

O TEMPO GEOLÓGICO – A Terra e a evolução da vida (Um breve resumo)

Estudas o passado se quiseres adivinhar o futuro.
Confúcio (551 – 479 a.C.)

*Os que não podem recordar o passado estão
condenados a repeti-lo.*
George Santayana (1863-1952)

MUCIO PIRAGIBE RIBEIRO DE BAKKER*
Contra-Almirante (Ref^o)

SUMÁRIO

Apresentação
Introdução
O Arqueozóico: Pré-Cambriano
 Arqueano
 Algonquiano (Proterozóico)
O Fanerozóico
 O Paleozóico
 O Mesozóico
 O Cenozóico
O Antropoceno
Palavras finais

APRESENTAÇÃO

Desde a sua formação, há 4,6 bilhões de anos, a Terra tem sofrido inúmeras transformações, as quais provocaram significativas alterações, tanto continentais e oceânicas quanto atmosféricas, influenciando decisivamente as condições climáticas e ambientais do planeta.

Nos últimos 3,8 bilhões de anos, desde o aparecimento de suas primeiras formas, a vida evoluiu e muitas espécies de vegetais e animais surgiram, prosperaram e foram extintas, em virtude de alterações ambientais. Durante a longa história do nosso planeta, houve várias extinções em massa, quando a maior parte da vida na Terra foi destruída.

* Conferencista, escritor e colaborador frequente da *RMB*. Foi diretor da Escola de Guerra Naval, secretário da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar e diretor de Hidrografia e Navegação da Marinha, dentre outros cargos.

Essas extinções, que fazem parte do ciclo evolutivo natural, possibilitam o surgimento de novas espécies e aperfeiçoam as espécies sobreviventes.

Na expectativa de mudanças climáticas, tanto em decorrência de forças naturais quanto de alterações ambientais provocadas pela ação do homem, as presentes notas representam um trabalho de compilação do autor, reunindo observações e ensinamentos colhidos em diversas publicações especializadas, com o objetivo de proporcionar ao leitor uma visão geral e sucinta não só das transformações e acontecimentos ocorridos durante o longo tempo de existência do planeta, mas também daqueles que possam ocorrer no futuro, seja como parte do ciclo evolutivo natural, seja em consequência da ação predatória do homem.

INTRODUÇÃO

Os geólogos dividem os 4,6 bilhões de anos decorridos desde a formação da Terra em uma hierarquia de intervalos de tempo, baseada em mudanças na formação de rochas. Os limites de períodos que compõem esses intervalos são, muitas vezes, aproximados. O encerramento de um período e o início de outro, quase sempre, são marcados por acontecimentos excepcionais, muitas vezes catastróficos. Os nomes dos períodos e das épocas derivam dos terrenos onde foram encontrados e estudados os indícios e os sistemas de rochas pela primeira vez.

A idade de todo o sistema solar é de cerca de 4,7 éons (cada éon é igual a 10⁹ anos). O éon é a maior divisão do tempo geológico e é subdividido em dois períodos (Figura 1): Arqueozóico, que abrange todo o Pré-Cambriano, com 4 bilhões de anos, aproximadamente; e Fanerozóico, do Cambriano até os nossos dias, com 550 milhões de anos aproximadamente. Seus maiores intervalos – o Paleozóico, o Mesozóico e



Figura 1 - Classificação Estratigráfica

o Cenozóico – são denominados eras, que são subdivididas em períodos, os quais, posteriormente, são divididos em épocas.

O ARQUEOZÓICO: PRÉ-CAMBRIANO

Os 4 bilhões de anos decorridos desde o início da formação do planeta – 90% do tempo geológico – podem ser divididos em dois períodos, cada um com 2 bilhões de anos: o Arqueano e o Algonquiano.

Arqueano

Com duração de 4,6 a 2,6 bilhões de anos – engloba o Pré-Cambriano Inferior. É o período mais antigo da história geológica da Terra, ao geral corresponde às mais antigas rochas conhecidas¹.

No Arqueano, a Terra é formada² – 4,6 bilhões de anos – e, depois, a Lua – 4,5 bilhões de anos. Mais ou menos durante os 100 milhões de anos seguintes, a Terra começou a esfriar, o que teria provocado três acontecimentos de capital importância: primeiro, a condensação da água e a formação dos oceanos primitivos; o segundo, a criação de uma atmosfera composta de

elementos como metano, amônia, dióxido de carbono, nitrogênio e vapor d'água (pois eles já existiam, sob a forma de gases gelados na poeira cósmica que deu origem ao sistema solar), à exceção do oxigênio livre; e terceiro, na superfície do manto externo, as primeiras seções da crosta terrestre começaram a se formar. E, quando a Terra esfriou, uma crosta de rocha sólida tinha se criado. A crosta, longe de ser um invólucro compacto, é formada por seções que se encaixam e irão formar as bases dos continentes e das bacias oceânicas.

Por volta de 4,3 bilhões de anos atrás, os primeiros elementos da crosta terrestre começaram a emergir dos oceanos primitivos e formaram os escudos continentais, os quais

iriam se reunir no início do período seguinte, o Algonquiano (Pré-Cambriano Médio), para formar um supercontinente, chamado Rodínia.

As primeiras formas de vida³ surgiram há cerca de 3,8 bilhões de anos, consistindo em organismos unicelulares primitivos. Há 3,3 bilhões de anos, apareceram as cianobactérias, ou algas verde azuladas, que eram organismos unicelulares que utilizavam a luz do sol como fonte de

As primeiras formas de vida surgiram há cerca de 3,8 bilhões de anos, consistindo em organismos unicelulares primitivos

1 As antigas denominações desse período – Criptozóico e Azóico – não são mais usadas.

2 A Formação da Terra – Há 4,6 bilhões de anos, a Terra foi criada, a partir de uma imensa nuvem de partículas de poeira e gás, a qual girava em torno de uma estrela recém-formada – o Sol – e que se aglutinou, condensando-se depois. Índícios sugerem que pelo menos dois planetas surgiram a cerca de 150 milhões de quilômetros do Sol: a Terra e um pequeno planeta chamado Theia. Os dois mundos colidiram e pedaços de ambos formaram a Lua, há 4,5 bilhões de anos. A Terra sofreu inúmeras colisões com objetos menores, ganhando mais massa aos poucos. No início, o planeta era completamente liquefeito, mas, à medida que crescia, foi esfriando e adquirindo uma crosta sólida. Gravidade suficiente foi gerada para reter uma atmosfera gasosa que incluía vapor d'água e protegida dos ventos solares pelo forte campo magnético da Terra.

3 As moléculas da vida, isto é, as moléculas de proteínas, apareceram espontaneamente nas condições primitivas do planeta. Tais condições foram repetidas em laboratório, obtendo-se moléculas de açúcares, de aminoácidos e de ácidos graxos. Quando, na “sopa” dos oceanos primitivos, essas moléculas interagiram e adquiriram individualidade celular, surgiu a protocélula, a forma embrionária da vida.

energia, por meio da fotossíntese. As outras formas de vida eram bactérias que usavam como digestão os minerais existentes no revestimento formado na superfície externa das rochas e aquelas que absorviam os minerais da água do mar, ao redor das fontes termais dos fundos oceânicos. Todos esses primeiros organismos eram formados de células sem núcleo – procariotas –, e a grande maioria vivia sozinha.

Há 3,7 bilhões de anos, a temperatura média do planeta era cerca de 10° C mais elevada que a atual. Mas uma breve glaciação ocorrida há 2,7 bilhões de anos (que se repetiu há 1,8 bilhões de anos, já no período seguinte), quando os mantos de gelo se espalharam pelos escudos continentais, provocou uma queda acentuada da temperatura. O Arqueano chegava ao fim.

Algonquiano (*Proterozóico*)

Abrangendo o Pré-Cambriano Médio e Superior, de 2,6 bilhões de anos a 600 milhões de anos atrás⁴.

Há 2,1 bilhões de anos, surgem os primeiros organismos unicelulares com núcleo (células eucariotas). Mas a formação de um continente gigante chamado Rodínia foi acompanhada de severa era glacial, que causou extinção em massa da vida primitiva, a primeira ocorrida no planeta.

No final do Pré-Cambriano (Algonquiano), o supercontinente Rodínia começou a se fragmentar. Também a atividade vulcânica submarina elevou o nível do mar,

lançando-lhe minerais. Níveis do mar mais elevados inundaram a maior parte da Terra, originando mares superficiais ricos em minerais, separados por profundas depressões oceânicas, muito favoráveis ao surgimento da vida. Explosões de novas vidas tendem a suceder extinções em massa. Assim, há cerca de 800 milhões de anos, animais unicelulares – os protozoários – apareceram pela primeira vez no registro fóssil.

O eventual aquecimento da Terra, no final do período, há cerca de 720 milhões de anos, levou ao aparecimento dos primeiros

organismos multicelulares, tornando possível a evolução da vida. Provavelmente, a partir desses organismos surgiram os metazoários. No final do Pré-Cambriano (Algonquiano), uma enorme diversidade de espécies havia se desenvolvido, com o aparecimento da vida multicelular.

A fragmentação do Rodínia gerou, há 1 bilhão de anos, a for-

mação de cinco escudos continentais: o escudo canadense-groenlandês, a plataforma russa e o escudo mongólico, o escudo da América do Sul, o escudo africano-indiano e o australiano. A África e a Índia deviam estar unidas, e os contornos dos escudos eram completamente diferentes dos atuais continentes, à exceção da América do Sul, que não era basicamente diverso do atual. A Europa e Antártica não existiam ou, possivelmente, estavam cobertas pelas águas. A Ásia estava cortada exatamente onde mais tarde surgiriam os Urais. Uma enorme parte da Sibéria era um golfo.

**Há 3,7 bilhões de anos,
a temperatura média do
planeta era cerca de 10° C
mais elevada que a atual**

* * *

**A fragmentação do Rodínia
gerou, há 1 bilhão de
anos, a formação de cinco
escudos continentais**

⁴ Alguns geólogos discordam da divisão da Era Proterozóica. Reúnem tudo da Era Arqueozóica (como fizemos) e a subdividem em dois períodos: Arqueano e Algonquiano, que integram o Pré-Cambriano.

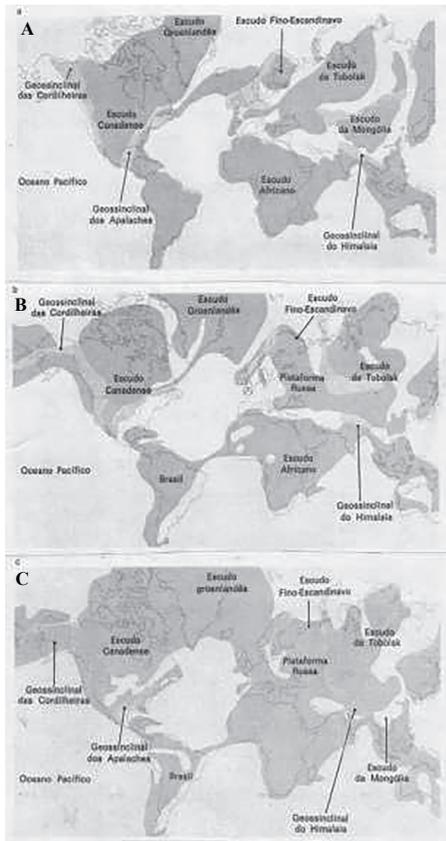


Figura 3 - Mares e Continentes Cambrianos

os escudos asiáticos estão entrecortados por mares; a Austrália, através da Indonésia, liga-se à África e à Índia e é ocupada por enorme bacia – Mapa A.

Na África, no Cambriano Médio – Mapa B –, aparecem dois mares internos e uma possível ponte unindo o continente ao Brasil.

No final do período – Mapa C –, na América do Sul, forma-se uma invasão marítima em comunicação com o Pacífico; os escudos canadense e groenlandês unidos estendem-se até às costas da atual Noruega; a Europa emergiu completamente e fundiu-se com África, Arábia, Índia, Sudeste Asiático e Austrália (como

no Pré-Cambriano, não há certeza alguma das posições e configurações dos escudos continentais mencionados).

Geologicamente falando, houve dois tipos de mares rasos: os que nasceram das descidas e subidas dos blocos continentais, ou mares epicontinentais, e aqueles originados do afundamento da crosta, que iam sendo atulhados por sedimentos. Estes últimos é que são importantes para a paleontologia, com suas camadas sedimentares superpostas, pois contam a história dos períodos. Apesar das grandes variações da linha das costas, devidas em boa parte aos movimentos das massas continentais, que produziram mares epicontinentais, o Cambriano foi um período bastante calmo do ponto de vista orogénico. Nos mares rasos existiam condições ecológicas semelhante às de hoje, mas as proporções dos elementos não podiam ser as mesmas: sendo a erosão maior, levava a maior quantidade de sais minerais nas águas costeiras e, sendo a biomassa vegetal restrita ao mar, esta era bem menor do que a de hoje. Biomassa menor de vegetais significa menos fotossíntese e, por isso, menos O_2 e CO_2 atmosféricos.

No final do período, as geleiras, provocadas por uma breve glaciação, podem ter baixado acentuadamente a temperatura dos oceanos e o nível de oxigenação da água, causando a extinção de muitos desses seres antigos. O Período Cambriano terminava.

II. Ordoviciano – 505-438 milhões de anos, com duração aproximada de 67 milhões de anos.

Apesar de alguns dos grupos de animais terem desaparecido durante a breve glaciação ocorrida no fim do Cambriano, no Ordoviciano a vida prosperou nos oceanos. Recifes de corais apareceram, proporcionando novos *habitats* para caramujos, trilobitas e outras criaturas. Os cefalópodes – o mesmo grupo das lulas e dos

polvos modernos – se tornaram comuns e alguns evoluíram até se transformarem em predadores marinhos gigantes. Apareceram os insetos e os primeiros vertebrados – peixes pequenos sem mandíbula.

Do ponto de vista geológico, o mapa continental manteve-se praticamente igual ao dos anos finais do Cambriano.

Há cerca de 450 milhões de anos, aproximadamente, nos anos finais do Ordoviciano, geleiras imensas começaram a surgir e cobriram o solo, o que reduziu a temperatura dos oceanos e baixou o nível do mar, provocando grande extinção de animais, inclusive da maioria dos trilobitas. Foi a primeira extinção em massa ocorrida no Paleozóico e que encerra o Ordoviciano.

III. Siluriano – 438-408 milhões de anos, com duração aproximada de 30 milhões de anos. Grandes transformações ocorreram desde os escudos continentais cambrianos. Na América do Sul, a crosta afundou em vários lugares, formando complicada rede de mares geossinclinais: no seu centro, como uma espécie de ilha, erguia-se o atual centro do Brasil. Há, porém, três continentes e um arquipélago: o continente norte-atlântico (unindo o escudo groenlandês ao canadense, ao finoescan-

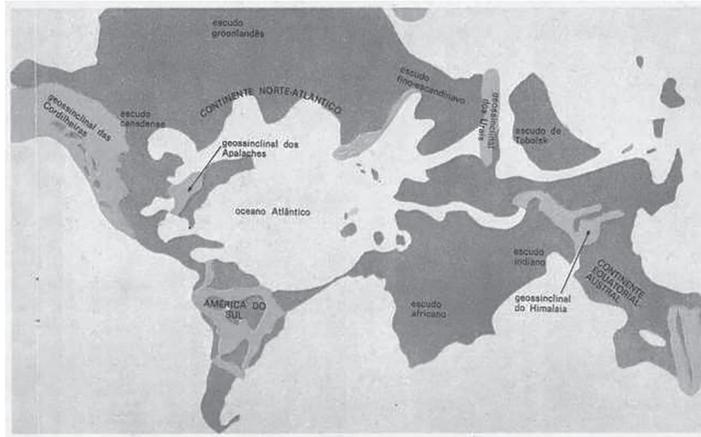


Figura 4 - Continentes e Mares Silurianos

dinavo e à plataforma meso-europeia); o continente equatorial-austral (Austrália e Antártica); o continente afro-indiano (unindo o escudo africano ao indiano) e o arquipélago sul-americano. É possível que existisse um longo istmo unindo o arquipélago sul-americano ao escudo africano ou, o que parece mais provável, que o arquipélago estivesse encostado ao escudo por uma espécie de fila de grandes ilhas costeiras. Depois, aos poucos, os continentes ter-se-iam separado (Figura 4).

Durante o Siluriano, parte da Europa está submersa no “Mar da Europa Central”.

No fim do período, uma cadeia montanhosa surge por enrugamento e desdobramento das camadas sedimentares do geossinclinal caledoniano, que se estende até o Mar Ártico. Será um movimento orogénico lento e contínuo, a durar muito mais que o Siluriano (Caledônia é o antigo nome do

Há cerca de 450 milhões de anos, geleiras imensas começaram a surgir e cobriram o solo, o que reduziu a temperatura dos oceanos e baixou o nível do mar, provocando grande extinção de animais

norte da Escócia). Nesse período, onde hoje se encontram o Mar Ártico, a Escandinávia, o Alasca e a Sibéria, deve ter havido um clima quente, pois nesses locais existiam muitos recifes de corais, que só vivem em lugares quentes. Provavelmente, os continentes devem ter mudado de lugar.

Do ponto de vista da evolução da vida, os pluricelulares estavam se tornando maiores e mais complexos e começam a invadir a terra. Nessa invasão, foram precedidos pelos vegetais, provavelmente líquens e musgos, o que, para alguns autores, teria ocorrido no Cambriano. No Siluriano, a invasão teria ocorrido com as algas pluricelulares e, depois, com as pteridófitas (ancestrais das samambaias). Os artrópodes começam a passar algumas horas nas praias, iniciando a conquista das terras emersas pelos animais. Nos mares, um grupo de peixes desenvolveu as primeiras mandíbulas com dentes; surgiram os tubarões e as algas marinhas, e os corais continuaram proliferando⁵.

IV. Devoniano – 408-360 milhões de anos, com duração aproximada de 48 milhões de anos.

A situação dos continentes devonianos não é muito diversa daquela dos períodos anteriores: o continente norte-atlântico une o continente americano ao europeu, ao escudo escandinavo e à plataforma russa. O escudo siberiano está ligado à Mongólia por um istmo. Um continente denominado Equinócia está unido ao

escudo australiano. A América do Sul está unida à África e ao escudo indiano.

Apesar de ser um período curto, o Devoniano é um dos mais significativos da história do planeta: nele começa a terceira invasão da terra firme. A primeira fora a das plantas, sobre a qual não há muita certeza quanto a datas (para alguns, ela ocorreu no Cambriano, com os líquens); a segunda foi a dos invertebrados (provavelmente, encabeçada pelos artrópodes), no Ordoviciano e no Siluriano; e a terceira, a dos vertebrados, no Devoniano. (Na figura 5, o mapa Devoniano).

Nos mares, os peixes dominaram o período: os tubarões caçavam nos rios e mares. Alguns peixes com carapaças, chamados placodermas, atingiram tamanhos imensos. Outros ganharam pares de nadadeiras carnudas que eram sustentadas por ossos grossos. Um desses grupos, que respirava ar, desenvolveu pernas. Eles se arrastavam para fora d'água até as primeiras florestas, onde abundavam os insetos. No Devoniano, a invasão torna-se, portanto, uma colonização ativa e maciça: uma rica flora

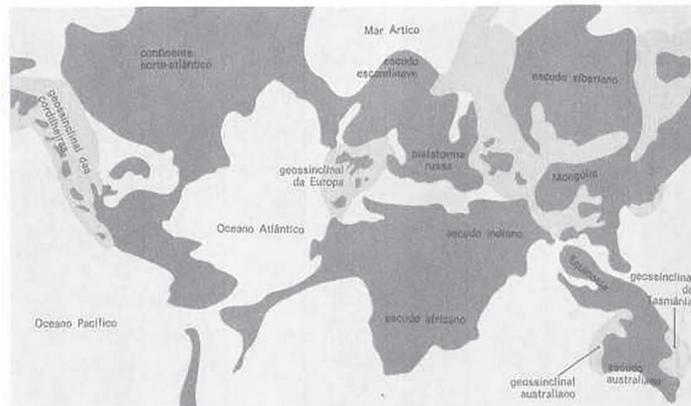


Figura 5 - O planeta no Devoniano

⁵ Em alguns livros, o Siluriano aparece como Gotlandiano.

sustenta grande número de herbívoros e uma considerável fauna carnívora deve ter se desenvolvido ao mesmo tempo.

A paisagem das terras emersas, antes árida e desolada, modifica-se rapidamente: algo que se pode chamar de início de florestas está surgindo pela primeira vez. A rede de charcos que se formou nas terras devonianas facilitou o surgimento dos anfíbios.

Na fase final do período⁶ houve mais uma extinção em massa de seres vivos, talvez provocada por variações climáticas e por movimentações da crosta, com vulcanismos e terremotos.

V. Carbonífero – 360-286 milhões de anos, com duração aproximada de 74 milhões de anos.

Anfíbios e peixes se diversificam e surgem os primeiros répteis, que são criaturas adaptadas para procriar em terra firme e sobreviver por longos períodos sem água. Com a ocorrência de seca e a diminuição da umidade do planeta, a maioria dos anfíbios desaparece no final do período.

Florestas pantanosas cheias de licopódios, cavalinhas e samambaias enormes prosperaram, e grande parte do carvão vegetal que usamos vem dos fósseis dessas plantas e deram nome ao período.

Os continentes carboníferos (figura 6) tiveram história bastante agitada em função da orogênese (processos geodinâmicos da crosta que dão origem às montanhas) e da epirogênese (movimento vertical da crosta terrestre, no sentido ascendente ou

descendente), que devem ter fornecido as condições adequadas para a fossilização das florestas carboníferas, facilitadas, talvez, pela intrincada estrutura das lagunas e pelos avanços marinhos, à beira dos quais viviam os vegetais. Os deslocamentos dos continentes carboníferos levaram à formação da Pangéia no período seguinte, o Permiano.

VI. Permiano – 286-245 milhões de anos, com duração aproximada de 41 milhões de anos.

Répteis diversificam-se, plantas com sementes estabilizam-se e surgem as coníferas. Anfíbios predadores enchiam as águas, miriápodes gigantes rastejavam na terra e insetos tomavam o ar. A Terra tornou-se mais seca no período, e os répteis desenvolveram-se nesse mundo mais árido. Os répteis mais importantes eram os terapsídeos mamaliformes, que podiam alcançar tamanhos enormes e prenunciavam a vinda dos mamíferos. Os terapsídeos devem ter se originado dos pelicossauros, que eram os répteis predominantes no início do Permiano.

Sob o ponto de vista geológico, quatro grandiosos fenômenos marcam o período

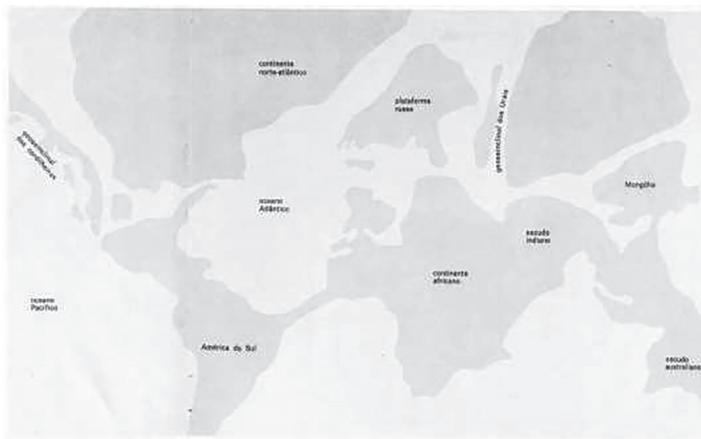


Figura 6 - Mapa Carbonífero

⁶ O nome Devoniano vem de Devon, localidade da Inglaterra.

Permiano, que corresponde ao fim da Era Paleozóica: a movimentação dos continentes, o vulcanismo, a glaciação e a regressão marinha.

– Sob o impacto de poderosas correntes do manto, Gondwana, o imenso continente do Sul, começava a se fragmentar. Estava se formando o canal de Moçambique, que, mais tarde, isolaria o bloco da América do Sul-África do bloco Madagascar-Índia-Austrália-Antártica. A fragmentação e, provavelmente, os deslocamentos dos blocos continentais por movimentos epirogenéticos produziram uma colossal rede de fraturas, por onde o magma infiltrava-se e derramava-se.

– Um vulcanismo muito maior do que fora apenas ligado às várias orogêneses paleozóicas entrou em atividade. Erupções vulcânicas enormes na Sibéria podem ter lançado gases venenosos na atmosfera. O continente siberiano Angara desapareceu.

– No Hemisfério Sul, por razões desconhecidas, a temperatura caiu rapidamente. Os dois blocos continentais nascidos do Gondwana ficaram com a face sul recoberta por imensas calotas glaciais.

– Ao frio, somou-se a retração marinha, abaixamento do nível do mar, causado pela própria glaciação. Houve uma mudança drástica no clima e uma acentuada redução na incidência de chuvas.

Tais acontecimentos provocaram, há cerca de 251 milhões de anos, a maior extinção em massa já ocorrida no planeta, a qual eliminou mais de 90% de toda a vida na Terra, tanto as espécies marinhas quanto as terrestres, na mesma

proporção. Possivelmente, a mortandade marinha e a destruição dos recifes de corais resultaram da falta de oxigênio na água, juntamente com um excesso de gás carbônico que aumentou significativamente

a acidez dos oceanos. A camada de ozônio deve ter sido destruída, auxiliando a extinção das espécies terrestres.

A figura 7 representa um mapa dos anos iniciais do Permiano.

No fim do período, há 250 milhões de anos, aproximadamente, os continentes uniram-se e formaram

Há cerca de 251 milhões de anos, a maior extinção em massa já ocorrida no planeta, eliminou mais de 90% de toda a vida, tanto as espécies marinhas quanto as terrestres. Os continentes uniram-se e formaram uma grande massa de terra chamada Pangeia

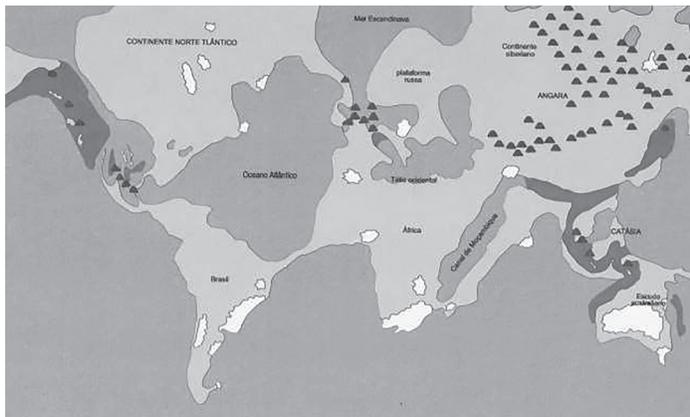


Figura 7 – Permiano

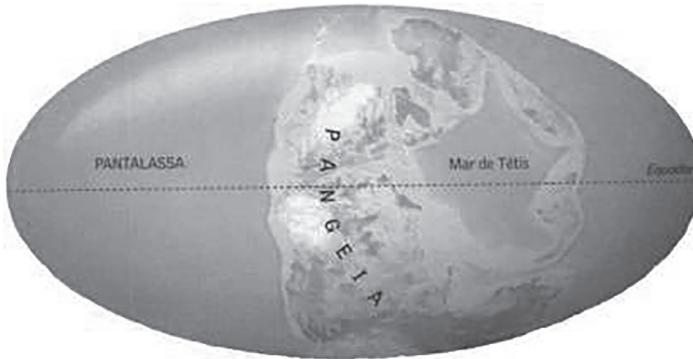


Figura 8

uma grande massa de terra chamada Pangeia (do grego – “a terra inteira”), figura 8.

Somente 150 milhões de anos depois dessa catástrofe, a biodiversidade do Permiano se recuperou da extinção em massa.

O Mesozóico

O Mesozóico (Era Secundária) abrange os seguintes períodos:

1. Triássico – 245-208 milhões de anos, com duração aproximada de 37 milhões de anos.

Novos tipos de répteis evoluíram e passaram a andar na terra, nadar na água e voar nos céus. Tartarugas e crocodilos primitivos apareceram, e também os primeiros dinossauros, que evoluíram de um grupo de répteis que desenvolveu pernas e quadris, permitindo-lhes andar eretos sobre as patas traseiras. Quase ao mesmo tempo, os primeiros mamíferos evoluíram dos pequenos terapsídeos. Mas não foi apenas o aparecimento dos répteis aquáticos que marcou o período: foi

no Triássico que os dinossauros começaram a subdividir-se mais, e em mais espécies, o que os levou, no Jurássico, à conquista de todos os ambientes. Foi também no Triássico que se deu a diferenciação do ramo reptiliano que originaria, posteriormente, os mamíferos. O grupo

de aves destacou-se no período seguinte.

O Triássico é um período de aquietamento depois da convulsão permiana, que mudou radicalmente muitas coisas. O clima, na maior parte da Pangeia, era quente e seco. As geleiras que se formaram no Permiano já desapareceram. A distribuição das terras emersas é, porém, semelhante à do Permiano Superior. Europa e América do Norte ainda formam o continente norte-atlântico. África e América do Sul constituem o continente Gondwana Oeste, já separado da outra metade (Índia e Austrália) pelo canal de Moçambique. No Triássico Superior, surge um mar interno na América do Sul; no Pacífico, a Nova Zelândia aparece submersa – apenas uns picos emergem no oceano. No continente



Figura 9 - Mapa Triássico

Laurasiático, várias partes da Europa Ocidental estão submersas pelo mar Triássico alpino.

Este é um pequeno mar geossinclinal, do qual emergirá a parte oriental dos Alpes. Desertos muito grandes associados à rede de rios e lagoas formam o coração de vários continentes (figura 9).

As coníferas são comuns no período.

Perto do fim do Triássico, muitos répteis grandes e terrestres foram extintos e os dinossauros

assumem o controle do planeta. A Pangeia começa a se desintegrar, provocando uma

queda no nível do mar que, há 200 milhões de anos, levou à extinção de 40% de todas as espécies.

2. Jurássico – 208-144 milhões de anos, com duração aproximada de 64 milhões de anos.

Os dinossauros florescem, iniciando a era dos gigantes; surgem os mamíferos primitivos e as aves. Os primeiros mamíferos, nossos ancestrais, eram pequenas criaturas peludas, que se escondiam nas sombras. Répteis marinhos se deslocavam nos mares, e, nos céus, voavam os pterossauros.

Novas espécies de coníferas apareceram, e também surgiram as gramíneas, os capins, que pertencem ao grupo de plantas floríferas, as monocotiledôneas.

Sob o aspecto geológico, a Pangeia começa a se partir em dois supercontinentes: a Laurásia, ao Norte (América do Norte, Europa e Ásia), e Gondwana, ao Sul (América do Sul, África, Índia, Austrália e, talvez, Antártica). O Mar de Tétis separava a Laurásia do Gondwana,

Jurássico – 208-144 milhões de anos: Os dinossauros florescem, iniciando a era dos gigantes; surgem os mamíferos primitivos e as aves



Figura 10

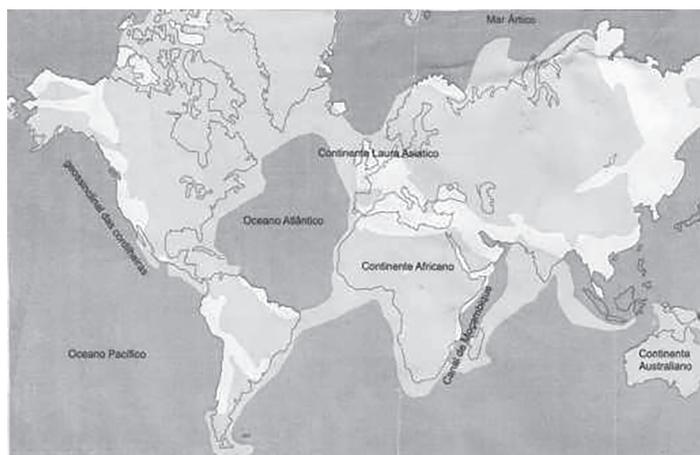


Figura 11 - Mapa Jurássico

que aparece como o conjunto de dois blocos separados pelo Canal de Moçambique: de um lado, o bloco América do Sul-África; do outro, Madagascar - Índia - Austrália e Antártica (figura 10).

A Europa, na Laurásia, está semissubmersa pelo mar formado no Triássico, o geossinclinal dos Alpes, que dentro de 100 milhões de anos dará início a uma cordilheira. No bloco sul-americano-africano aparecem, nas costas da América do Sul, os inícios do geossinclinal dos Andes. A plataforma russa teve uma ponte submersa (a oeste de Angara), enquanto na Europa formava-se um mar epirogenético, à volta do mar geossinclinal, sinal de que, nessa localidade, a costa está afundando. Na realidade, são as grandes transformações do Cretáceo que se aproximam (figura 11).

3. Cretáceo – 144-65 milhões de anos, com duração aproximada de 79 milhões de anos.

Dinossauros dominam. Surgem os primeiros mamíferos placentários (pequenas criaturas peludas), peixes ósseos, aves, plantas com flores e árvores. As gramíneas se consolidam. As árvores e as gramíneas foram fundamentais para o surgimento e a evolução de espécies arborícolas e dos grandes herbívoros, com as pastagens e pradarias.

Os dois supercontinentes agora se dividem em pedaços menores. Após uma grande convulsão no Permiano, que separou pelo menos a África de Madagascar, rompendo o Gondwana e causando a separação deste da Laurásia no Jurássico,

no Cretáceo os dois supercontinentes se dividem, com várias rupturas. No final do Cretáceo, há cerca de 70 milhões de anos, a placa indiana se separa e se move para o Norte, em direção à Eurásia; outras grandes rupturas ocorreram, separando a África da América do Sul, Índia e Austrália e, desta, a Antártica (figura 12). Para o congelamento da Antártica, há apenas duas alternativas: ou ela se deslocou ou a Terra mudou seu eixo de rotação. Também nesse período, o bloco ibérico e a África devem ter se separado. Outra transformação importante é a progressiva invasão da América do Norte por um grande mar interno, que acaba deixando emerso apenas o es-

cudo canadense. Na Europa, a plataforma russa será submersa pelo “Mar do Giz”, que deu origem ao nome do período. Parte da África é também invadida pelo mesmo mar (figura 11).

Cretáceo – 144-65 milhões de anos: Dinossauros dominam. Surgem os primeiros mamíferos placentários, peixes ósseos, aves, plantas com flores e árvores. As gramíneas se consolidam



Figura 12

A segunda maior extinção em massa deve ter ocorrido há 65,5 milhões de anos, com a queda de um meteorito que atingiu a Terra, próximo do que é hoje a Península de Yucatan, no México. Os efeitos teriam sido catastróficos, lançando milhões de toneladas de poeira na atmosfera, bloqueando o Sol e reduzindo a temperatura do planeta. Os efeitos do impacto do meteorito foram acompanhados, simultaneamente, por outros, ocorridos do outro lado do mundo, onde se situa a atual Índia, provocados pela atividade vulcânica resultante das rupturas dos blocos continentais. Dióxido de carbono e poeira vulcânica liberados pelo vulcanismo teriam causado chuva ácida e afetado o clima de modo intenso, como já provocado pela queda do meteorito. Cerca de 85% da vida na Terra foi destruída. A maioria dos

dinossauros e os répteis marinhos morreram. Mas crocodilos, tartarugas, cágados e muitos outros répteis sobreviveram. Aves e mamíferos marsupiais sofreram, mas mamíferos placentários escaparam. Plantas simples sobreviveram melhor do que plantas que produziam flores. Um fator visível: todas as criaturas terrestres que ultrapassavam a faixa de 25 kg foram liquidadas. Os motivos reais não são muito claros, mas a teoria mais considerada é de que os mamíferos de sangue quente, noturnos e moradores de tocas – também pequenos – eram melhor equipados para a

Paleoceno – 65-57 milhões de anos: Primeiros grandes mamíferos primitivos: carnívoros e ungulados, protoprimitas e prossímios arcaicos. As plantas floríferas dominavam, com as florestas de angiospermas e sua população – aves e mamíferos

sobrevivência nas condições climáticas da época, mais frias. Foi a segunda maior das extinções em massa ocorridas no nosso planeta (o nome Cretáceo vem de creta, greda ou giz, argila). A figura 13 representa o mapa do Cretáceo.



Figura 13 - Mapa do Cretáceo

O Cenozóico

O Cenozóico (Era Terciária) abrange dois períodos: o Terciário (65-1,8 milhões de anos) e o Quaternário (1,8-10 mil anos).

I. Terciário

O Terciário, por sua vez, se subdivide em dois outros períodos: o Paleógeno e o Neógeno.

1. Paleógeno

O Paleógeno compreende as seguintes épocas:

1.1. Paleoceno – 65-57 milhões de anos, com duração aproximada de 8 milhões de anos.

Primeiros grandes mamíferos primitivos: carnívoros e ungulados, protoprímatas e prossímios arcaicos. As plantas floríferas dominavam, com as florestas de angiospermas e sua população – aves e mamíferos. As gramíneas começaram a se expandir, com pastagens e savanas, em harmonia com a evolução dos herbívoros, sobretudo o capim, fornecendo-lhes alimento. Os ofídios (cobras), originados no Cretáceo, proliferaram, aproveitando a expansão das gramíneas pelas estepes e pradarias. Tem início

também uma nova invasão dos mares: os mamíferos marinhos, um grupo que troca as pradarias e as florestas pelos rios e praias e, depois, pelas ondas do mar aberto – os cetáceos (as baleias e os delfins), os sirenídeos (peixe-boi, o manati e o dugongo) e os pinipédios (focas e leões marinhos).

No plano geológico, o mapa dos continentes começa a se aproximar do aspecto moderno, mas várias peças ainda estão fora do lugar: o Japão está ligado à China; a América do Norte à Ásia; a Espanha, a Itália e a França apresentam seus contornos irregulares; e, no coração da Europa e da Ásia Menor, abrem-se extensos mares. O mundo era quente e úmido (o que favorecia as árvores, mas limitava a expansão do capim).

No final do Paleoceno, os níveis de CO₂ existentes na atmosfera elevaram-se demasiadamente, por questões geológicas,

talvez vulcanismos, e foram responsáveis pelas descargas de metano que provocaram a onda de aquecimento que se seguiu no Eoceno.

1.2.. Eoceno – 57-34 milhões de anos, com duração aproximada de 23 milhões de anos.

Prossímios e macacos primitivos, camelos, cavalos, roedores, elefantes, primeiros morcegos e baleias (que descendem dos mesmos ancestrais dos hipopótamos e dos camelos – os artiodáctilos). No Eoceno estão surgindo os ancestrais de todas as famílias conhecidas de mamíferos.

A grama, que surgiu inicialmente nas margens dos rios e lagos, no Jurássico, se espalha por áreas mais secas, beneficiando os herbívoros. Florestas densas se estendem até

Eoceno – 57-34 milhões de anos: Prossímios e macacos primitivos, camelos, cavalos, roedores, elefantes, primeiros morcegos e baleias

as regiões polares, beneficiadas pelo clima do Eoceno, que era úmido e quente. Elas eram ideais para as espécies arborícolas, especialmente os primatas.

Fora da floresta, um novo tipo de paisagem, dominada pelas gramíneas, apareceu. Provavelmente, foi a primeira vez que surgiu um campo aberto de uma pastagem. Com a Terra esfriando, as florestas começaram a procurar áreas mais quentes e foram recuando para a linha do equador, abrindo espaços entre as formações florestais densas para as pastagens e savanas. A maior parte dos primatas também recuou, acompanhando a floresta. Poucos se adaptaram às pastagens e savanas e conseguiram sobreviver longe dos trópicos. A espécie que ampliou seus horizontes de forma espetacular foi a nossa. Na realidade, nossa ascensão começou quando surgiram as pastagens e as savanas.

Na passagem do Paleoceno para o Eoceno, a orogênese andina acentuou-se, envolvendo o oeste da América do Sul, da mesma forma que ao longo da costa norte-americana do Pacífico. A América do Norte era unida à Eurásia por dois caminhos diferentes: no Oeste, o Alaska era unido, por uma ampla



Figura 14 - Mapa do Paleoceno e Eoceno

que hoje é a Sibéria; no Leste, o Canadá se juntava à Groenlândia, que, por sua vez, ficava ao lado da Escandinávia. O Oceano Ártico era um mar isolado, completamente cercado por terra. Animais de todos os tipos, inclusive terrestres, podiam se movimentar livremente por todo o hemisfério norte. O mundo todo era muito quente, e não havia gelo bloqueando as principais passagens entre a América do Norte e a Eurásia. Na Europa abundavam florestas de palmeiras, que lhe davam um aspecto “africano-sul-americano” atual.

As águas quentes do mar que depois seria o Mediterrâneo estavam cheias de corais e recifes, que lembravam o Pacífico Sul de

agora. Há 50 milhões de anos, o Oceano Atlântico começava a se aproximar dos seus contornos atuais. A América do Sul era uma ilha, bem como a Índia, que se movia para o Norte, em direção à Ásia (figura 14).

No começo do Eoceno, ocorreram duas explosões de metano⁷ a partir do oceano, cada uma com duração de mil anos e separadas por cerca de 20 mil anos. A onda de aquecimento que se seguiu é o que o distingue do Paleoceno. A temperatura do mar subiu de 6 a 8 graus centígrados, o suficiente para causar mudanças radicais nas correntes oceânicas, o que, por sua vez, mudou completamente a maneira como o clima se distribuía em todo o mundo. Conforme o

⁷ O CO₂ não é o único responsável pelo aquecimento do planeta. Junto com o vapor d'água, ele é o gás mais comum e conhecido, embora isso não signifique que ele seja o mais potente. O metano, CH₄, é de longe o mais eficaz, de dez a 20 vezes mais eficiente. Quando o material orgânico é deixado apodrecendo em condições anaeróbicas, forma-se o metano. Ele é produzido em imensas quantidades – milhões de toneladas – quando diatomáceas planctônicas e outras criaturas semelhantes mergulham nas profundezas de oceanos tranquilos, sem turbulências que possam levar a essas profundezas as águas ricas de oxigênio da superfície. Se as condições estiverem frias o suficiente, o metano formado fica preso no lodo do leito oceânico, transformando-se, então, no comumente conhecido “gelo de metano”. O gelo de metano pode durar indefinidamente, mas, se o oceano se aquecer demasiadamente, esse gelo abaixo do seu leito pode derreter e liberar milhões de toneladas de metano, que são levadas à superfície e atingem a atmosfera. Se isso acontecer em grande escala, o mundo inteiro pode cozinhar de uma hora pra outra. Parece que foi isso o que ocorreu por duas vezes, no início do Eoceno. Atualmente, os cientistas têm alertado sobre as emissões de metano para a atmosfera em quantidade seis vezes maior do que tudo o que a humanidade produziu desse gás até hoje. Um comandante de navio russo, ao navegar pelo Ártico, testemunhou que a água borbulhava pelo escapamento do metano, entre os blocos de gelo que se desintegravam.

mar se aqueceu e o calor se propagou de forma mais equilibrada, a turbulência diminuiu. A água morna ficou no alto, e a água mais profunda, não havendo agitação de correntes superiores, tornou-se desprovida de oxigênio. O foraminífero planctônico, que flutua próximo à superfície da água, com certeza floresceu favorecido pela água mais quente. Mas entre um terço e a metade dos tipos bênticos – espécies que vivem nas profundezas – morreram. Na realidade, o número de foraminíferos bênticos que morreu durante o aquecimento global, que começou no Eoceno, foi maior do que a catástrofe que causou a extinção dos dinossauros. Em geral, as plantas e especialmente as árvores se beneficiaram do calor e da umidade e se espalharam por todo lugar, cada vez mais longe e em direção aos polos.

O Eoceno, quente e cheio de florestas, foi a era de ouro dos primatas. Mas outras criaturas também floresceram de maneira igualmente impressionante nos últimos 65 milhões de anos: peixes, cobras, sapos, borboletas e abelhas. Os principais grupos de aves também já existiam no Eoceno. Nesse período, há 47 milhões de anos, viveu um primata que pode ser o mais antigo ancestral da linhagem que leva aos antropóides e ao homem (batizado provisoriamente de *Ida*).

Mas, com o fim do Eoceno, o mundo esfriou novamente, e essa abundância tropical terminou, limitando-se à área equatorial. Apesar de terem surgido outros períodos quentes desde então, chamados interglaciais, o mundo em geral tem ficado cada vez mais frio, culminando nas 20 ou

mais Idades do Gelo que aconteceram nos últimos 2 milhões de anos.

As razões pelas quais o mundo começou a esfriar novamente depois do Eoceno e passou gradativamente a sofrer uma redução de temperatura geral são extremamente complexas e envolvem: mudanças na conformação dos continentes que levaram a modificações nas correntes oceânicas; o restabelecimento das geleiras, que provocou o aumento do efeito albedo

(a capacidade do planeta em refletir a luz do Sol) e exacerbou o esfriamento; os deslocamentos da órbita terrestre, já que em certos períodos o planeta está mais afastado do Sol, etc. Mas existem duas teorias predominantes que indicam como essas mudanças podem

ser complicadas e surpreendentes.

A primeira teoria envolve uma pequena samambaia aquática – a *Azola* – que, nos espaços vazios entre as células de suas folhas, abriga uma cianobactéria chamada *Anabaena*. Os dois organismos vivem em uma relação simbiótica: uma bactéria fotossintetizante está alojada dentro da estrutura de uma pteridófita fotossintetizadora. A *Anabaena* não faz somente a fotossíntese. Ela também absorve o nitrogênio da atmosfera e o transforma em moléculas, tais como a amônia. O nitrogênio em forma de gás é inútil, porém, uma vez que tenha sido adicionado à amônia ou algo similar, as plantas podem usá-lo como nutriente. Hoje, por exemplo, a *Azola*, com sua carga de *Anabaena*, é cultivada em campos de arroz.

No Eoceno, a *Azola* cresceu por todo o Oceano Ártico (seus resíduos foram encontrados na lama do fundo do mar). Como a água é muito parada no fundo do

**Há 47 milhões de anos,
viveu um primata que pode
ser o mais antigo ancestral
da linhagem que leva aos
antropóides e ao homem
(batizado de *Ida*)**

Ártico, não há oxigênio suficiente para que os organismos entrem em decomposição. Assim, todo o carbono que adquiriram da atmosfera, a partir da fotossíntese, se mantém preservado. É então possível que esse mecanismo – o Evento Azola – tenha sido o responsável pelo rápido resfriamento que provocou o fim do Eoceno. Existe carbono suficiente nos tecidos preservados da Azola no fundo do oceano para reduzir o CO₂ de toda a atmosfera, colocando um fim no efeito estufa que perdurou ao longo dos milênios do Eoceno.

A outra teoria é a seguinte: à medida que a chuva cai, ela absorve CO₂ da atmosfera e, assim, produz uma solução leve de ácido carbônico. Isso, por sua vez, reage com as rochas, tais como granito, que são feitas basicamente de silício, mas contêm também cálcio e magnésio. A chuva de ácido carbônico se combina com o cálcio e o magnésio, formando bicarbonatos a partir destes metais; esses bicarbonatos são levados pelos rios até os mares. O silício que fica no granito (na forma de sílica) se decompõe e vira areia. Os bicarbonatos se integram às rochas no leito do mar e, no final, são reciclados à medida que a placa tectônica segue seu ciclo. Assim, o carbono, na forma de dióxido de carbono, circula de forma lenta mas

contínua entre a rocha, a atmosfera e o oceano e, de um modo geral, permanece em equilíbrio aproximado – o que tem mantido a Terra numa temperatura constante. Mas este ciclo foi interrompido no final do Eoceno, pela movimentação da placa da Índia que, há milhões de anos, se

deslocava em direção à Ásia, para finalmente se chocar com a sua base, há 40 milhões de anos, formando ondulações que deram origem ao Himalaia e ao platô tibetano. A chuva que caiu, e continua caindo, nessa massa territorial era prodigiosa, pois era

levada pelos ventos que cruzavam toda a extensão do sudeste do Pacífico e empurrada para cima, conforme encontrava o sopé das montanhas. O resultado disso, hoje, são as monções. Mas grande parte da chuva simplesmente escoou, e ainda escoou, de volta para o mar. Ela carrega consigo imensas quantidades de bicarbonatos, reincorporando o carbono do dióxido de carbono à atmosfera.

Oligoceno – 34-23 milhões de anos: Os pássaros e as plantas com flores se diversificam. Surgem os rinocerontes, os porcos e gatos primitivos



Figura 15 – Oligoceno

A morte das samambaias do Ártico e o surgimento do Tibete foram os eventos que, possivelmente, podem explicar por que os dias quentes e tropicais do Eoceno terminaram.

1.3. Oligoceno– 34-23 milhões de anos, com duração aproximada de 11 milhões de anos.

Na geografia oligocênica, a América Central era um arquipélago que emergia de uma zona orogênicamente convulsionada, da mesma forma que a Europa, em que a orogênese alpina iniciava seu desdobramento com vulcanismos na Itália, Suíça, Áustria e Alemanha. Essa inquietude era a mesma que estava levantando as pontes Ásia-Europa e Madagascar-África. As Ilhas de Sonda (Java e Sumatra), as Filipinas e as ilhas japonesas ainda se mantinham em forte agitação. (Figura 15)

A rigor, não há nada de especial nos mares oligocênicos. Os corais se difundem amplamente, atestando que a água desses mares era tépida.

Os pássaros e as plantas com flores se diversificam. Surgem os rinocerontes, os porcos e gatos primitivos. Há 28 milhões de anos, aparece o *Aegyptopithecus*, primata do tamanho de

um gato, considerado um possível ancestral do homem moderno. A flora oligocênica deixou também traços importantes, que denunciam – seja com fósseis comuns, seja em depósitos de carvão – florestas tropicais.

Mioceno – 23-5 milhões de anos: Macacos, cães e ursos primitivos proliferam. Os grandes mamíferos herbívoros e carnívoros evoluem – equídeos, girafas, antílopes, camelos, hienas e felinos – e iniciam um processo migratório para quase todos os continentes

2. Neógeno

O Neógeno compreende as seguintes Épocas:

2.1. Mioceno – 23-5 milhões de anos, com duração aproximada de 18 milhões de anos.

Macacos, cães e ursos primitivos proliferam. Os grandes mamíferos herbívoros e carnívoros evoluem

– equídeos, girafas, antílopes, camelos, hienas e felinos – e iniciam um processo migratório para quase todos os continentes. Os primatas evoluem, e surgem o *Proconsul*, o *Driopteco*, os ancestrais dos símios e dos homínídeos.



Figura 16 – Mioceno

As plantas com flores comandam o reino vegetal. As pastagens e savanas se espalham.

Na geografia do Mioceno, a América do Sul continua isolada, como uma ilha, assim como a Austrália. A América Central encontra-se em convulsão geossinclinal, e

a Europa continua um arquipélago. Permanecem em atividade os movimentos orogênicos e epirogenéticos, que irão resultar no levantamento dos Alpes, dos Pirineus, dos Cárpatos, dos Andes, do Himalaia, nos Atlas, nas Rochosas e de outras cadeias menores. A Indochina, as Ilhas de Sonda e as ilhas japonesas ainda

não completaram seus ciclos orogênicos. Uma grande instabilidade ainda persiste da Indochina até o Japão (figura 16).

2.2. Plioceno – 5-1,8 milhões de anos, com duração aproximada de 3,2 milhões de anos.

Surgem os antepassados do homem: australopithecíneos, homínídeos de andar erecto que aparecem e diversificam-se; e mamíferos modernos.

As plantas floríferas, com cerca de 235 mil espécies, se consolidam e proliferam.

Na América do Sul, a emersão do istmo do Panamá liga este continente à América Central. Uma pequena invasão epirogenética ocorre

nas Guianas. Porém o fato mais importante nas Américas é o aparecimento do Golfo da Prata.

Os contornos do continente africano não apresentam alterações substanciais em relação aos que hoje existem nos mapas modernos. A Europa já está com a

configuração próxima da atual. A Índia está unida à Ásia. A região do Arquipélago de Sonda, o Japão e a Coreia continuam com instabilidade. A Austrália está separada e isolada. A Antártica se movimenta lentamente para a sua atual posição (figura 17).

No final do Mioceno e início do Plioceno, o Mar Mediter-

râneo atual foi criado, como resultado de forças geológicas. Há pouco menos de 6 milhões de anos, o Mediterrâneo era um mar cercado de terra. Só por volta de 5,4 milhões de anos, o Estreito de Gibraltar abriu-se, permitindo a entrada da água do Atlântico. Apesar da ligação com o Atlân-

Plioceno – 5-1,8 milhões de anos: Surgem os antepassados do homem: australopithecíneos, homínídeos de andar erecto que aparecem e diversificam-se; e mamíferos modernos



Figura 17 – Plioceno

tico, as águas do Mediterrâneo são mais salgadas e têm vida marinha menos diversa.

No fim do Plioceno, tem início um ciclo de sucessivos resfriamentos e aquecimentos no Hemisfério Norte do planeta. São as glaciações, as quais transformarão a vida na Terra.

Durante boa parte do Paleógeno, o mundo era quente e úmido. No fim do Neógeno, que encerra a Era Terciária, o planeta começou a esfriar lentamente à medida em que a Antártica congelava e as correntes oceânicas do Sul se tornavam mais frias.

II. Quaternário – É o período Superior do Cenozóico e abrange as seguintes épocas:

1. Pleistoceno – 1,8 milhão-10 mil anos. Corresponde ao Paleolítico Inferior, Médio e Superior: espécies humanas primitivas – linguagem falada, conhecimento do fogo, sepultamento dos mortos, armas e utensílios de pedra –; migrações das espécies do gênero Homo; domínio do Homo Sapiens Sapiens; revolução criativa do Homem e Homem Moderno.

Há 40 mil anos, os continentes estavam praticamente nas suas posições atuais.

Por quatro vezes, no Pleistoceno, os gelos subiram e desceram no Hemisfério

Norte. No último milhão de anos, houve quatro grandes glaciações.

2. Holoceno ou Recente – 10 mil anos atrás até os dias atuais: animais e tipos humanos modernos; correspondente ao

Neolítico, ao início da sedentarização dos grupos humanos.

Homem civilizado – agricultura, domesticação dos animais, metalurgia, construção de cidades, instituições, navegação, escrita, arte, ciências, tecnologia, literatura, religiões etc.

No Quaternário, durante o Pleistoceno, ocorreram as grandes glaciações e a evolução do homem moderno.

3. As glaciações do Quaternário

Glaciações são períodos em que a temperatura de toda a atmosfera do planeta baixa, fazendo avançar as calotas polares em direção ao equador. Esses rápidos avanços, que recobrem continentes inteiros, são fenômenos curtos em termos geológicos, visto que uma glaciação pode durar 100 mil anos.

No último milhão de anos houve quatro glaciações; das anteriores, há apenas indicações vagas. Seus vestígios perderam-se, embora não haja motivos para crer que elas não tenham existido. Houve, certamente, inúmeras glaciações ao longo da

Pleistoceno – 1,8 milhão-10 mil anos: espécies humanas primitivas – linguagem falada, conhecimento do fogo, sepultamento dos mortos, armas e utensílios de pedra. Há 40 mil anos, os continentes estavam praticamente nas suas posições atuais

Holoceno ou Recente – 10 mil anos atrás até os dias atuais: animais e tipos humanos modernos; correspondente ao Neolítico, ao início da sedentarização dos grupos humanos

história da Terra, mas os territórios sobre os quais elas se estenderam não guardam mais seus traços ou vestígios.

A Terra vive agora o fim da última glaciação, chamada Würms. Ela começou há 100 mil anos e, depois de ter coberto de gelo parte do continente norte-americano e a Escandinávia e ter atingido os Alpes e o Himalaia, iniciou sua lenta retirada em direção ao Norte. Retirada que, segundo parece, ainda está em curso. Essa glaciação foi precedida de três outras que ocorreram durante o Quaternário (Figura 18).

Existem várias hipóteses explicativas das glaciações, porém nenhuma atende completamente às necessidades requeridas pelos cientistas. Na verdade, ainda não se sabe se a época – e a situação – atual da Terra é ou não uma época interglacial.

Entre as hipóteses existentes, uma delas foi explicada, no início do século XX, pelo matemático iugoslavo (hoje croata) Milutin Milankovic: já se sabe, há muito tempo, que a órbita terrestre ao redor do Sol não é circular, e sim elíptica. Também é sabido que o formato da órbita muda a cada 96 mil anos – a órbita, algumas vezes, é quase circular; outras, mais alongada. Além disso,

A coluna mostra as divisões do Quaternário em Holoceno (recente) e Pleistoceno, ou “Era Glacial”. As glaciações americana e europeia não correspondem de forma exata. Os nomes Würms, Riss, Mindel e Gunz derivam de rios alpinos em cujas regiões foram efetuados os estudos principais destas glaciações na Europa. Na América, a glaciação gunziana é conhecida como nebraskiana; a mendeliana é dita canziana; a rissiana é dita do Illinois; e a Würmiana, do Wisconsin. As faixas verdes representam as épocas de avanço do gelo e as marrons as épocas interglaciais.



Figura 18

a Terra é inclinada em relação ao Sol, e o ângulo de inclinação varia periodicamente. Por fim, conforme a Terra gira, ela oscila, o que se chama precessão. Esses três tipos de mudança, segundo Milankovic, afetam o clima, porque afetam a distância entre a Terra e o Sol e o ângulo em que os raios solares atingem a Terra. A combinação desses três efeitos, certamente, irá fazer com que a Terra fique mais quente e depois mais fria, em intervalos de aproximadamente 100 mil anos. Este efeito se superpõe à tempe-

ratura geral da Terra, que é determinada, em grande parte, pela quantidade de CO₂ e outros gases que provocam o efeito estufa na atmosfera, pela configuração dos continentes, pelo fluxo das correntes oceânicas, pela quantidade de gelo e pelo albedo.

Outra hipótese pressupõe que possa ter ocorrido uma espécie de “explosão” na energia que, normalmente, o Sol fornece à Terra, o que faria tanto aumentar consideravelmente a evaporação dos mares quanto crescer a agitação na atmosfera – os ventos. Duas coisas então aconteceriam: os ventos transportariam muito mais água evaporada para os polos, aumentando a precipitação da neve nessas áreas; e a capa de neve ficaria protegida dos raios solares pela nebulosidade, diminuindo o ritmo de dissolução. Assim, enquanto durassem essas condições, os ventos trariam mais neve, que permaneceria por mais tempo

nas geleiras. Outras hipóteses poderiam ser chamadas de geográficas-geológicas: a temperatura superficial do planeta teria abaixado porque, em certos períodos, o vulcanismo e os processos geodinâmicos da costa teriam lançado grandes quantidades de poeira, ou de dióxido de carbono (CO₂), e de outros gases na atmosfera, provocando também alterações relacionadas com deriva continental, com a mudança de forma nas bacias oceânicas que possam levar a um esfriamento acentuado atribuído à variação das correntes marinhas profundas.

Na realidade, desde o Arqueano, a Terra tem sofrido inúmeras variações climáticas provocadas tanto pelos períodos glaciais quanto pelas movimentações das massas continentais que, por diversas vezes, alteraram a configuração dos contornos continentais, a direção das correntes oceânicas e a temperatura do planeta, ocasionando inúmeras extinções em grande parte de sua biomassa.

Finalmente, as glaciações mais curtas, responsáveis pelos ciclos de 19 mil e 24 mil anos, podem ter como causa uma ligeira oscilação na rotação da Terra. Isso ocorre porque a Terra não é esférica, mas tem uma leve saliência no equador, a qual afeta a duração dos equinócios – épocas do ano em que a Terra está mais distante do Sol.

O Antropoceno – a partir da década de 70 do século passado, começou-se a perceber com maior clareza a existência de sérios problemas ambientais no mundo moderno, os quais, com o desenvolvimento industrial acelerado, foram se agravando acentuadamente

O ANTROPOCENO

Aproximadamente a partir da década de 70 do século passado, começou-se a perceber

com maior clareza a existência de sérios problemas ambientais no mundo moderno, os quais, com o desenvolvimento industrial acelerado, foram se agravando acentuadamente.

Efetivamente, com uma população humana de cerca de 7 bilhões, e sempre em crescimento, torna-se muito difícil manter o equilíbrio necessário entre as diferentes partes física e biológica do amplo ecossistema que compõe a Terra. Para uma população dessa ordem, as suas necessidades de alimentação, moradia, vestimenta, transporte, trabalho, lazer e de bens de

toda espécie têm sido a causa principal dos desequilíbrios e da degradação ambiental. A expansão urbana, com a construção de grandes metrópoles e bairros periféricos, a rede viária, a industrialização acelerada, o agronegócio, a pecuária, o aterro dos rios e manguezais, o lixo, a grilagem de terras, o garimpo e toda uma extensa área de atividades do homem, lícitas ou ilícitas, foram quase sempre realizadas sem a mínima preocupação com as questões ambientais.

Os problemas ambientais, porém, não são problemas que possamos considerar isolados. Eles são, na realidade, os indicadores da pressão coletiva que a atividade humana, como um todo, exerce sobre o planeta. E a melhor maneira de entender essa nova visão dos problemas ambientais é o conceito de Antropoceno, criado no início dos anos 1980 pelo biólogo americano Eugene F. Stoermer para definir

o impacto da ação humana sobre a Terra, numa referência à maneira como os geólogos definem as várias eras, períodos, épocas e idades pelas quais o planeta passou durante os seus cerca de 4,6 bilhões de anos de existência.

Até o início dos anos 2000, pouca referência houve sobre o Antropoceno, até que o cientista holandês Paul Crutzen, Prêmio Nobel de Química de 1995, e o próprio Stoermer publicaram dois artigos, primeiro em um boletim do Programa Internacional para a Geosfera- Biosfera (IGBP) e, depois, na prestigiada revista *Nature*, defendendo a adoção do termo Antropoceno para refletir os registros que a Humanidade está deixando em diversos parâmetros usados para determinar a sucessão do tempo ge-

ológico da Terra, como a composição e a temperatura da atmosfera, estabilidade da criosfera, química, nível dos oceanos e biodiversidade.

Diante da aceitabilidade do termo no ambiente acadêmico, a União Internacional de Ciências Geológicas (IOGS) determinou que a Comissão Internacional de Estratigrafia (ICS), seu mais antigo órgão científico, verificasse se o Antropoceno, de fato, reúne características suficientes para figurar na nomenclatura oficial do tempo geológico da Terra, sucedendo ao atual Holoceno, iniciado há 11,7 mil anos, no fim da última Idade do Gelo. O objetivo é ter uma pro-

posta pronta para ser apreciada no próximo Congresso Internacional de Geologia, em 2016, na África do Sul.

O Antropoceno pode, então, ser considerado ou entendido como o momento no qual a espécie humana deixa de ser considerada uma espécie

animal como outra qualquer e passar a ser um agente geológico global, influenciando decisivamente todos os componentes do ecossistema terrestre: atmosfera, biosfera etc.

Uma leitura histórica abrangente do Antropoceno passa por uma visão de três etapas. A primeira é a de como ele teria começado, com base em registros geológicos verificáveis. Entre as possibilidades, estão a formação da era industrial, de 1800 a 1945, que elevou a concentração de gases-estufa e outros poluentes na atmosfera, e a explosão das primeiras bombas atômicas nos anos 1940, as quais espalharam elementos radioativos pelo planeta. A segunda, que vem sendo chamada de “Grande Aceleração”, vai de 1950 a 2000, quando a população

Devido à ação do homem, o mundo no século XX mudou mais do que mudara no decurso de milhões de anos e, no século XXI, certamente, mudará ainda mais

humana passou de 3 para 6 bilhões de pessoas e o número de automóveis de 40 para 800 milhões, e em que um grupo de 2 bilhões de pessoas, com um padrão de consumo muito alto, apropria-se de quase todos os benefícios materiais, enquanto 4 bilhões vivem na pobreza e 1 bilhão na mais absoluta miséria. A terceira fase, a partir de 2000, é o momento em que a Humanidade precisa equacionar todas as distorções e todos os problemas, de maneira consciente, desenvolvendo instituições e políticas globais que atuem no sentido de encontrar o caminho da sustentabilidade. É o “Antropoceno consciente de si mesmo”.

PALAVRAS FINAIS

Durante o longo período de existência do planeta, desde que a vida começou, o clima na Terra tem sofrido períodos de

mudanças, os quais afetaram a distribuição das espécies pelo mundo. Muitos fatores se combinam para provocar essas alterações climáticas – geológicos, oceanográficos, atmosféricos. Entretanto, a maioria deles constitui manifestações de ciclos naturais de mudanças, alguns dos quais ocorrem durante milênios ou éons, alguns durante décadas e outros até em um único ano.

Devido à ação do homem, o mundo no século XX mudou mais do que mudara no decurso de milhões de anos e, no século XXI, certamente, mudará ainda mais.

É provável que o aquecimento global transforme as nossas vidas e, também, a vida da próxima geração. Temos um futuro incerto pela frente. Mesmo assim, o gênero humano, provavelmente, encontrará as soluções mais adequadas para solucionar os problemas que advirão, em um mundo em constantes transformações.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<PSICOSSOCIAL>; História; Terra; Antropologia;

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKKER, Mucio Piragibe Ribeiro de. “A Terra, o Oceano e a Atmosfera. O Clima e o Aquecimento Global (Apontamentos sobre)” – *RMB* Vol 131 n° 01/03. jan/mar 2011.
- CIÊNCIA ILUSTRADA – *História dos Três Reinos da Natureza*, Vols I e II, Abril Cultural, 1969.
- ENCICLOPÉDIA DA TERRA – *Seleções*, 2011.
- GRANDE ENCICLOPÉDIA LAROUSSE CULTURAL, 1998.
- TUDGE, COLIN *O Elo*, Rio de Janeiro, Agir, 2010.

Observações:

- 1- As figuras e os mapas que ilustram estas notas foram retirados da publicação *Ciência Ilustrada*.
- 2- O texto sobre o Eoceno, especialmente o que se refere ao aquecimento no período e ao esfriamento após o período, foi adaptado do livro *O Elo*, de Colin Tudge.