

## Prólogo geral

Como conheceremos o passado? E como o dataremos? Que auxílios visuais nos ajudarão a sondar os teatros da vida em tempos remotos para reconstruir as cenas e os atores, com suas saídas e entradas? A história humana convencional conta com três métodos principais, cujos equivalentes encontraremos na escala temporal maior da evolução. Primeiro temos a arqueologia, o estudo dos ossos, pontas de flecha, fragmentos de cerâmica, monturos de conchas, estatuetas e outras relíquias que resistiram ao tempo e perduram até hoje como testemunhos concretos do passado. Na história evolutiva, as relíquias concretas mais óbvias são ossos e dentes e os *fósseis* em que eles acabam se transformando. Em segundo lugar temos as *reliíquias renovadas*, registros que, apesar de não serem eles próprios antigos, contêm ou incorporam uma cópia ou representação do que existiu em um passado longínquo. Essas relíquias, na história humana, são relatos escritos ou orais que foram transmitidos, repetidos, reimpressos ou de alguma outra forma reproduzidos do passado para o presente. Na evolução, proporei o DNA como a principal relíquia renovada, equivalente a um registro escrito e recopiado. Em terceiro temos a *triangulação*. Esse nome provém de um método para calcular distâncias pela mensuração de ângulos. Determine uma posição de referência em relação ao seu alvo. Em seguida, ande lateralmente por uma distância medida e marque outra posição de referência. Com base na intercepção dos dois ângulos, calcule a distância do alvo. Alguns telêmetros de câmera usam esse princípio, e os topógrafos, tradicionalmente, fazem o mesmo. Podemos dizer que os evolucionistas "triangulam" um ancestral comparando dois (ou mais) de seus descendentes sobreviventes. Usarei os três tipos de indicadores nessa ordem, começando pelas relíquias concretas, em particular os fósseis.

## FÓSSEIS

Corpos ou ossos podem sobreviver para nossa atenção, depois de, por algum motivo, terem sobrevivido à de hienas, besouros necrófagos e bactérias. O "Homem do Gelo" do Tirol italiano ficou preservado em sua geleira por 5 mil anos. Insetos permaneceram embalsamados em âmbar (resina de árvore petrificada) por 100 milhões de anos. Não havendo o benefício do gelo ou do âmbar, as partes duras como dentes, ossos e conchas são as que têm maior chance de ser preservadas. Os dentes são os mais duráveis porque, para fazer seu trabalho durante a vida do seu dono, precisam ser mais duros do que qualquer coisa que ele provavelmente coma. Ossos e conchas têm de ser duros por razões diferentes, e também podem durar por muito tempo. Às vezes, essas partes duras e, em circunstâncias excepcionalmente propícias, também partes moles, petrificam-se e se transformam em fósseis que duram centenas de milhões de anos.

Apesar do fascínio que exercem os fósseis, é surpreendente que, mesmo sem eles, ainda assim saberíamos muito sobre nosso passado evolutivo. Mesmo que alguém fizesse desaparecer todos os fósseis, o estudo comparativo dos organismos modernos, de como se distribuem entre as espécies seus padrões de semelhanças, especialmente de suas sequências genéticas, e de como as espécies se distribuem entre os continentes e ilhas, demonstraria, sem nenhuma sombra de dúvida sensata, que a nossa história é evolutiva e que todos os seres vivos são primos. Os fósseis são um bônus. Um bônus muito bem-vindo, sem dúvida, mas não essencial. Vale a pena lembrarmos disso quando os criacionistas bradam (como costumam tediosamente fazer) contra as "lacunas" no registro fóssil. Esse registro poderia ser uma colossal lacuna, e mesmo assim as evidências da evolução continuariam esmagadoras. Ao mesmo tempo, se possuíssemos *apenas* os fósseis e nenhuma outra prova, o fato da evolução também seria inquestionavelmente corroborado. Acontece que somos abençoados com as duas coisas.

A palavra fóssil é convencionalmente usada para referir-se a qualquer relíquia com mais de 10 mil anos. Não se trata de uma convenção útil, pois não há nada de especial em um número redondo como 10 mil. Se tivéssemos menos ou mais de dez dedos, reconheceríamos como redondos um conjunto diferente de números. Quando falamos a respeito de um fóssil, queremos dizer normalmente que o material original foi substituído ou infiltrado por um mineral de composição química diferente e, portanto, poderíamos dizer, ganhou uma moratória da morte. Uma impressão da forma original pode ser preservada em pedra por muito tempo, talvez de mistura com parte do material original. Várias são as formas em que isso pode ocorrer. Deixarei os detalhes - um estudo que tecnicamente chamamos de tafonomia - para "O conto do Ergasto".

Quando se começou a descobrir e mapear fósseis, ignorava-se que idade teriam. O máximo que se podia esperar era ordená-los por antiguidade. Essa classificação por idade depende da suposição conhecida como lei da superposição. Por razões óbvias, estratos mais novos jazem acima de estratos mais antigos, a não ser em circunstâncias excepcionais. Essas exceções, embora às vezes causem uma perplexidade temporária, em geral são bem óbvias. Um bloco de rocha antiga contendo fósseis pode ser atirado para cima de um estrato mais novo por uma geleira, por exemplo. Ou uma série de estratos pode ser totalmente revirada, ficando sua ordem vertical exatamente invertida. Podemos lidar com essas anomalias comparando rochas equivalentes em outras partes do mundo. Isso feito, os paleontólogos podem montar a verdadeira sequência de todo o registro fóssil em um quebra-cabeça de sequências sobrepostas encontradas em diferentes partes do mundo. Essa lógica é complicada na prática, mas não

no princípio, pelo fato (ver "O conto do pássaro-elefante") de que o próprio mapa do mundo muda com o passar das eras.

Por que o quebra-cabeça é necessário? Por que não podemos simplesmente escavar até onde quisermos e supor que estamos escavando diretamente em direção ao passado? Ora, porque embora o próprio tempo possa passar de modo uniforme, isso não significa que em qualquer parte do mundo exista uma única sequência de sedimentos depositados continuamente com uniformidade do princípio ao fim ao longo do tempo geológico. Os sítios fossilíferos depositam-se de forma irregular, e quando as condições são adequadas.

Em um dado local e em um dado momento, é muito provável que nenhuma rocha sedimentar e nenhum fóssil estejam se depositando. Mas é muito provável que, em *alguma* parte do mundo, fósseis estejam se depositando em um da do momento. Os paleontólogos andam pelo mundo de sítio em sítio, onde diferentes estratos por acaso se encontram acessíveis próximos à superfície, e tentam montar algo que se aproxime de um registro contínuo. É claro que não é cada paleontólogo que sai percorrendo o mundo de sítio em sítio. Os paleontólogos andam de museu em museu examinando espécimes em gavetas, ou leem revistas e mais revistas especializadas nas bibliotecas universitárias, à procura de descrições escritas de fósseis cujo sítio de descoberta tenha sido cuidadosamente rotulado. E então usam essas descrições para ligar os fragmentos do quebra-cabeça provenientes de diferentes partes do mundo. A tarefa é facilitada pelo fato de que estratos específicos, formados por rochas com propriedades reconhecivelmente características e que costumam abrigar os mesmos tipos de fósseis, repetem-se em diferentes regiões. A rocha devoniana, assim chamada porque de início era conhecida como o "Antigo Arenito Vermelho" do belo condado de Devon, aflora em várias outras partes das Ilhas Britânicas, na Alemanha, Groenlândia, América do Norte e em outros lugares. As rochas devonianas são reconhecíveis como devonianas onde quer que possam ser encontradas, em parte devido à qualidade da rocha, mas também em razão das evidências internas dos fósseis nela contidos. Parece um argumento circular, mas na verdade não é, assim como também não é quando um estudioso, com base em evidências internas, reconhece um "Manuscrito do Mar Morto" como sendo um fragmento do "Primeiro Livro de Samuel". As rochas devonianas são assim classificadas graças à presença de certos fósseis característicos.

O mesmo vale para as rochas de outros períodos geológicos até a época dos primeiros fósseis de corpo duro. Do remoto Cambriano ao presente Holoceno, os períodos geológicos esquematizados na Ilustração 1 são separados principalmente com base nas mudanças do registro fóssil. Em consequência, em vários casos o fim de um período e o começo de outro é delimitado por extinções que visivelmente interrompem a continuidade dos fósseis. Como ressaltou Stephen Jay Gould, nenhum paleontólogo tem dificuldade para identificar se um fragmento de rocha jaz antes ou depois da grande extinção em massa do fim do Permiano. Quase não há coincidência nos tipos de animais. De fato, os fósseis (especialmente os microfósseis) são tão úteis para classificar e datar as rochas que as indústrias do petróleo e da mineração estão entre os que mais recorrem a eles.

Assim, essa "datação relativa" tem sido possível há muito tempo montando-se verticalmente o quebra-cabeça de rochas. Os períodos geológicos foram nomeados com o objetivo de fazer a datação relativa, antes que a datação absoluta se tornasse possível. E eles ainda são úteis. Mas é mais difícil fazer a datação relativa de rochas em que os fósseis são escassos - e entre essas estão todas as rochas mais antigas que o Cambriano: os primeiros oito nonos da história da Terra (ver Ilustração 1).

A datação relativa teve de esperar pelos avanços recentes da física, especialmente a física da radioatividade. Isso requer uma explicação, cujos detalhes ficarão para "O conto da sequoia". Por ora, basta saber que contamos com um conjunto de métodos confiáveis para determinar a data absoluta dos fósseis e das rochas que os contêm ou os envolvem. Além disso, diferentes métodos desse conjunto fornecem sensibilidade através de todo o espectro de idades: centenas de anos (anéis de árvores), milhares (carbono 14), milhões, centenas de milhões (urânio-tório-chumbo) e até bilhões de anos (potássio-argônio).

## RELÍQUIAS RENOVADAS

Os fósseis, assim como os espécimes arqueológicos, são relíquias mais ou menos diretas do passado. Trataremos agora da nossa segunda categoria de provas históricas, as relíquias *renovadas*, copiadas sucessivamente ao longo das gerações. Para os historiadores da vida humana, isso pode significar relatos de testemunhas oculares, transmitidos por tradição oral ou em documentos escritos. Não podemos perguntar a nenhuma testemunha viva como era a vida na Inglaterra no século XIV, mas a conhecemos graças a documentos escritos, entre eles os de Chaucer. Eles contêm informações que foram copiadas, impressas, guardadas em bibliotecas, reimpressas e distribuídas para que as lêssemos hoje. Quando uma história é impressa ou, em nossos dias, inserida em algum meio eletrônico, cópias dessa história têm boas chances de perpetuar-se até um futuro distante.

Registros escritos são muitíssimo mais confiáveis do que tradições orais. Poderíamos pensar que cada geração de filhos, conhecendo seus pais tão bem como a maioria dos filhos conhece, ouviria as detalhadas reminiscências de seus genitores e as transmitiria à geração seguinte. Dali a cinco gerações, poderíamos pensar, uma volumosa tradição oral deveria ter sobrevivido. Eu me lembro claramente dos meus quatro avós, mas dos meus oito bisavós só conheço um punhado de relatos fragmentados. Um bisavô costumava cantar um versinho sem pé nem cabeça (que eu também sei cantar), mas só quando

amarrava os cordões das botas. Outro gostava de se empanturrar de creme e virava o tabuleiro de xadrez quando estava perdendo a partida. Um terceiro era médico na zona rural. E não sei praticamente mais nada. Como oito vidas inteiras acabaram tão reduzidas? Se a cadeia de informantes que nos liga retrospectivamente às testemunhas oculares parece tão curta e a conversação humana tão rica, como todos aqueles milhares de detalhes pessoais que compuseram a vida de oito indivíduos humanos puderam ser esquecidos com tamanha rapidez?

Infelizmente, a tradição oral esvai-se quase de imediato, a menos que seja consagrada em recitações bárdicas como as que Homero por fim registrou por escrito. Mesmo assim, a história está longe de ser exata. Ela degenera em absurdos e falsidades depois de pouquíssimas gerações. Fatos históricos sobre heróis, vilões, animais e vulcões reais bem depressa se degradam (ou florescem, alguns podem achar) em mitos sobre semideuses, demônios, centauros e dragões cuspidores de fogo. Mas as tradições orais e suas imperfeições não são problema para nós, pois não têm mesmo equivalentes na história evolutiva. A escrita é um avanço colossal. O papel, o papiro e até as lâminas de pedra podem desgastar-se ou deteriorar-se, mas os registros escritos têm o potencial de ser copiados com precisão por um número indefinido de gerações, ainda que na prática a exatidão não seja total. Devo explicar o sentido especial em que uso o termo "exatidão" e, inclusive, o sentido especial em que uso o termo "gerações". Se você me der uma mensagem manuscrita e eu a copiar e passar para uma terceira pessoa (a terceira "geração" copiada), não será uma réplica exata, pois a minha caligrafia é diferente da sua. Mas se você escrever com esmero e eu fizer corresponder cada um dos seus traços exatamente a um traço do nosso alfabeto comum, sua mensagem tem uma boa chance de ser copiada por mim com total exatidão. Em teoria, essa exatidão poderia ser preservada por um número indefinido de "gerações" de escribas. Uma vez que existe um alfabeto descontínuo aceito pelo escritor e pelo leitor, copiar permite que uma mensagem sobreviva à destruição do original. Essa propriedade da escrita pode ser chamada de "auto normalizadora". Ela funciona porque as letras de um verdadeiro alfabeto são descontínuas. Esse argumento, que faz lembrar a distinção entre códigos analógicos e digitais, requer mais explicação. O inglês tem uma consoante com um som intermediário entre o "c" e o "g" oclusivo (é o "c" oclusivo do francês em *comme*). Mas ninguém pensaria em tentar representar esse som escrevendo um caractere que parecesse um intermediário entre o "c" e o "g". Todos compreendem que um caractere escrito em inglês tem de ser um, e apenas um, membro do alfabeto inglês de 26 letras. Com preceito os franceses usam essas mesmas 26 letras para sons que não são exatamente os do inglês e que podem ser intermediários entre os do inglês. Cada língua, ou na verdade, cada sotaque ou dialeto regional, usa separadamente o alfabeto para autonormalizar diferentes sons.

A autonormalização luta contra a degradação das mensagens pelo "telefone sem fio" das sucessivas gerações. Essa mesma proteção não existe para um desenho, copiado e recopiado ao longo de uma série de artistas imitadores, a menos que o estilo de desenho incorpore convenções rituais em uma versão própria de "autonormalização". O registro de um evento visto em primeira mão por uma testemunha, se for escrito em vez de desenhado, tem ainda uma boa chance de ser reproduzido com exatidão em livros de história séculos depois. Temos o que provavelmente é um relato exato da destruição de Pompeia no ano 79 d.C. porque uma testemunha, Plínio, o Moço, escreveu o que viu em duas epístolas ao historiador Tácito; alguns dos escritos de Tácito sobreviveram por meio de sucessivas cópias e finalmente foram impressos e podem ser lidos hoje. Mesmo antes de Guttenberg, quando os documentos eram duplicados por escribas, a escrita representou um grande avanço na exatidão, em comparação com a memória e a tradição oral.

A ideia de que copiar repetidamente retém a exatidão total é apenas teórica. Na prática, os escribas são falíveis e não são imunes a desvirtuar sua cópia para fazê-la dizer coisas que eles (sem dúvida sinceramente) pensam que o documento original deveria ter dito. O mais célebre exemplo disso, meticulosamente documentado por teólogos alemães do século XIX, é a adulteração da história do Novo Testamento para adequá-la a profecias do Antigo Testamento. Os escribas envolvidos provavelmente não tinham a intenção de ser embusteiros. Assim como os autores dos Evangelhos, que viveram muito depois da morte de Cristo, eles sinceramente acreditavam que Jesus fora a encarnação das profecias messiânicas do Antigo Testamento. Portanto, ele "sem dúvida" nascera em Belém e descendia de Davi. Se os documentos, inexplicavelmente, não afirmavam tais coisas, era o consciencioso dever do escriba retificar a falha. Suponho que um escriba suficientemente devoto não teria considerado isso uma falsificação, do mesmo modo que não julgamos estar falsificando nada quando corrigimos automaticamente um erro de grafia ou um tropeço gramatical.

Afora essa desvirtuação ativa, todo processo de copiar repetidamente está sujeito a erros diretos como omitir uma linha ou uma palavra numa lista. Mas, de qualquer modo, a escrita não pode nos levar pelo passado além da época em que foi inventada: apenas cerca de 5 mil anos atrás. Símbolos de identificação, marcas de contagem e imagens vão um pouco além disso, talvez algumas dezenas de milhares de anos. No entanto, todos esses períodos são uma ninharia em comparação com o tempo evolutivo.

Felizmente, quando se trata de evolução, contamos com outro tipo de informação duplicada que remonta a um número quase inimaginavelmente grande de gerações copiadas e que, com alguma licença poética, podemos considerar equivalente a um texto escrito: um registro histórico que se renova com espantosa precisão por centenas de milhões de gerações justamente porque, assim como o nosso sistema de escrita, possui um alfabeto autonormalizador. As informações do DNA em todos os seres vivos foram transmitidas por ancestrais remotos com prodigiosa fidelidade. Os átomos individuais do DNA

revezam-se continuamente, mas as informações que eles codificam no padrão de sua disposição são copiadas por milhões, às vezes centenas de milhões de anos. Podemos ler esse registro diretamente, usando as artes da moderna biologia molecular para soletrar as sequências de letras no DNA ou, um pouco mais indiretamente, as sequências de aminoácidos de proteína nas quais elas são traduzidas. Ou ainda, de um modo muito mais indireto, como se víssemos obscuramente em um espelho, podemos ler o registro estudando os produtos embriológicos do DNA: as formas dos corpos, seus órgãos e processos químicos. Não precisamos de fosséis para sondar o passado. Como o DNA muda com extrema lentidão através das gerações, a história está urdida no tecido dos animais e vegetais modernos e inscrita em seus caracteres codificados.

As mensagens do DNA são escritas em um verdadeiro alfabeto. Assim como os sistemas de escrita romano, grego e cirílico, o alfabeto do DNA é um repertório estritamente limitado de símbolos sem nenhum sentido manifesto. Símbolos arbitrários são escolhidos e combinados para compor mensagens com sentido, de complexidade e tamanho ilimitados. Enquanto o alfabeto inglês possui 26 letras e o grego 24, o alfabeto do DNA tem quatro letras. Muito convenientemente, o DNA soletra palavras de três letras de um dicionário limitado a 64 palavras, cada uma denominada "códon". Alguns dos códons no dicionário são sinônimos de outros, e com isso podemos dizer que o código genético é tecnicamente "degenerado".

O dicionário mapeia 64 palavras codificadas em 21 significados - os vinte aminoácidos biológicos, mais um sinal de pontuação versátil. As línguas humanas são numerosas e mutáveis, e seus dicionários contêm dezenas de milhares de palavras distintas, mas o dicionário de 64 palavras do DNA é universal e não muda (exceto por ínfimas variações, em raríssimos casos). Os vinte aminoácidos são encadeados tipicamente em sequências de algumas centenas, e cada sequência é uma molécula de proteína específica. Embora o número de letras limite-se a quatro e o de códons a 64, não existe um limite teórico para o número de proteínas que podem ser soletradas por diferentes sequências de códons. É incontável. Uma "sentença" de códons que especifica uma molécula de proteína é uma unidade identificável frequentemente chamada de gene. Os genes não são separados dos seus vizinhos (sejam eles outros genes ou repetições sem sentido) por nenhum delimitador, a não ser o que pode ser lido em sua sequência. Nesse aspecto, eles lembram TELEGRAMAS SEM SINAIS DE PONTUAÇÃO VÍRGULA E É NECESSÁRIO SOLETRÁ-LOS COMO PALAVRAS VÍRGULA EMBORA ATÉ OS TELEGRAMAS TENHAM A VANTAGEM DOS ESPAÇOS ENTRE PALAVRAS VÍRGULA COISA QUE O DNA NÃO POSSUI PONTO

O DNA difere da linguagem escrita pelo fato de que ilhas de sentido são separadas por um mar sem sentido, nunca transcrito. Genes "inteiros" são montados, durante a transcrição, a partir de "éxons" dotados de sentido; estes ficam separados por "íntrons" sem sentido, cujos textos são simplesmente desconsiderados pela aparelhagem leitora. E até mesmo muitos trechos de DNA com sentido nunca são lidos - presumivelmente são cópias desbancadas de genes outrora úteis que ficam por ali, como os rascunhos de um capítulo em um disco rígido lotado. De fato, a imagem do genoma como um velho disco rígido muito necessitado de uma faxina nos será útil de quando em quando ao longo deste livro.

Cabe repetir que as próprias moléculas de DNA de animais mortos há muito tempo não são preservadas. As informações contidas no DNA podem ser preservadas para sempre, mas tão somente por meio da cópia frequente. O enredo do filme *Parque dos dinossauros*, embora não seja tolo, entra em choque com os fatos práticos. É possível conceber que, por um breve período após ser embalsamado em âmbar, um inseto hematófago poderia ter contido as instruções necessárias para reconstruir um dinossauro. Mas infelizmente, depois que um organismo morre, o DNA do seu corpo, assim como o sangue que o animal sugou, não sobrevive intacto por mais do que alguns anos - e apenas dias, no caso de alguns tecidos moles. A fossilização também não preserva o DNA.

Nem mesmo o congelamento profundo preserva por muito tempo o DNA.

Enquanto escrevo este livro, cientistas estão escavando um mamute congelado no *permafrost* da Sibéria na esperança de extrair DNA suficiente para gerar um novo mamute, clonado no útero de uma elefanta moderna. Receio que seja uma esperança vã, embora o mamute esteja morto há apenas alguns milhares de anos. Entre os corpos mais antigos dos quais se extraiu DNA capaz de ser lido está o de um homem de Neandertal. Imagine o rebuliço se alguém conseguisse cloná-lo! Mas, infelizmente, apenas fragmentos desconectados de seu DNA de 30 mil anos podem ser recuperados. Para vegetais no *permafrost*, o recorde é de aproximadamente 400 mil anos.

O que devemos ter em mente a respeito do DNA é: enquanto a cadeia da vida que se reproduz não for rompida, suas informações codificadas são copiadas para uma nova molécula antes de a molécula velha ser destruída. Dessa forma, as informações do DNA vivem muito mais do que suas moléculas. Elas são renováveis - copiadas - e, como as cópias são perfeitas na maioria das suas letras em qualquer dada ocasião, as informações têm potencialmente condições de sobreviver por um tempo indefinidamente longo. Grandes quantidades de informações de DNA dos nossos ancestrais sobrevivem totalmente inalteradas, algumas por centenas de milhões de anos, preservadas em sucessivas gerações de corpos vivos.

Compreendido desse modo, o registro do DNA é uma dádiva quase inacreditavelmente rica para os historiadores. Que historiador poderia ter ousado esperar por um mundo no qual cada indivíduo de cada espécie traz, em seu corpo, um texto longo e detalhado - um documento escrito passado de geração a geração através das eras? Além de tudo, ele tem mudanças aleatórias pequenas, que ocorrem com suficiente raridade para não atrapalhar o registro, mas com frequência suficiente para permitir classificações distintas. E é ainda melhor do que isso. O texto não é apenas arbitrário. Em meu livro

*Desvendando o arco-íris* argumentei, em linhas darwinianas, que devemos considerar o DNA de um animal como um "Livro Genético dos Mortos": um registro descritivo de mundos ancestrais. Uma das consequências da evolução darwiniana é que tudo o que diz respeito a um animal ou planta, incluindo a forma de seu corpo, seu comportamento herdado e a química das suas células, é uma mensagem codificada que nos fala sobre os mundos nos quais os ancestrais dessa criatura sobreviveram: o alimento que buscavam, os predadores dos quais fugiam, os climas que suportavam, os parceiros que logravam. A mensagem está fundamentalmente inscrita no DNA transmitido pela sucessão de peneiras da seleção natural. Quando aprendermos a lê-lo corretamente, o DNA de um golfinho talvez um dia venha a confirmar o que já sabemos por pistas reveladoras na anatomia e fisiologia desse animal: seus ancestrais já viveram em terra firme. Há 300 milhões de anos, os ancestrais de todos os vertebrados terrestres, entre eles os ancestrais terrestres dos golfinhos, deixaram o mar onde haviam vivido desde a origem da vida. Sem dúvida nosso DNA registra esse fato, só que ainda não sabemos lê-lo. Tudo em um animal moderno, especialmente seu DNA, mas também seus membros, coração, cérebro e ciclo reprodutivo, pode ser considerado um arquivo, uma crônica do seu passado, embora essa crônica seja um palimpsesto muitas vezes reescrito.

A crônica do DNA pode ser uma dádiva para o historiador, mas ela é difícil de ler, pois requer vasto conhecimento para ser interpretada. Seus poderes multiplicam-se quando combinados ao nosso terceiro método de reconstrução histórica, a triangulação. É dela que trataremos a seguir, e novamente começamos com um caso análogo da história humana, especificamente a história das línguas.

### TRIANGULAÇÃO

Muitos linguistas querem reconstituir a história das línguas. Quando sobrevivem registros escritos, isso é fácil. O linguista histórico pode usar o segundo dos nossos dois métodos de reconstrução para chegar à origem de relíquias renovadas - nesse caso, palavras. Graças à tradição literária contínua, através de Shakespeare, Chaucer e *Beowulf*, sabemos que o inglês moderno, com a intermediação do inglês médio, remonta ao anglo-saxão. Mas a fala, obviamente, é muito mais antiga do que a invenção da escrita, e além disso muitas línguas não têm forma escrita. Para reconstituir a história inicial das línguas mortas, os linguistas recorrem a uma versão do que chamo de triangulação. Eles comparam línguas modernas e as agrupam hierarquicamente em famílias dentro de famílias. As línguas românicas, germânicas, eslavas, celtas, bem como outras famílias de línguas europeias, são por sua vez agrupadas com algumas famílias de línguas indianas na família indo-europeia. Os linguistas supõem que o "proto-indo-europeu" foi realmente uma língua, falada por uma tribo específica por volta de 6 mil anos atrás. Eles até aspiram reconstituir muitos dos detalhes dessa língua extrapolando para o passado as características comuns às suas descendentes. Outras famílias de línguas de outras partes do mundo, equivalentes em classificação ao tronco indo-europeu, tiveram sua história reconstituída dessa mesma maneira: a altaica, a dravidiana e a urálico-yukaghir, por exemplo. Alguns linguistas otimistas (e polêmicos) acham que conseguirão ir até um passado ainda mais remoto, unindo essas principais famílias em uma abrangente "família de famílias". Desse modo, eles se convenceram de que poderão reconstituir elementos de uma hipotética "ur-língua" que denominam "nostrática", a qual, pensam eles, teria sido falada entre 12 mil e 15 mil anos atrás.

Muitos linguistas, embora satisfeitos com as noções sobre o proto-indo-europeu e outras línguas ancestrais de classificação equivalente, duvidam que se já possível reconstituir uma língua tão antiga como o nostrático. O ceticismo desses profissionais reforça minha incredulidade de amador. Mas não há dúvida nenhuma de que métodos de triangulação equivalentes - diversas técnicas para comparar organismos modernos - funcionam para a história evolutiva e podem ser usados para penetrarmos por centenas de milhões de anos atrás. Mesmo se não tivéssemos fósseis, uma refinada comparação de animais modernos possibilitaria uma reconstituição razoável e plausível de seus ancestrais. Assim como um linguista penetra no passado até o proto-indo-europeu, efetuando a triangulação com línguas modernas e línguas mortas já reconstituídas, podemos fazer o mesmo com organismos modernos, comparando suas características externas ou suas seqüências de proteínas ou de DNA. À medida que as bibliotecas do mundo forem acumulando listagens longas e exatas do DNA de um número crescente de espécies modernas, a confiabilidade das nossas triangulações aumentará, em particular porque os textos de DNA apresentam uma imensa série de sobreposições.

Explicarei o que quero dizer com "série de sobreposições". Mesmo quando extraídas de parentes extremamente distantes, por exemplo, humanos e bactérias, ainda assim grandes seções de DNA de ambos são inequivocamente semelhantes entre si. Parentes muito próximos, como os seres humanos e os chimpanzés, possuem muito DNA em comum. Se escolhermos nossas moléculas com critério, encontraremos um espectro completo de proporções uniformemente crescentes de DNA comum às duas espécies por todo o caminho. Podemos escolher moléculas que, entre si, abranjam toda a gama de comparação, de primos remotos como os humanos e as bactérias até primos próximos como duas espécies de rã. Já as semelhanças entre línguas são mais difíceis de discernir, com exceção dos pares de línguas próximas como o alemão e o holandês. A cadeia de raciocínio que conduz alguns linguistas esperançosos ao nostrático é tênue o bastante para que seus elos sejam vistos com ceticismo por outros linguistas. O equivalente para o DNA da triangulação que conduz ao nostrático seria a triangulação entre, digamos, os humanos e as bactérias? Mas homens e bactérias possuem alguns genes que quase não mudaram nada desde o ancestral comum - seu equivalente do nostrático. E o próprio código genético é

praticamente idêntico em todas as espécies e há de ter sido o mesmo nos ancestrais comuns. Poderíamos dizer que a semelhança entre o alemão e o holandês é comparável à existente entre qualquer par de mamíferos. O DNA dos humanos é tão semelhante ao dos chimpanzés que podemos fazer uma analogia com o inglês falado com sotaques ligeiramente diferentes. A semelhança entre o inglês e o japonês, ou entre o espanhol e o basco, é tão pequena que nenhum par de organismos vivos pode ser escolhido para uma analogia - nem mesmo os humanos e as bactérias. Homens e bactérias possuem seqüências de DNA tão semelhantes que parágrafos inteiros são idênticos, palavra por palavra. Venho falando em usar seqüências de DNA para a triangulação. Essa, em princípio, também é viável com caracteres morfológicos macroscópicos, mas, na ausência de informações moleculares, os ancestrais distantes são praticamente tão difíceis de definir quanto o nostrático. Com os caracteres morfológicos, assim como com o DNA, supomos que características compartilhadas por muitos descendentes de um ancestral foram provavelmente herdadas desse ancestral (ou pelo menos a probabilidade de o terem sido é maior que a de não o terem). Todos os vertebrados têm coluna vertebral, e supomos que a herdaram (rigorosamente falando, herdaram os genes responsáveis pelo crescimento dela) de um ancestral remoto que também tinha coluna vertebral e que viveu, como sugerem os fósseis, há mais de meio bilhão de anos. É essa espécie de triangulação morfológica que usamos neste livro para nos ajudar a imaginar as formas corporais dos ancestrais. Eu preferiria basear-me mais na triangulação diretamente do DNA, mas nossa capacidade de prever como uma mudança em um gene mudará a morfologia em um organismo é inadequada para essa tarefa.

A triangulação é ainda mais eficaz quando incluímos muitas espécies. Mas, para isso, precisamos de métodos complexos que dependem de termos uma árvore genealógica construída com exatidão. Esses métodos serão explicados em "O conto do gibão". A triangulação também se presta a uma técnica para calcular a data de qualquer ponto de ramificação evolutiva que desejarmos. Trata-se do "relógio molecular". Em poucas palavras, o método consiste em contar as discrepâncias em seqüências moleculares entre espécies sobreviventes. Primos próximos com ancestrais comuns recentes têm menos discrepâncias do que primos distantes, e a idade do ancestral comum é - ou pelo menos se espera que seja - proporcional ao número de discrepâncias moleculares entre seus dois descendentes. Em seguida, calibramos a escala temporal arbitrária do relógio molecular, traduzindo-a em anos reais. Para isso, usamos fósseis de data conhecida em alguns pontos cruciais de ramificação para os quais haja fósseis disponíveis. Na prática não é tão simples, e as complicações, dificuldades e controvérsias associadas ocuparão o epílogo de "O conto do verme aveludado".

O "Prólogo geral" de Chaucer apresenta um a um todos os personagens da peregrinação. Meu elenco é grande demais para isso. De qualquer modo, a própria narrativa é uma longa seqüência de apresentações - nos quarenta pontos de encontro. Mas uma apresentação preliminar é necessária, de um modo que não foi para Chaucer, cuja lista de personagens era um conjunto de indivíduos. A minha é um conjunto de grupos. O modo como os animais e as plantas estão agrupados precisa ser explicado. No Encontro 10, juntam-se à nossa peregrinação cerca de 2 mil espécies de roedores, mais 87 espécies de coelhos, lebres e lebres-assobiadoras (pikas), coletivamente chamados Glires. As espécies são agrupadas de modos hierarquicamente inclusivos, e cada agrupamento tem seu próprio nome (a família dos roedores semelhantes ao camundongo é chamada *Muridae*, e a dos roedores parecidos com o esquilo, *Sciuridae*). E cada categoria de agrupamento tem um nome. *Muridae* é uma família, assim como *Sciuridae*. Rodentia é o nome da ordem à qual ambas pertencem. *Glires* é a superordem que une roedores a coelhos e seus parentes. Existe uma hierarquia desses nomes de categorias, e a família e a ordem encontram-se mais ou menos no meio dela. As espécies ficam próximas da base da hierarquia. Vamos subindo nesta, passando por gênero, família, ordem, classe e filo, com prefixos como sub- e super- dando margem a interpolações.

As espécies têm um status particular, como veremos no decorrer de vários contos. Cada espécie tem um nome científico binomial único, composto pelo nome do seu gênero com inicial maiúscula e do nome da espécie todo em minúsculas, ambos grafados em itálico. O leopardo, o leão e o tigre são todos membros do gênero *Panthera*: *Panthera pardus*, *Panthera leo* e *Panthera tigris*, respectivamente, na família dos felinos - *Felidae* -, que por sua vez é membro da ordem *Carnivora*, da classe *Mammalia*, do subfilo *Vertebrata* e do filo *Chordata*. Não me estenderei aqui sobre os princípios da taxonomia, mas, quando necessário, os mencionarei ao longo do livro.