

Tempo Geológico

Geólogo Paulo César Manzig

O homem é a medida de todas as coisas

O ser humano é um animal consciente da sua própria existência. Percebemos que habitamos um corpo, e que este habita um ambiente externo a ele. A nossa relação com esse mundo exterior é, basicamente, uma relação de espaço e tempo. E ela interfere na percepção que temos da vida, pelas sensações que nos provoca de alegria ou dor, bem estar ou angústia, grande ou pequeno, longe ou perto, e por aí vai. Com a invenção da matemática criamos um código que nos permitiu expressar essa relação com mais acuidade. Grande deixou de ser um conceito subjetivo e passou a ser designado por tantos braços, tantos pés, tantos metros. Longe se transformou em tantas léguas, tantos quilômetros. Dividimos também o tempo e os dias ganharam horas e as horas minutos, e criamos o calendário para medidas mais distantes no passado ou futuro. Mas sempre tivemos como referencial dessas medidas, a escala humana. Por isso se diz que "O homem é a medida de todas as coisas." E nada melhor que o bem conhecido desenho Leonardo da Vinci para ilustrar este conceito. Ouando nos referimos aos eventos ocorridos há 2.000 anos, e que constituiram o marco zero do calendário atualmente usado pela cultura ocidental, podemos imaginar que estamos falando de um intervalo de tempo pelo qual já passaram cerca de 40 gerações. Só isso? Sim, só isso: 40 gerações. Desse ponto de vista 2.000 anos não nos parece muito. Espaço e tempo são conceitos relativos. A distância entre a Terra e a Lua é de 384.400 km, ou dizendo de outra forma, caberiam 30 Terras alinhadas entre suas órbitas. Tem gente que já viajou mais do que isso. Desse prisma, a Lua não fica tão longe assim. Quando encaixamos esses valores dentro da nossa escala de medida e percepção sensorial, conseguimos fazer uma avaliação razoável dessas

grandezas. Mas quando esses valores extrapolam os limites da experiência humana, o homem não é mais a medida de todas as coisas. Dois exemplos notáveis: a Escala Cósmica e o Tempo Geológico.

Por Escala Cósmica entendemos as distâncias das quais se ocupam os astrônomos. A estrela mais próxima, Alfa-Centauro, está a 4 anos-luz, e a galáxia de Andrômeda dista de nós 2 milhões e 400 mil anos-luz. Podemos imaginar o significado desses números? Por Tempo Geológico definimos as eras que se passaram bem antes do advento da humanidade, e aí mergulhamos num poço profundo de tempo que se conta por milhões e milhões de anos, até a formação do sistema solar e dos planetas há 4 bilhões e 600 milhões de anos atrás. É tempo além da imaginação! Mais do que suficiente para que a evolução da vida e as mutações genéticas dela decorrentes, produzissem todas as



formas de organismos vivos, para chegar até mim, que escrevi este texto, e até você que o está lendo neste momento. Vamos ver então, como os geólogos conceberam essa escala de tempo, para marcar os eventos da História da Terra, onde se perdem nossas origens mais remotas.

O tempo na escala humana

O diagrama desta página resume os conceitos de História e Pré-História, referindo-se aos eventos que antecederam ao aparecimento da escrita (há cerca de 6.000 anos), como eventos da Pré-História, e aqueles que vieram após os registros escritos como sendo a História.

É uma questão polêmica conceituar a caminhada do Homem desta maneira, pois reflete uma visão fortemente influenciada pelo padrões europeus de civilização, que exclui o conteúdo humanístico de outros povos e suas

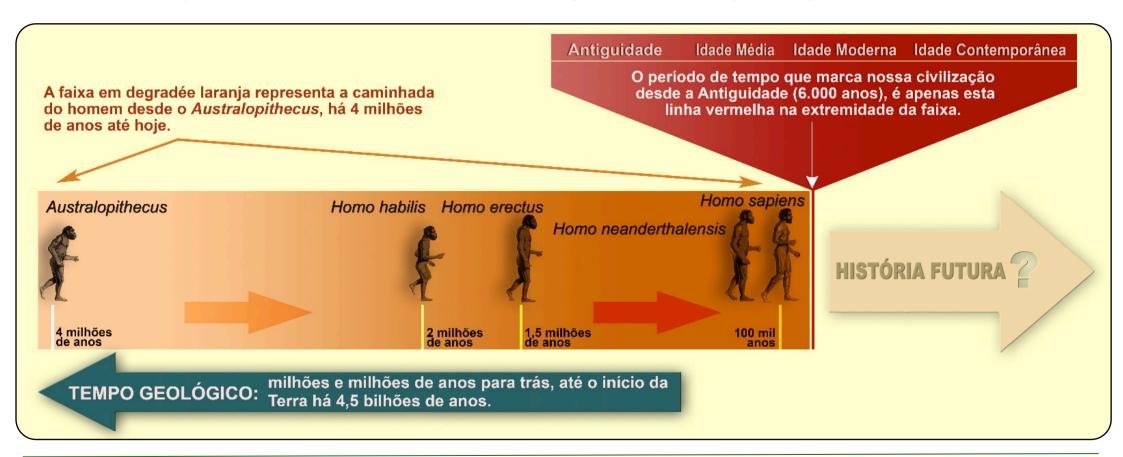
culturas com valores diferentes daqueles do padrão cristão-ocidental. Entretanto, polêmicas conceituais `a parte, este modelo pode nos servir como um ponto de partida para a introdução ao conceito de tempo geológico, uma idéia que transcende nossa percepção da História.

A faixa em degradée laranja mostra esse percurso de 4 milhões de anos, desde o *Australopithecus* até nós, o *Homo sapiens*. Observe que na extremidade direita da faixa desenha-se uma estreita linha vermelha. Essa

linha, que quase foje aos olhos, condensa os últimos 6 mil anos da Humanidade, contados a partir do advento da escrita, na antiga Mesopotâmia. O que chama atenção neste esquema é a imensa quantidade de tempo que a evolução biológica dispôs para chegar até nossa espécie há cerca de 100 mil anos atrás. No total, foram necessários 4 milhões de anos para que pudéssemos descer das árvores, caminhar em pé, e colher as primeiras sementes. A seta mais abaixo, aponta para muito mais atrás, para o Tempo

Geológico, que veremos na próxima página.

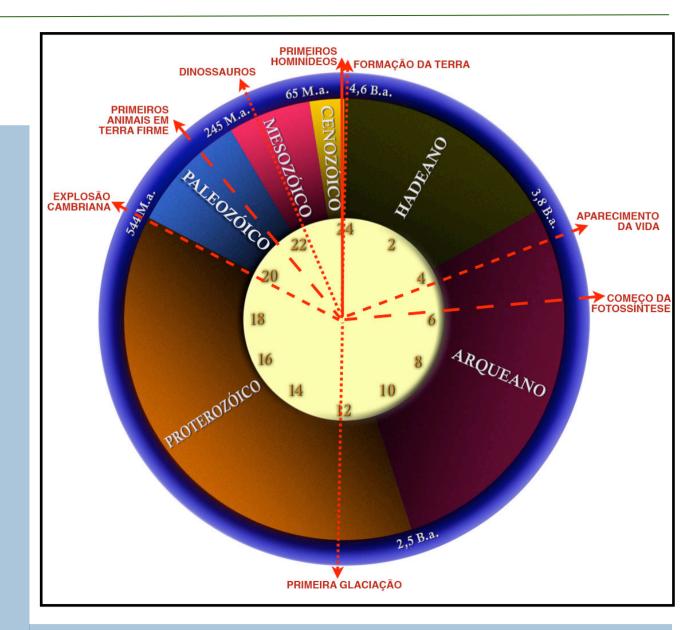
Para terem uma referência de tempo, culturas diversas utilizaram variadas formas de calendário. O mundo ocidental adotou o Calendário Gregoriano, e considera o nascimento de Cristo como seu marco inicial. Assim, nos referimos aos acontecimentos como ocorridos antes ou depois de Cristo. E o tempo passado pode ser contado em anos, séculos ou milênios, conforme a nossa conveniência.



Um estranho relógio

Para desenhar o Tempo Geológico, os geólogos optaram por uma representação diferente, onde as partes não são iguais como nos calendários, mas estão referidas principalmente a eventos bem caracterizados da História da Terra. Essas partes foram chamadas de Eras, e estas foram divididas em Períodos. Existem outras divisões e subdivisões mais complexas, mas de maior uso no meio científico para estudos de estratigrafia. Para nós entretanto, o entendimento das Eras e Períodos é mais do que suficiente

Se fóssemos condensar a História da Terra no período de um único dia, desde o seu início até hoje, começando `as 24:00 hs e terminando `as 24:00 hs do dia seguinte, teríamos uma visualização fascinante de como é recente a nossa passagem por aqui. Os primeiros hominídeos apareceriam faltando apenas 20 segundos para completar o ciclo de 24 horas. Impossível representar graficamente em escala, esse tempo tão breve. Olhando mais atrás no tempo, os eventos relacionados `a vida, como o seu aparecimento há cerca de 3,5 bilhões de anos, a invasão da vida nos mares cambrianos há 544 milhões, os dinossauros há 200 milhões etc, fica claro que a evolução das formas vivas se processou numa escala de tempo muito extensa para a nossa compreensão.



Para assimilar o conceito de Tempo Geológico, é preciso tempo e reflexão, e principalmente uma mente aberta para novas descobertas. Nas próximas páginas vamos mergulhar nesse poço escuro do passado, `a procura de nós mesmos.

Uma explosão de vida



A faixa em degradée verde sintetiza o Tempo Geológico, desde a formação da Terra há 4,5 bilhões de anos até hoje. Para focar naquilo que realmente importa, vamos adotar um marco zero, como no calendário, mas sem contar o tempo em anos antes ou anos depois; em geologia a contagem do tempo é sempre retroativa. No canto direito da faixa existe uma sequência de três faixas em verde vivo denominadas de Era Paleozóica, Era Mesozóica e Era Cenozóica. Elas iniciam a partir de uma linha contínua em vermelho com a marca 544.milhões de anos. Aqui é o nosso

marco zero, que não foi escolhido ao acaso. Ele marca o início do Período CAMBRIANO (o primeiro período da Era Paleozóica), quando ocorreu um evento muito significativo: a vida invadiu os oceanos primitivos com uma irradiação espetacular de novas espécies. Não havia até então condições atmosféricas apropriadas para a disseminação da vida em terra firme, mas nos mares ela multiplicou-se numa infinidade de formas, e surgiram os primeiros animais com partes duras que se fossilizaram. Aumentam gradativamente os níveis de oxigênio na atmosfera, e a partir de então os fósseis

são abundantes em todos os períodos posteriores, com a vida começando a invadir os continentes. Os cientistas chamam a este evento de Explosão Cambriana. Os tempos anteriores ao Cambriano, são referidos genéricamente como PRÉ-CAMBRIANO, que também apresenta suas subdivisões, mas que fogem ao escopo deste artigo. O Pré-Cambriano é uma larga faixa de tempo que vai de 544 M.a. até a formação da Terra. Sabe-se que a vida apareceu há 3,5 bilhões de anos na forma microbiótica, mas os fósseis no Pré-Cambriano são muito raros, o que dificulta o trabalho de interpretação

da geologia nessa época. Mas a partir do nosso marco zero, o Cambriano, os registros são confiáveis e a Geologia Histórica pode traçar um perfil acurado da Terra desde então. Insisto novamente na observação de um ponto fundamental: a enorme quantidade de tempo que os organismos dispuseram para evoluir. Do início da vida unicelular, até que esta chegue aos primeiros seres multicelulares, foram 3 bilhões de anos! Tente fazer um exercício mental e veja se é possível imaginar o significado desse número.

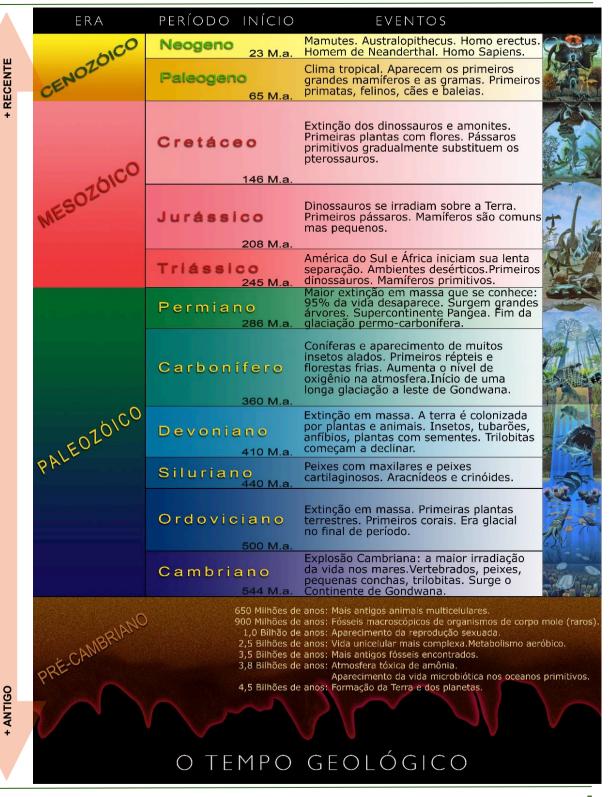
As colunas do Tempo Geológico

Existem diversas formas gráficas de representar o Tempo Geológico. A que apresentamos ao lado é a mais tradicional e é utilizada em diversas publicacões, por ser de leitura direta e de fácil compreensão. Ouatro colunas verticais mostram as idades geológicas, dispondo as mais antigas na base e as mais recentes no topo. Observe que as colunas iniciam na marca de 544 M.a. Abaixo desta marca está o Pré-Cambriano indiviso, ou seia, sem representação de suas subdivisões. As colunas registram, da esquerda para a direita, as eras, os períodos, a idade de início de cada período, e um resumo dos principais eventos que caracterizam o período. As faixas horizontais onde se situam os períodos e as eras tem larguras diferenciadas, por que estão em escala, para que você possa visualizar melhor a duração de tempo para períodos diferentes. Assim fica fácil ver, por exemplo, que o Triássico teve uma duração de 37 M.a., enquanto que o Carbonífero durou 74 M.a., portanto duas vezes mais longo. O Pré-Cambriano porém, tem uma representação apenas indicativa e sem escala, pois faltaria espaço para situar em escala um lapso de tempo de 4 bilhões de anos. Seria preciso usar 8 páginas para fazer isso. Agora dê uma olhada na tabela do Tempo Geológico e procure formar uma idéia sobre ela. Uma ilustração no lado direito, exibe a diversificação da vida a partir do Cambriano até o Neogeno (tempo atual). Voltaremos adiante com mais informações.

As Eras Geológicas que você acabou de conhecer tem os seus nomes originados etimológicamente do idioma grego, e poderiam ser traduzidas por: vida antiga (Paleozóico), vida média (Mesozóico) e vida recente (Cenozóico), nominações apropriadas aos tipos de faunas caracterizadoras de cada era.

O Paleozóico reúne todos aqueles períodos da História da Terra em que a vida se expandiu nos mares para depois invadir os continentes através dos primeiros peixes-anfíbios, depois anfíbios e sua evolução para répteis.

Os anfíbios reproduziam-se através de ovos sem casca, e portanto dependentes de meio aquoso para seu desenvolvimento.



ERA	PERÍODO INÍCIO	EVENTOS
SICO	Neogeno 23 M.a.	Mamutes. Australopithecus. Homo erectus. Homem de Neanderthal. Homo Sapiens.
CENOZOICO	Paleogeno 65 M.a.	Clima tropical. Aparecem os primeiros grandes mamíferos e as gramas. Primeiros primatas, felinos, cães e baleias.
	Cretáceo 146 M.a.	Extinção dos dinossauros e amonites. Primeiras plantas com flores. Pássaros primitivos gradualmente substituem os pterossauros.
MESOZÓICO	Jurássico 208 M.a.	Dinossauros se irradiam sobre a Terra. Primeiros pássaros. Mamíferos são comuns mas pequenos.
	Triássico 245 M.a.	América do Sul e África iniciam sua lenta separação. Ambientes desérticos.Primeiros dinossauros. Mamíferos primitivos.
	Permiano 286 M.a.	Maior extinção em massa que se conhece: 95% da vida desaparece. Surgem grandes árvores. Supercontinente Pangea. Fim da glaciação permo-carbonífera.
PALEOZÓICO	Carbonífero 360 M.a.	Coníferas e aparecimento de muitos insetos alados. Primeiros répteis e florestas frias. Aumenta o nível de oxigênio na atmosfera.Início de uma longa glaciação a leste de Gondwana.
	Devoniano 410 M.a.	Extinção em massa. A terra é colonizada por plantas e animais. Insetos, tubarões, anfíbios, plantas com sementes. Trilobitas começam a declinar.
PAL	Siluriano 440 M.a.	Peixes com maxilares e peixes cartilaginosos. Aracnídeos e crinóides.
	Ordoviciano 500 M.a.	Extinção em massa. Primeiras plantas terrestres. Primeiros corais. Era glacial no final de período.
	Cambriano 544 M.a.	Explosão Cambriana: a maior irradiação da vida nos mares. Vertebrados, peixes, pequenas conchas, trilobitas. Surge o Continente de Gondwana.
650 Milhões de anos: Mais antigos animais multicelulares. 900 Milhões de anos: Fósseis macroscópicos de organismos de corpo mole (raros). 1,0 Bilhão de anos: Aparecimento da reprodução sexuada. 2,5 Bilhões de anos: Vida unicelular mais complexa. Metabolismo aeróbico. 3,5 Bilhões de anos: Mais antigos fósseis encontrados. 3,8 Bilhões de anos: Atmosfera tóxica de amônia. Aparecimento da vida microbiótica nos oceanos primitivos. 4,5 Bilhões de anos: Formação da Terra e dos planetas.		
	ОТЕМРО	GEOLÓGICO

As colunas do Tempo Geológico (cont.)

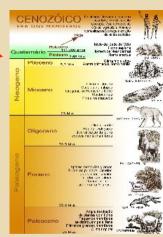
Não podiam assim afastar-se muito da linha d'água. No decurso da evolução surgem os répteis, com uma espetacular revolução biológica: a produção de ovos com casca, que lhes permitiu incursões mais longas para dentro dos continentes. Tudo isto aconteceu Paleozóico. Os dinossauros, entretanto, ainda não haviam evoluído, só viriam a aparecer muito tempo depois. Os registros fósseis indicam que ao final do Período Permiano ocorreu uma grande extinção em massa, e a vida na Terra foi eliminada em 95% das espécies existentes. É o fim da Era Paleozóica.

O Mesozóico começa assim num ambiente devastado, mas a fauna remanescente ocupa os nichos ecológicos deixados pelas espécies desaparecidas e evolui para o aparecimento dos primeiros dinossauros, ainda no Período Triássico, e que dominaram completamente todos os ambientes em terra, água e ar, a partir do Jurássico, que deu nome ao filme Iurassic Park. Ao final do Cretáceo, há 65 M.a., os dinossauros são totalmente extintos, provavelmente devido aos efeitos sobre o clima do impacto de um grande meteoro, na região onde atualmente se situa o Golfo do México.

É o início de uma nova era, o Cenozóico, também chamado de Era dos Mamíferos, a qual merece uma visualização `a parte pela importância que tem para nós, os seres humanos.



Na próxima página, apresentamos um quadro com mais detalhe da Era Cenozóica.também conhecida como Era dos Mamiferos. importante por ter modelado a fauna atual do planeta.



Mamutes e Tigres de Dentes de Sabre, Humanos e cavalos, cachorros e gatos

Os mamíferos mais primitivos que se conhecem surgiram lá atrás no Triássico, há cerca de 230 M.a. Eram animais pequenos e tiveram pouca importância durante o Mesozóico. Mas com o fim dos dinossauros, eles encontraram na Era Cenozóica as condições de que precisavam para sua ampla diversificação e distribuição por todos os continentes e mares, estabelecendo a fauna que conhecemos hoje, inclusive nós mesmos.

O Cenozóico até há pouco compreendia dois períodos, o Terciário e o Quaternário, divididos ambos em épocas. Recentemente optou-se por uma renomeação do termo Terciário, que passou a ser designado pelos períodos Paleogeno e Neogeno. Manteve-se contudo a designação de Quaternário para o último período da Era Cenozóica.

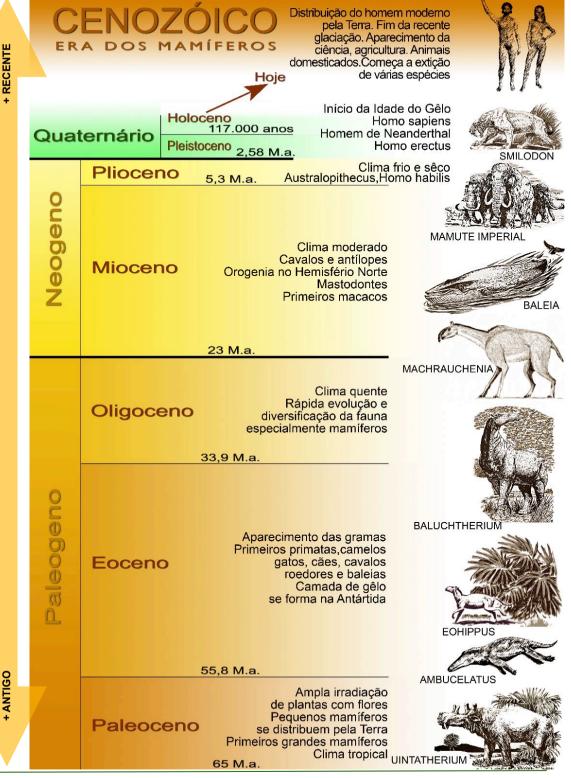
Na coluna do Tempo Geológico da página anterior, não foi possível dar mais visibilidade ao Cenozóico em função da escala adotada. O diagrama `a direita, porém, está todo dedicado `a Era Cenozóica. Observe que os períodos estão divididos em épocas: Paleoceno, Eoceno, Oligoceno, Mioceno, Plioceno, Pleistoceno e Holoceno.

Particularmente importante é o estudo do Plioceno e Pleistoceno,

épocas em que se desenvolve a evolução de antigos primatas para hominídeos (Australopithecus), e destes para o gênero Homo e as várias espécies que você certamente já conhece como habilis, erectus, neanderthalensis. Depois vem a gente, o Homo sapiens.

O Cenozóico também foi palco de grandes mamíferos aue desapareceram como os mamutes, mastodontes, megatérios, glyptodontes. baluchtheriums. uintatheriums e tantos outros. Foi nele que surgiram as baleias e evoluiram os cavalos a partir do Eohippus, um pequeno quadrúpede do tamanho de um cachorro. E o Cenozóico marca também o início das primeiras extinções provocadas pela ação do homem. Examine agora o quadro ao lado, que mostra os eventos evolutivos mais importantes da Era Cenozóica.

A lógica da Paleontologia evolucionária é que você não encontrará gatos no Permiano, nem dinossauros no Mioceno. Procure um réptil fóssil no Cambriano. Não vai achar nada. Por que a História da Terra caminha lado a lado com a Evolução da Vida.



Três eras e suas marcas

PALEOZÓICO



Os fósseis de Trilobitas são como uma marca registrada do período Cambriano, pois dominaram completamente os mares daquela época. Trilobitas foram artrópodes marinhos (como os caranguejos e as lagostas), que se multiplicaram rapidamente e se diferenciaram em cerca de 15.000 espécies. Essa grande quantidade e sua ampla distribuição geográfica, fizeram dos trilobitas fósseis importantíssimos para a ciência, na investigação de sua linha evolucionária. Os primeiros eram cegos, e depois começaram a aparecer espécies com olhos. Estão entre os primeiros animais que desenvolveram um sistema de visão complexo com olhos multifacetados. Hoje os trilobitas estão completamente extintos, mas habitaram este planeta por quase 300 milhões de anos.

MESOZÓICO



Dinossauros dominaram a Terra durante 135 milhões de anos, do Triássico ao Cretáceo. Embora extintos há 65 M.a., os cientistas sempre suspeitaram de que eles deixaram um legado fascinante: as aves. A evolução de dinossauros para aves nunca havia sido provada satisfatoriamente, mas com a descoberta na China de fósseis de dinossauros com penas (o Microraptor), a idéia recuperou terreno e cada vez mais vão aparecendo evidências favoráveis a essa hipótese. Importante para nós é saber que os primeiros dinossauros podem ter surgido a princípio na América do Sul, mais precisamente na Patagônia argentina e no Rio Grande do Sul, informação esta que poucos brasileiros conhecem. Fósseis no Brasil, devem existir muitos, mas pouco investimento para desenterrá-los.

CENOZÓICO

A Era dos Mamíferos é rica em espécies que deixaram sua marca, mamutes por exemplo. O marco evolutivo todavia, é sem dúvida a transformação de primatas primitivos



em Hominídeos, e

estes em humanos. A crianca na foto nos parece tão humana, mas pertence a outra espécie já extinta. É uma Neanderthal, que foi reconstruída através de técnicas modernas de tomografia computadorizada em 3D, um recurso que vem permitindo reconstruir o passado de nossos ancestrais. Para saber mais sobre esta técnica visite o endereço:

http://arvo.ifi.uzh.ch/staff/zolli/CAP/ Main face.htm

A Paleontologia e a Paleantropologia tem se beneficiado muito com a reconstrução digital de animais para sempre desaparecidos, nos permitindo uma visualização mais clara dos processos de evolução e seleção natural. Mas o Cenozóico ainda não acabou, e talvez nos reserve um evento de maior significância: o nosso próprio fim.