de maior densidade mergulha sob a outra placa e formam-se altas cadeias de montanhas, como é o caso da Cordilheira dos Andes. Ao longo desses limites ocorrem os maiores terremotos. Limites transformantes são aqueles em que as placas se deslocam lado a lado, em sentidos diferentes.



A tectônica de placas mudou a paleogeografia continuamente, fazendo variar a distribuição das massas continentais, criando e fechando oceanos, elevando montanhas. Com isso, as mudanças nas correntes oceânicas e o bloqueio às correntes atmosféricas exercido pelas montanhas, produziram mudanças nos padrões climáticos locais. Para exemplificar, a região sul-sudeste do Brasil, quando ainda a América do Sul

estava ligada à África, era um imenso deserto de dunas e que desapareceu com a abertura do oceano Atlântico, a partir de 130 milhões de anos atrás.

Porém algumas catástrofes geológicas de grandes proporções afetaram de forma devastadora a vida no planeta. Episódios de extinção em massa ocorreram em vários períodos da história da Terra com a morte simultânea, ou em um breve intervalo de tempo, de um número muito grande de espécies. O mais conhecido deles é o do Cretáceo-Terciário (aproximadamente há 65 milhões de anos) e que varreu os dinossauros da face da Terra, como também outras espécies animais e vegetais.

Uma explicação possível para esse episódio é o impacto de um asteróide em Chicxulub, no México, ocorrido nessa época. Com o impacto, as rochas locais foram fundidas e esse material foi lançado no ar. As partículas maiores atingiram uma área de várias centenas de quilômetros. O material mais fino (poeira) ficou em suspensão na atmosfera por muito mais tempo, criando uma espécie de filtro para os raios solares, o que pode ter tido implicações para a temperatura média da Terra.

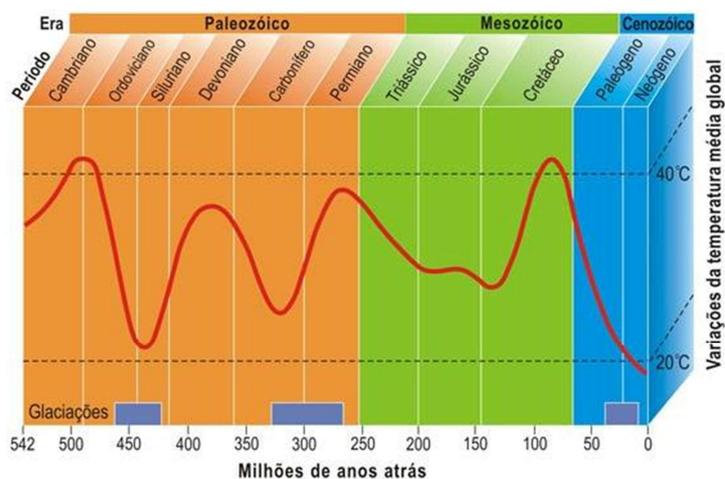
Antes dessa, outras grandes extinções já haviam acontecido no Ordoviciano-Siluriano, no Devoniano, Permiano e Triássico-Jurássico. Algumas delas são associadas com grandes e prolongadas erupções vulcânicas que colocam na atmosfera enormes quantidades de cinzas vulcânicas e gases tóxicos. Em erupções vulcânicas recentes no Chile (Calbuco, 2015), encontramos exemplos do potencial destrutivo que isso representa.



Atividade vulcânica de grande escala pode durar apenas poucos dias, mas seus efeitos sobre o clima durarão 5 anos ou mais. Múltiplas erupções (não necessariamente do mesmo vulcão) podem anteceder períodos prolongados de temperaturas anormalmente baixas.

Períodos glaciais também foram responsáveis pela extinção de grandes animais, como por exemplo, os mamutes. Esses períodos são aqueles em que ocorre redução da temperatura média da superfície da Terra e atmosfera, resultando na expansão dos lençóis de gelo das áreas polares, e das geleiras das zonas de montanhas.

Esses períodos são muito frequentes na história da Terra e o último aconteceu entre 110.000 a 12.000 anos atrás, portanto, teve duração de cerca de cem mil anos! Esse período é conhecido como a 'Era do Gelo'. Quando as camadas de gelo que cobriram grande parte da Ásia, Europa e América do Norte pararam de avançar, o nível do mar em alguns lugares subiu cerca de 10m em poucas centenas de anos - se todo o gelo que ainda cobre a Groenlândia derretesse agora, o mar não subiria tanto!



Em pesquisas recentes verificou-se que os testemunhos de sedimentos marinhos e de lagos, como também testemunhos de gelo da Antártica e Groenlândia, contêm registros de que a proporção de CO₂ na atmosfera aumentou nessa época (aproximadamente 20.000 anos atrás), ocasionando aquecimento, da mesma forma como tem acontecido hoje em dia.

Leituras Complementares

1. Decifrando a Terra, 1ª edição, 2000. W. Teixeira, T.R. Fairchild, M.C.M. Toledo & F. Taioli (organizadores). Oficina de Textos, São Paulo.
2. Decifrando a Terra, 2ª edição, 2009. W. Teixeira, T.R. Fairchild, M.C.M. Toledo & F. Taioli (organizadores). Companhia Editora Nacional.
3. História Geológica da Vida, A. L. McAlester, 1968. Editora Edgard Blucher, Ltda.
4. Um começo diferente, M. Garcia, Ciência Hoje, Notícias, 14/02/2012.
5. Atmosfera, 2011. Observatório Nacional.
http://www.on.br/pequeno_cientista/conteudo/revista/pdf/atmosfera.pdf
6. Oceanos – abismo do tempo.
http://yearofplanetearth.org/content/downloads/portugal/brochura9_web.pdf